Risk Factors During Software Development

J.D. Rodrigues T.P. Rodrigues E.G. Salgado

***Abstract*—Considering the high failure rates in software projects, in relation to risk, it is perceived that this is quite high at the beginning due to the great uncertainty of the project and progression as more knowledge becomes available [21]. This work aims to identify, analyze and prioritize the risk factors of these projects. It can thus have a better reaction to the main problems that may come. For this we will use the Analytic Hierarchy Process (AHP) method for decision making. The prioritization process using the AHP method uses for each specialist the peer-to-peer comparison between the factors, indicating in this comparison the most important factor and the intensity of importance of one in relation to the other based on the Fundamental Scale. Then, based on several predefined factors considered to be the greatest risk for software projects chosen from a bibliographic survey, experts will vote on those that are the most risky, and from the AHP prioritizes them in order of importance.**

Resumo—Considerando as altas taxas de falhas nos projetos de software, em relação ao risco, percebe-se que este é bastante alto no início devido à grande incerteza do projeto e diminui de forma progressiva à medida que se adquire mais conhecimento [21]. Este trabalho tem como objetivo identificar, analisar e priorizar os fatores de risco desses projetos. Podendo assim ter uma melhor reação em relação aos principais problemas que podem existir. Para isso usaremos o método Analytic Hierarchy Process (AHP) para tomada de decisão. O processo de priorização através do método AHP utiliza para cada especialista a comparação par a par entre os fatores, indicando nesta comparação qual o fator mais importante e qual a intensidade de importância de um em relação ao outro com base na Escala Fundamental. Então a partir de vários fatores pré-definidos, considerados de maior risco para projetos de software escolhidos a partir de levantamento bibliográfico, especialistas votarão naqueles que julgarem ter maior risco, e a partir do AHP priorizá-los em ordem de importância.

***Index Terms*—Decision Making Methods, AHP, Risk Management**

I. INTRODUÇÃO

O processo de produção de *softwares* está em mudança contínua e em consequência os projetos de desenvolvimento dos mesmos muitas vezes não são entregues em conformidade com os prazos, custos e os requisitos previstos. Devido a tantas mudanças, as equipes que são responsáveis por desenvolverem os *softwares* estão sujeitas a muitos riscos. Segundo [22], os projetos de software têm dificuldades na gerência e muitos deles acabam em insucesso.

O presente trabalho tem como objetivo principal demonstrar a funcionalidade de um software que utiliza o método de tomada de decisões multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) como cálculo para obtenção de resultados. Para tal demonstração, utilizou-se do tema fatores de risco durante o desenvolvimento de software.

O software em análise, com a aplicação do tema supracitado, tem como principal função a análise dos fatores de risco mais relevantes durante o desenvolvimento de um software. Tal análise acontecerá através da criação de uma hierarquia para julgamentos, que pode ser desenvolvida de acordo com a necessidade de cada tema onde, através dessa hierarquia, diversas pessoas poderão realizar suas análises e seus julgamentos, tornando o processo completo e a análise relevante.

Para dar apoio e facilidade ao processo, criou-se um site onde encontra-se uma breve apresentação de suas funcionalidades, tutoriais e e-mails para contato e, por fim, downloads do aplicativo e do desktop. Um sistema desktop, com funcionalidades offline e/ou online e um aplicativo andorid que permite o acesso rápido e eficaz ao software e a possibilidade de compartilhamento das hierarquias criadas e dos ambientes de votação.

Contudo, a fim de se alcançar os objetivos gerais deste projeto, será necessário pontuar quais os principais fatores de risco que podem ocorrer durante o desenvolvimento de *software*.

II. ESTRUTURA DO TRABALHO

A primeira seção faz uma abordagem sobre os problemas obtidos durante o desenvolvimento de *software*, assim o método de tomada de decisão multicritério AHP será utilizado. Este tem o objetivo de encontrar os fatores de riscos mais críticos.

A terceira seção faz uma abordagem sobre os métodos de decisão multicritério existentes e os seus usos.

A quarta seção aborda o método AHP, juntamente com as descrições de todas as fases existentes.

A quinta seção faz referência aos fatores de riscos encontrados durante o desenvolvimento de *software*.

A sexta seção é a apresentação sobre a aplicação do método AHP.

III. MODELOS DE TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A Tomada de decisão multicritério (MCDM, do inglês, *Multiple Criteria Decision Making*) está relacionada à escolha de duas ou mais alternativas para obtenção da melhor solução.

A decisão multicritério se representa como a condição na qual um tomador de decisão deve escolher ou selecionar uma ou mais alternativas a partir de um conjunto finito de possíveis soluções, com a finalidade de alcançar os critérios selecionados [1].

Segundo [2] a formação dos problemas na análise multicritério está propícia a modificações ao longo de seu desenvolvimento de solução.

Para a escola Americana, podem-se destacar os modelos: Maut (*Multiattribute Utility Theory* – Teoria da utilidade Multiatributo), Smart (*Simple Multi-Attribute Rating Technique* – Técnica Classificação Simples Multi Atributo), AHP (*Analytic Hierarchy Process* – Método da Análise Hierárquica) e Todim (Tomada de Decisão Interativa Multicritério). Hoje existem vários softwares criados que usam métodos de MCDM, o site https://www.mcdmsociety.org/content/software-related-mcdm possui uma lista dos principais, que usam os métodos citados e outros. Os principais que usam o AHP como método são: PriEsT (*Priority Estimation Tool*), MakeItRational e ChemDecide.

Para a escola Francesa, podem-se destacar os modelos: Electre (*Elimination and Choice Translating Reality*), PROMÉTHEÉ (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*), TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*).

IV. AHP

A utilização do AHP é conhecida por soluções para problemas discretos e fatores qualitativos e quantitativos. Além de possuir uma abstração dos problemas do mundo real.

O AHP é o método de tomada de decisão multicritério que possui o maior número de publicações científicas. [6]

A modelagem matemática dos problemas MCDM consiste basicamente em três etapas [3]: decomposição do problema em uma árvore hierárquica, atribuição de pesos para critérios, subcritérios e alternativas e síntese dos resultados. Após a síntese dos resultados, alguns erros podem estar presentes ou pode existir a necessidade de simular vários cenários, esta simulação pode se tornar complicada quando realizada de modo lógico ou racional. Devido a essas complicações, surge a análise de sensibilidade. Esta é responsável por variar alguns cenários e gerar resultados distintos. [4]

A análise de sensibilidade fornece uma classificação global após as mudanças em relação à prioridade dos cenários. [4]

A importância da análise de sensibilidade reside em uma melhor compreensão das variáveis que compõem o modelo de decisão. [5]

A análise de sensibilidade tem por objetivo avaliar até que ponto se pode flexibilizar o peso de um determinado critério possibilitando a ocorrência de inversão das alternativas. Essa avaliação se dá por meio da proposição de cenários, que fornecem informações sobre a estabilidade do resultado. Se o resultado for sensível a pequenas mudanças os julgamentos poderão ser reavaliados. [5]

Neste projeto o foco será nos modelos de tomada de decisão multicritério AHP.

O problema pode ser analisado em três níveis. No primeiro nível estão os objetivos da decisão, no segundo estão os critérios e por último estão os subcritérios.

Posteriormente a estrutura hierárquica ser finalizada, a próxima fase é a definição dos pesos, esses são as prioridades para cada elemento da hierarquia. As matrizes de decisão são utilizadas para obtenção dos valores de desempenho dos elementos da hierarquia em relação ao nível superior.

AHP utiliza comparações de pares, juntamente com julgamentos de especialistas para lidar com a medição dos atributos qualitativos. [7] As comparações são realizadas utilizando uma escala absoluta de 1 a 9, denominadas escala fundamental, esta escala está presente na Fig. 1.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igualmente importante	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo ou critério
3	Fraca importância de uma sobre a outra	Experiência ou o julgamento é levemente a favor de um elemento sobre o outro
5	Essencial ou forte importância	O julgamento é fortemente a favor de um elemento
7	Importância demonstrada	Um elemento é fortemente favorecido e sua dominância pode ser demonstrada da prática
9	Absolutamente Importância	A evidência a favor de um elemento sobre o outro é da maior ordem de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos excessivos	Quando necessita de comprometimento ou coerência entre os julgamentos

Fig. 1. Escala fundamental para julgamentos.

Um julgamento retrata as respostas de duas perguntas: “qual dos dois elementos tem prioridade em relação a um critério de nível superior, usando a Escala Fundamental?”.

Para o processo de análise de julgamentos, o AHP utiliza matrizes quadradas de ordem n e os seus auto vetores. Para um número ser auto vetor, há a seguinte regra: Se existe uma matriz quadrada An×n, tem que existir um vetor não nulo $x \in R$, sendo assim, o auto vetor será o número representado por lambda na equação abaixo. [6]

$$A(x) = \lambda(x) \tag{1}$$

A construção da matriz de decisão está ligada aos julgamentos realizados por um ou mais especialistas. A equação abaixo calcula o número total de julgamentos realizados.

$$Q = \Sigma(i = 1) \wedge (N = 1) Ni(Ni - 1)/2 \tag{2}$$

É necessária a realização de um cálculo da matriz ponderada correspondente a cada matriz de julgamento, pois cada elemento da coluna da matriz é dividido pelo valor da soma dos elementos da coluna. A soma dos elementos da coluna precisa ser igual a um.

A próxima fase é realizar o cálculo do vetor de prioridade ou vetor de pesos normalizados, que indica ao tomador de decisão a importância de cada elemento. O vetor é calculado com a média de cada elemento que pertence a cada linha.

Após este processo é necessário calcular o Índice de Consistência (IC), que conclui se um julgamento está consistente para uso no calculo final de agregação, ele utiliza dos valores do autovalor máximo (λ máximo) e o número de elementos analisados (n). Segundo [6] o auto vetor máximo é calculado com a multiplicação da matriz de julgamentos pelo vetor de prioridades, e por último a divisão do resultado obtido pelo vetor de prioridades. Abaixo a fórmula do Índice de Consistência.

$$IC = (\lambda maximo - n)/(n - 1) \quad (3)$$

Há uma aplicação do método de tomada de decisão AHP, que está disponível no site http://www2.bcc.unifal-mg.edu.br/ahp. É uma aplicação web e não é paga. Possui resultados em gráficos de pizza e gráficos de barra.

Os trabalhos [2], [3], [4], [5], [6], [7] e [8] fizeram uso do método de tomada de decisão multicritério AHP.

V. GERÊNCIA DE RISCO

A gerência de riscos consiste em processos sistemáticos de identificação, de análise e avaliação dos riscos e no estabelecimento de respostas adequadas aos mesmos [9]. O gerenciamento de risco possibilita uma melhor compreensão da natureza do projeto, envolvendo os membros da equipe do projeto de moda a identificar os riscos do projeto e responder a eles [10].

A prática de gerência de risco vem sendo estudada com a intenção de reduzir as taxas de insucesso. Estudos recentes apontam que, quando identificados com antecedência, os riscos do projeto podem ser gerenciados e monitorados [11].

As altas taxas de falhas em grandes projetos de *software*, com empresas abandonando seus esforços após alocar altas quantidades de recursos é um fator presente [12] e motivador de várias pesquisas na área de projeto de *software*. Há três décadas se busca explicar as causas dessa situação [12]. Uma das causas apontadas na década de 80 foi a ausência de gerenciamento de risco nos projetos de *software* [13].

Segundo [14], os processos de risco são: Planejamento da gerência de risco, identificação dos riscos, análise dos riscos, priorização dos riscos, planejamento de respostas aos riscos, resolução do risco, monitoração dos riscos e comunicação.

Principais fatores de risco segundo estudo feito por [15]: falta de comprometimento da gerência sênior com o projeto, falho em obter comprometimento do usuário, pouco entendimento dos requisitos, falta de envolvimento dos usuários, falta de perfil e conhecimento da equipe de projetos, constantes mudanças nos requisitos, mudança de escopo e objetivo, introdução de nova tecnologia, falha no gerenciamento das expectativas dos usuários, equipe insuficiente ou inapropriada, conflito entre departamentos de usuários, falta de cooperação dos usuários, mudança na gerência sênior ou no proprietário, volatilidade da equipe, falta de metodologia ou processo de desenvolvimento, inexistência de correto gerenciamento de mudança, falta de perfil de gerenciamento de projeto, falta de metodologia de gerenciamento de projeto e escopo ou objetivos obscuros ou mal entendidos.

Segundo a definição do que é gerenciamento de riscos ISO 31.000, uma gestão de risco eficaz deve atender os seguintes princípios: proteger e criar valor para as organizações, ser parte integrante de todos os processos organizacionais, ser considerada no processo de tomada de decisão, abordar explicitamente à incerteza, ser sistemática, estruturada e oportuna, basear-se nas melhores informações disponíveis, estar alinhada com os contextos internos e externos da organização e com o perfil do risco, considerar os fatores humanos e culturais, ser transparente e inclusiva, ser dinâmica, interativa e capaz de reagir às mudanças e permitir a melhoria contínua dos processos da organização.

Há várias abordagens sobre gerência de risco, podem ser: Barry W. Boehm, MSF (*Microsoft Solutions Framework*), RUP (*Rational Unified Process*), NBR ISO/IEC 12.207 e ISO/ IEC 15.504, PMBOK e CMMI.

Resumindo, atualmente empresas de grande porte, que incluem vários novos recursos ou que estão começando seus projetos estão propensas a terem dificuldades futuros, pelo fato desses novos recursos não terem sido planejados e estudados antes de tal inclusão, ou antes, do início do projeto. Muitas empresas sofrem com isso ainda. Uma ótima solução seria um estudo do projeto e dos riscos antes de se incluir novos recursos, que é exatamente o que a gerência de risco faz. A gerência de risco não só ajuda a prevenir e monitorar riscos que podem prejudicar o projeto, mas também ajudam a visualizar o projeto mais a fundo ao ponto de se fazer um projeto de maior qualidade aproveitando as oportunidades estudadas para se aprimorar.

VI. METODOLOGIA

Para a construção deste trabalho, foi elaborada uma hierarquia com base na literatura de [16], [17], [5] e [19]. Desta forma, foram inseridos os fatores de riscos mais relevantes.

Os critérios e subcritérios que fazem parte da hierarquia deste trabalho são: Planejamento e Controle (C1), Ambiente Organizacional (C2), Requisitos (C3),Usuários(C4), Complexidade (C5), Equipe (C6), Prazos, Custos e Recursos Para Tarefas Mal Estimados (C1S1), Escopo/Objetivo Pouco Claro ou Equivocado (C1S2), Mudança de Escopo/Objetivo (C1S3), Gerenciamento Impróprio de Mudanças (C1S4), Falta de Planejamento ou Planejamento Inadequado (C1S5), Falta de Metodologia Eficaz no Gerenciamento do Projeto (C1S6), Falta de Comprometimento da Gerência (C2S1), Falta de Habilidade na Gerência de Projeto (C2S2), Mudança de Prioridade na Gerência (C2S3), Volatilidade nos Requisitos (C3S1), Requisitos Mal-Entendidos ou Mal Definidos (C3S2), Crescimento de Requisitos Não Previstos (C3S3), Falha em Gerenciar Expectativas dos Usuários Finais (C4S1), Conflito entre Usuários (C4S2), Falha em Obter Comprometimento do Usuário (C4S3), Complexidade da Aplicação (C5S1), Tecnologia Inexistente ou Imatura (C5S2), Assunto Novo, Não Familiarizado (C5S3), Introdução a Nova Tecnologia (C5S4), Falta de Conhecimentos e Habilidades no Projeto

(C6S1), Falta de Motivação da Equipe (C6S2), Experiência da Equipe no Problema de Negócio a Ser Resolvido (C6S3), Clareza nos Papéis, Responsabilidades e Comprometimentos (C6S4), Volatilidade nos Membros da Equipe (C6S5), Falta de Habilidade na Liderança da Equipe (C6S6).

Posteriormente a revisão da literatura e identificação da hierarquia com critérios e subcritérios, foi desenvolvida a estrutura para o AHP. A estrutura final foi constituída por 6 critérios e 26 subcritérios, conforme apresentado na Fig. 2.

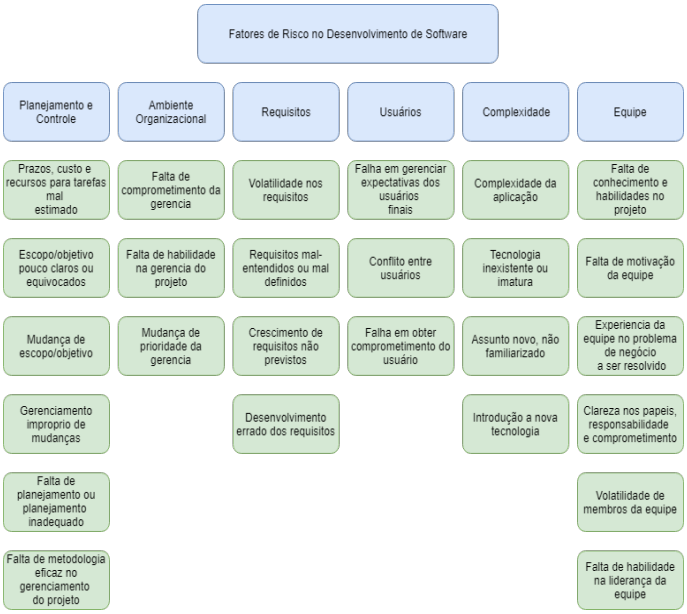


Fig. 2. Estruturação dos FC de Forma Hierárquica.

Foram convidados oito especialistas. A Fig. 3, indica a formação acadêmica e atuação profissional dos especialistas convidados, que são programadores e desenvolvedores de softwares variados, não existindo, assim, um ambiente de trabalho específico para aplicação dos resultados apresentados neste artigo.

Especialista	Formação Acadêmica
1	Formado em Ciência da Computação, atua como Oficial Legislativo
2	Formado em Ciência da Computação, atua como Analista de Sistemas / Instrutor de Programação e Robótica
3	Formado em Ciência da Computação, atua como Analista de Sistemas
4	Formado em Ciência da Computação, atua como Programador
5	Formado em Ciência da Computação, atua como Desenvolvedor de Sistemas
6	Formado em Ciência da Computação, atua como Desenvolvedor de Sistemas
7	Formado em Ciência da Computação, atua como Desenvolvedor de Sistemas
8	Graduando em Curso Ciência da Computação

Fig. 3. Formação dos especialistas.

O sistema desenvolvido para a criação das hierarquias, foi uma aplicação em java para o uso em computadores(*Desktop*) *offline*, nele, além da criação da hierarquia, desenvolvemos cálculos para os julgamentos dos especialistas, para geração de matrizes, vetores de prioridade e consistências. Possui também os cálculos de agregação para o resultado final. Foram criados métodos para visualizar a hierarquia completa, gerar excel para as hierarquias e construção de gráficos.

A segunda parte do sistema é um aplicativo android, para que especialistas possam julgar hierarquias de maneira online, os mesmos receberam um convite do criador da hierarquia e poderão julgar de seus celulares, enviando assim que finalizado o julgamento para o e-mail do criador responsável um arquivo em formato .txt, assim o criador deverá inserir o arquivo no programa desktop em que a hierarquia foi criada para adicionar o julgamento.

Para a integração do banco de dados entre o sistema desktop e o aplicativo foi criado um webservice que ficará instalado em um servidor, assim como o site, onde serão encontrados tutoriais e um espaço para *download* dos *softwares*.

Foram feitos testes utilizando exemplos de hierarquias e resultados gerados por elas a partir do uso do AHP em [18] e [20]. Os testes iniciais foram feitos para validação de julgamentos apenas de critérios, subcritérios e alternativas individualmente. Após finalizar o desenvolvimento do *software*, utilizamos a hierarquia, resultados de julgamentos e agregações para a comparação e validação. Foi possível alcançar os mesmos resultados obtidos pelos outros autores, utilizando o mesmo método de tomada de decisão multicritério, médias, julgamentos e agregações.

VII. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os critérios e subcritérios podem ser analisados conforme a assimilação de cada especialista. É importante que o conteúdo seja claro em termos dos Fatores de Riscos que o gerente de software considera. A Fig. 4 contém os vetores de prioridades dos critérios e subcritérios, adquiridos a partir das comparações realizadas pelos especialistas.

A agregação dos julgamentos utilizada foi a técnica de Agregação Individual de Prioridades- AIP com média aritmética. Pois o grupo é composto por indivíduos que não apresentam propósitos comuns, eles agem de forma individual, conforme suas preferências, valores e propósitos [6].

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C1	13,50	22,84	5,75	14,02	15,14	46,05	19,63	15,35
C2	11,96	12,85	20,46	6,89	17,58	10,04	9,07	6,15
C3	26,34	32,77	9,30	3,48	41,57	10,99	34,61	43,41
C4	8,28	3,38	33,46	48,82	6,10	7,90	4,07	3,34
C5	28,78	10,74	2,94	6,59	3,45	14,75	9,27	13,49
C6	11,20	17,48	28,15	20,26	16,21	10,32	23,39	18,32

Fig. 4. VETORES DE PRIORIDADES CRITÉRIOS POR ESPECIALISTA.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C1S1	6,00	5,38	25,35	7,43	12,83	10,55	19,46	6,75
C1S2	10,07	27,64	5,50	16,14	30,95	41,48	23,72	27,12
C1S3	6,42	13,55	28,68	18,77	24,73	13,89	5,10	16,40
C1S4	27,20	19,05	2,74	18,46	5,32	8,94	7,77	5,22
C1S5	33,11	18,98	25,01	20,26	19,03	21,30	11,53	9,08
C1S6	17,24	15,42	12,75	18,98	7,17	3,86	32,46	35,47

Fig. 5. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C1.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C2S1	33,13	10,23	17,42	8,84	23,85	75,14	70,71	70,71
C2S2	54,92	68,65	76,68	67,32	8,84	16,80	20,14	20,14
C2S3	11,97	21,14	5,91	23,85	67,32	8,08	9,16	9,16

Fig. 6. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C2.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C3S1	10,73	7,36	11,12	27,74	58,65	14,77	13,11	15,31
C3S2	36,12	58,19	44,45	14,18	7,84	43,47	26,18	31,90
C3S3	12,05	13,31	22,23	5,52	25,97	5,06	5,73	7,52
C3S4	41,12	21,16	22,23	52,58	7,58	36,72	54,99	45,29

Fig. 7. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C3.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C4S1	6,00	33,34	17,42	25,29	8,38	12,64	12,00	57,15
C4S2	2,00	33,34	76,68	65,85	47,21	45,77	27,21	14,29
C4S3	2,00	33,34	5,91	8,87	44,43	41,60	60,80	28,58

Fig. 8. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C4.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C5S1	47,02	21,00	7,37	2648	15,22	22,77	27,10	28,89
C5S2	28,93	33,03	60,34	54,61	19,43	53,78	51,52	47,23
C5S3	6,85	15,08	23,50	6,13	15,67	6,17	7,61	15,22
C5S4	17,22	30,93	8,81	12,80	49,71	17,30	13,80	8,68

Fig. 9. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C5.

Especialistas - valores em percentual								
Fator	1	2	3	4	5	6	7	8
C6S1	12,98	28,60	5,34	25,41	11,27	20,86	3,78	5,16
C6S2	12,06	15,35	30,51	12,18	18,76	50,00	31,20	29,57
C6S3	29,46	11,96	24,74	2,98	2,13	6,05	25,90	26,01
C6S4	4,52	7,61	12,76	10,88	16,50	9,53	17,56	11,78
C6S5	18,92	11,88	5,49	37,61	26,31	10,39	14,58	20,55
C6S6	22,08	24,62	21,19	10,97	25,07	3,20	7,02	6,96

Fig. 10. VETORES DE PRIORIDADES DOS SUBCRITÉRIOS DO CRITÉRIO C6.

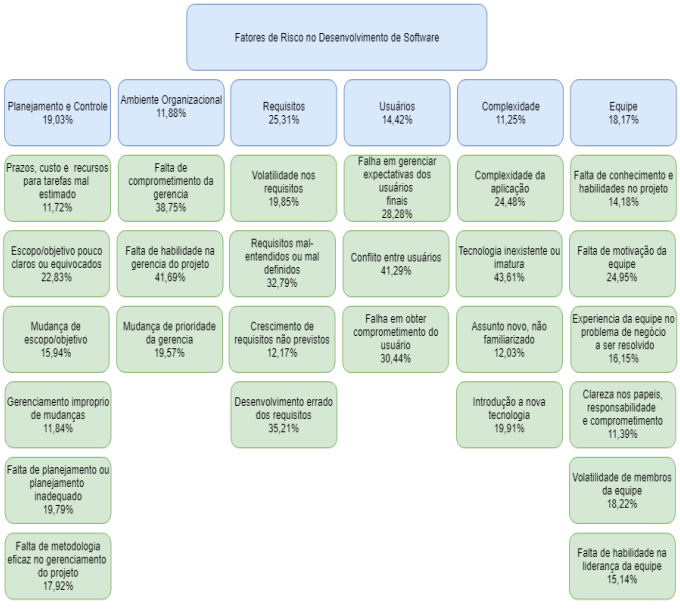


Fig. 11. Estruturação dos FC de Forma Hierárquica com porcentagens.

Critério ou Subcritério	Prioridade Local	Ordem Local	Prioridade Global	Ordem Global
C3	25,31%	1	25,31%	1
C1	19,03%	2	19,03%	2
C6	18,17%	3	18,17%	3
C4	14,42%	4	14,42%	4
C2	11,88%	5	11,88%	5
C5	11,25%	6	11,25%	6
Segundo o critério C3 (Requisitos)				
C3S4	35,21%	1	6,65%	3
C3S2	32,79%	2	6,53%	4
C3S1	19,85%	3	5,91%	6
C3S3	12,17%	4	1,46%	24
Segundo o critério C1 (Planejamento e Controle)				
C1S2	22,83%	1	3,25%	14
C1S5	19,79%	2	3,96%	12
C1S6	17,92%	3	0,85%	26
C1S3	15,94%	4	1,30%	25
C1S4	11,84%	5	1,92%	21
C1S1	11,72%	6	5,41%	8
Segundo o critério C6 (Equipe)				
C6S2	24,95%	1	5,40%	9
C6S5	18,22%	2	2,99%	15
C6S3	16,15%	3	2,51%	16
C6S6	15,14%	4	1,76%	22
C6S1	14,18%	5	1,71%	23
C6S4	11,39%	6	2,31%	18
Segundo o critério C4 (Usuários)				
C4S2	41,29%	1	4,47%	11
C4S3	30,44%	2	6,29%	5
C4S1	28,28%	3	5,91%	7
Segundo o critério C2 (Ambiente Organizacional)				
C2S2	41,69%	1	5,24%	10
C2S1	38,75%	2	9,46%	1
C2S3	19,57%	3	1,98%	19
Segundo o critério C5 (Complexidade)				
C5S2	43,61%	1	8,97%	2
C5S1	24,48%	2	3,28%	13
C5S4	19,91%	3	1,93%	20
C5S3	12,03%	4	2,50%	17

Fig. 12. ORDENAÇÃO DOS FATORES DE ACORDO COM AS PRIORIDADES ENCONTRADAS.

O critério "Requisitos" (25,31%) foi o escolhido como o fator de risco mais relevante na avaliação dos especialistas.

O critério "Planejamento e Controle" (19,03%) foi escolhido como o segundo mais relevante, enquanto os critérios "Equipe" (18,17%), "Usuários" (14,42%) e "Ambiente Organizacional" (11,88%) obtiveram relevâncias menores em relação aos dois primeiros. O critério "Complexidade" (11,25%) atingiu a menor relevância dentre todos os critérios.

O resultado global da relevância dada a todos os subcritérios da hierarquia encontra-se o risco "Falta de Comprometimento da Gerência" (9,46%) como sendo o risco de maior influência dentre todas as avaliações realizadas pelos especialistas.

O risco "Tecnologia Inexistente ou Imatura" (8,97%) obteve a segunda maior relevância e os riscos "Desenvolvimento Errado dos Requisitos" (6,65%) e "Requisitos Mal-Entendidos ou Mal-Definidos" (6,53%) e "Falha em Obter Comprometimento do Usuário" (6,29%) completam o ranking dos cinco riscos mais importantes.

Dois destes riscos importantes são subcritérios do critério "Requisitos": "Requisitos Mal-Entendidos ou Mal-Definidos" e "Desenvolvimento Errado dos Requisitos". Como foi visto anteriormente, o "Requisitos" é avaliado como o risco mais relevante, seguido dos critérios "Planejamento e Controle" e "Equipe" na avaliação dos critérios da estrutura hierárquica, comprovando também o ranking dos subcritérios encontrados.

Assim como os resultados que obtivemos, o artigo [19] cita também o subcritério "Requisitos do projeto mal entendidos" com um grau de impacto alto e com probabilidade de ocorrência médio, mostrando o quão importante ele realmente é.

No artigo [16], podemos ver que o autor também chegou em um resultado em que a gravidade do subcrtério "Requisitos Mal-Entendidos ou Mal-Definidos" é a maior para desenvolvedores.

Em ambos os artigos [19] e [16], podemos concluir que o critério de "Requisitos" é o mais relevante para desenvolvedores.

Já no artigo [5], o subcritério "Escopo ou Objetivo pouco claros ou mal interpretados" do critério "Planejamento e Controle" é dado como mais importante segundo desenvolvedores. Esse subcritério é o mais importante do critério de "Planejamento e controle" e é o 14º no ranking da ordem global segundo nossos resultados.

VIII. CONCLUSÕES

De acordo com os assuntos teóricos relevantes abordados na literatura relacionados á Modelos de Tomada de Decisão Multicritério, AHP e Gerência de Risco, foi possível elaborar a hierarquia com critérios e subcritérios dos riscos que mais ocorrem durante o desenvolvimento de software.A hierarquia criada é um modelo geral. Desta forma cada empresa deve determinar a hierarquia de acordo com a sua necessidade.

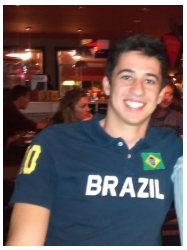
Utilizando os cálculos realizados pelo software desenvolvido, após a agregação dos julgamentos e, consequentemente, após o resultado final, foi possível determinar o ranking dos cinco subcritérios mais relevantes. São eles: “Falta de Comprometimento da Gerência” (9,46%), “Tecnologia Inexistente ou Imatura” (8,97%), “Desenvolvimento Errado dos Requisitos” (6,65%),“Requisitos Mal-Entendidos ou Mal Definidos” (6,53%), “Falha em Obter Comprometimento do Usuário” (6,29%). No ranking dos subcritérios menos relevantes estão: “Mudança de Escopo/Objetivo” (1,30%), “Crescimento de Requisitos Não Previstos” (1,46%), “Falta de Conhecimento e Habilidade no Projeto” (1,71%).

É possível realizar, também, a avaliação dos subcritérios e critérios em projetos de desenvolvimento utilizando linguagem de programação, arquitetura de software, frameworks ou padrões de projetos, possibilitando a análise de resultados em uma área mais específica do mercado de desenvolvimento de software.

References

[1] A. B. Leoneti, "Teoria dos jogos e sustentabilidade na tomada de decisão: aplicação a sistemas de tratamento de esgoto," 2012.
[2] F. Araújo, "Metodologia de Avaliação Multicritério da Vulnerabilidade á Desertificação no Semiárido," Universidade Federal Do Ceará, 2014.
[3] C. F. Rossoni, "DECISÃO MULTICRITÉRIO - Uma pesquisa experimental para avaliação da percepção dos gestores de MPE acerca do modelo de tomada de decisão multicritério T-ODA quanto a sua aplicabilidade," 2011.
[4] G. de O. Roveri, "Aplicação da teoria de análise de decisão na avaliação de investimentos," p. 99, 2009.
[5] S. M. Neves, "Análise de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Software por meio de Técnicas de Gestão do Conhecimento", 2010.
[6] V. Ribeiro, Murilo; Duarte, "Priorização dos fatores críticos de sucesso no processo de desenvolvimento de software," 2014.
[7] V. A. P. Salomon, "DESEMPENHO DA MODELAGEM DO AUXÍLIO À DECISÃO POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NA ANÁLISE São Paulo," 2004.
[8] E. G. Salgado, V. A. P. Salomon, C. H. P. Mello, and C. E. S. D. Silva, "A Reference Model for the New Product Development in Medium-Sized Technology- Based Electronics Enterprises," IEEE Lat. Am. Trans., vol. 12, no. 8, pp. 1341–1348, 2014.
[9] VALERIANO, D. L. Gerenciamento estratégico e administração por projetos. Makron Books. São Paulo, SP, 2001.
[10] VIANA, J. J. Administração de materiais: um enfoque prático. São Paulo: Atlas, 2002.
[11] Clemons, E.K. (1995) Using scenario analysis to manage the strategic risks if reengineering, Sloan Management Review.
[12] Jiang, J. J., Klein, G., and Discenza, R. (2001). Information System Success as Impacted by Risks and Development Strategies IEEE. Transactions on Engineering Management.
[13] Ropponen J, Lyytinen K (2000) Components of Software Development Risk: How to Address Them? A Project Manager Survey.
[14] The PMBOK® Guide – Sixth Edition.
[15] E. R. Mielke, "FATORES DE RISCO EM ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS," 2003.
[16] C. B Lopoldino, "Avaliações de Risco em Desenvolvimento de Software", 2004.
[17] P. J. Rech, "Gerenciamento de Riscos em Projetos de Desenvolvimento de Software com Scrum", 2013.
[18] M. C. Tavares, "Análise Multicritério Aplicada à Tomada de Decisão do Modo de Transporte de Produtos Farmacêuticos Termossensíveis Importados ao Mercado Brasileiro", 2015.
[19] M. H. B. Macedo, E. G. Salgado, "Gerenciamento de Risco Aplicado ao Desenvolvimento de Software", 2015.
[20] SHIMIZU, T. Decisão nas organizações – introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
[21] Kerzner, H. (2006), Gestão de Projetos - As melhores práticas, 2 ed., Bookman, São Paulo, SP.
[22] Keil, M., Cule, P., Lyytinen, K. eSchmidt R. (1998), "A framework for identifying software Project Risks", Comunications of the ACM, Vol.41, No.11, pp. 80-81.

Jéssica Dias Rodrigues is graduated in Computer Science from the Federal University of Alfenas (2019). It is currently is Software Development at Evolucional.



Thiago Rodrigues Periz is graduated in Computer Science from the Federal University of Alfenas (2019). It is currently is systems analyst at Unidesk.

Eduardo Gomes Salgado as graduated as Production Engineer (Mechanical Engineering) from the Federal University of Itajubá (2005), obtained a Master's Degree in Production Engineering from the Federal University of Itajubá (2008) and received a Ph.D. in Mechanical Engineering from São Paulo State University (UNESP) (2011). During 2014-2015 Eduardo was a postdoctoral student at the Adam Smith Business School of the University of Glasgow. Since 2009 he is an Adjunct Professor at the Federal University of Alfenas (UNIFAL-MG).