

APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (MCDA): PROPOSTA DE SOFTWARE LIVRE

FOR MULTIPLE CRITERIA DECISION AID (MCDA): FREE SOFTWARE PROPOSAL

Data de entrega dos originais à redação em: 01/03/2016, e recebido para diagramação em: 30/11/2016.

Izabela Moreira Germer de Lima¹
Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti²
Antonio Carlos Zuffo³

Para realizar a análise multicritério de apoio à decisão, faz-se necessário, primeiramente, estruturar o problema; o que consiste em identificar os critérios importantes do ponto de vista dos atores (SH – do inglês: stakeholders), para avaliação de desempenho e construção das alternativas. O ideal, neste processo, é que o facilitador se reúna com os SH para colher seus pontos de vista. Este processo é feito por meio de mapeamento cognitivo. Podem ser usados questionários e ou entrevistas semiestruturadas. Identificados os critérios, constrói-se a ponderação entre eles. Neste caso, o ideal é que seja feita em uma única reunião contando com a presença de todos. Definidos os pesos, avaliam-se as alternativas. Hoje, tem-se ciência de um software (M-Macbeth) que aplica os conceitos da abordagem MCDA. Desta forma, este projeto (Fase I) faz parte de um projeto maior envolvendo o desenvolvimento de um software livre para tal fim. Nesta primeira fase, pode-se identificar e propor as etapas para o desenvolvimento do software, segundo modelos encontrados na literatura.

Palavras-chave: Engenharia de Software, Apoio à Decisão, Análise Multicritério, Desenvolvimento de Sistemas.

To perform multiple criteria decision aid, it is necessary to structure the problem, which means to identify the important criteria from stakeholders' point of view. It is necessary to measure the performance and to construct a roll of alternatives, as well. To regard stakeholders' point of view, it is necessary to construct their cognitive maps. They can be done by using questionnaires or semi-structured interviews. Once the criteria are identified, it is possible to build their weights. This might be done in a single meeting with the presence of all stakeholders. Having the set of weights, it is possible to evaluate alternatives. Nowadays, there is known only the software M-Macbeth which applies the concepts of MCDA approach. Thus, this project (Phase I) is part of a long term project involving the development of free software for this purpose. In this first phase, we could identify and propose steps to develop the software, according to models found in the literature.

Keywords: Software Engineering, Decision Aid, Multiple Criteria Analysis, Systems Development.

¹Graduanda no curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFSP, Câmpus Campinas.

²Engenheiro Civil, Dr. Professor no IFSP, Câmpus Campinas. Pós-Doutorando no LADSEA/DRH/FEC/UNICAMP.

³Engenheiro Civil, Dr. Professor Livre-Docente no DRH/FEC/UNICAMP. Coordenador do LADSEA/DRH/FEC/UNICAMP

1. INTRODUÇÃO

1.1 - A Solução de Problemas por meio da Abordagem MCDA

Segundo Fantinatti (2011), há métodos tradicionais de análise de problemas que os classificam em categorias, consideram “a escolha de alternativa” e a “busca de uma solução ótima”, tendo como base as regras da racionalidade, sem levar em consideração “a subjetividade dos atores envolvidos no processo decisório”. (KEENEY, 1992; ENSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Entretanto, esses métodos não conseguem lidar com situações complexas que exigem decisões importantes e têm como características “incertezas” (caminho, objetivo, alternativas, atores, etc.; conflito de valores e objetivos; diferenças nas relações de poder, múltiplos critérios de avaliação, geralmente obscuros no início); infinita quantidade de informações (qualitativas e quantitativas), geralmente incompletas; os quais exigem soluções criativas e até mesmo, inéditas. (KEENEY, 1992)

Enslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) consideram os métodos tradicionais de resolução de problemas adequados para resolver problemas bem definidos, tais como logística, controle da produção, controle de estoques etc.

Entretanto, um processo de decisão de um problema complexo nunca é igual, o que era as decisões complexas únicas (FANTINATTI, 2011; FANTINATTI; ZUFFO; ARGOLLO, 2014).

No que concerne às situações complexas, deve-se levar em consideração os aspectos subjetivos. As decisões a serem tomadas devem levar em consideração tanto os fatores qualitativos (as que têm influência da percepção dos atores) e também quantitativos (custos, características físicas etc.) próprios do problema. De acordo com Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004), Enslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) e Keeney (1992), a abordagem MCDA (sigla em Inglês de *Multiple Criteria Decision Aid*) incorpora todos esses aspectos por causa de seu paradigma construtivista.

Segundo Fantinatti (2011), a análise multicritério é diferente de métodos objetivos, embora estejam associados na literatura. Um objetivo pode representar um ideal para um decisor ou conjunto de decisores, e nesse objetivo há um determinado contexto que varia espacial ou temporalmente. Na abordagem por critérios, os objetivos são traduzidos em características, qualidades ou medidas de desempenho diante das possíveis alternativas.

A análise MCDA, de acordo com seu enfoque construtivista parte do aporte que os “decisores devem construir o modelo de avaliação de alternativas” (FANTINATTI, 2011, p.116-117). A partir da viabilização da estruturação do problema pelos decisores (via procedimentos formais), a abordagem MCDA tem como proposta “aumentar a compreensão dos decisores sobre o problema” (FANTINATTI, 2011, p.117). Dessa forma, seria possível identificar novas e melhores alternativas, como também dar legitimidades às decisões tomadas e favorecer a implantação das ações (THOMAZ, 2002).

Para a análise ser sustentável e perene, a metodologia “mais robusta e atual é a análise MCDA” (FANTINATTI, 2011, p.117). O uso, por exemplo, do mapeamento cognitivo, como método auxiliar na estruturação do problema, permite considerar os valores (objetivos fundamentais) explícitos assim como o conhecimento implícito (FANTINATTI, 2008; SIMÃO, 2005 *apud* FANTINATTI, 2011). Para indicadores de sustentabilidade, a metodologia MCDA é a “que tem resultados mais próximos da realidade na avaliação de empreendimentos e promove o real comprometimento dos atores envolvidos” (FANTINATTI, 2011, p.118).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1- Conceitos Fundamentais da Abordagem MCDA

O principal objetivo na abordagem MCDA é a estruturação do problema, a qual envolve a definição do escopo e alcance do problema (Rótulo do Problema), a identificação e definição dos critérios de avaliação de desempenho das alternativas, a valoração dos critérios e a ponderação entre eles.

Após a realização das etapas de estruturação, é possível avaliar e até mesmo propor novas alternativas, que é o grande diferencial da abordagem MCDA em relação a outros métodos de resolução de problemas complexos (KEENEY, 1992).

2.2 -Estruturação do Problema e Definição dos Critérios de Avaliação

Os objetivos fundamentais são chamados de critérios no processo de avaliação multicritérios as alternativas. Os critérios devem ser analisados individualmente com os valores dos atores do processo decisório. Os atores podem ser os próprios decisores ou um grupo de especialistas, que possua conhecimento sobre o problema. (FANTINATTI, 2011).

Segundo Keeney (1992), os objetivos fundamentais são resultados de mapeamento cognitivo a partir dos valores dos decisores; deve-se fazer uma verificação em relação ao cumprimento de nove requisitos para que os candidatos a objetivos fundamentais possam ser, de fato, aceitos como critério de avaliação. A Figura 1 ilustra o resultado de um processo de mapeamento cognitivo.

São apresentados nove requisitos, segundo Keeney (1992):

- Essenciais: considera os aspectos de importância fundamental, de acordo com o sistema de valores dos decisores;
- Controláveis: representa um aspecto que é influenciado pelas ações potenciais.
- Completos: o conjunto de objetivos fundamentais devem ser também todos os aspectos fundamentais considerados pelos decisores;
- Mensuráveis: especifica o desempenho das ações potenciais, segundo os aspectos fundamentais pelos decisores;
- Operacionais: coleta as informações requeridas sobre o desempenho das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com esforço viável;
- Isolável: analisa de forma independente um aspecto fundamental em relação aos demais aspectos do conjunto;
- Não redundante: o conjunto de objetivos fundamentais não deve se repetir;
- Conciso: os aspectos dos objetivos fundamentais devem ser o mínimo necessário para modelar o problema, segundo o uso dos decisores.
- Compreensível: deve ser claro para os decisores, possibilitando geração e comunicação de ideias.

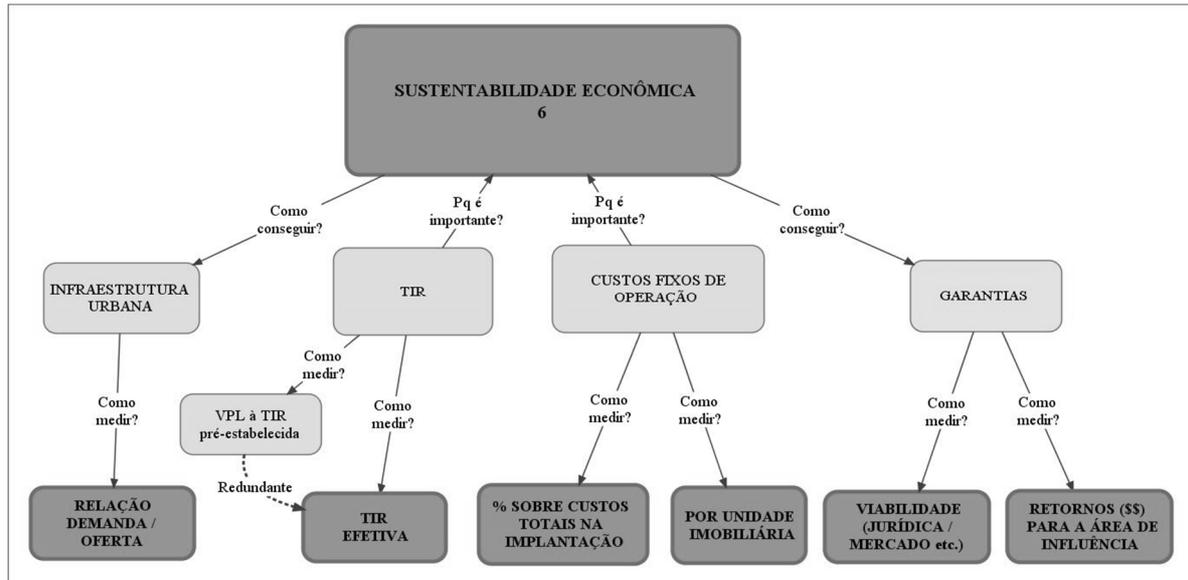


Figura 1. Exemplo de um mapeamento cognitivo. Fonte: Fantinatti (2011).

Keeney (1992) considera a estimulação da criatividade, pois quanto maior o número de candidatos a objetivos fundamentais, mais bem sucedida será a tarefa de seleção de critérios, e consequentemente, dos indicadores mais adequados.

Cada objetivo fundamental (ou Elemento Primário de Avaliação – EPA) vai definir um conceito e é importante inserir verbos de ação. A forma de auxiliar isso é fazer duas perguntas que remetam à ação (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001):

1. Por que esse conceito (objetivo) é importante, ou seja, quais são os fins desejados?
2. Como ele (objetivo) pode ser alcançado, isto é, quais são os meios disponíveis?

As subjetividades devem ser pormenorizadas, pois facilitarão os objetivos estratégicos de decisores e assim facilitar a delimitação das ações que levarão a estes objetivos. (FANTINATTI, 2011).

Depois dos critérios estabelecidos, devem ser desenvolvidas as funções de valor (ou funções de desempenho) de cada critério e, em seguida, a ponderação entre os critérios.

A avaliação e possível construção de alternativas somente poderá ser feita após terem sido estabelecidos os critérios de avaliação, bem como suas respectivas funções de valor e a ponderação entre eles.

2.3 -Planejamento do Desenvolvimento do Software Livre

Hoje em dia, há conhecimento de um *software* que aplica os conceitos do Pensamento Focado no Valor (KEENEY, 1992), o qual foi idealizado e desenvolvido por Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2004; 2005), denominado de Processo Sócio Técnico Macbeth (sigla em Inglês de *Measuring Attractiveness by a Categorical Evaluation Technique*).

Nesta primeira fase, pretende-se identificar e propor as etapas para o desenvolvimento do *software*, segundo modelos encontrados na literatura (BENITTI; SEARA; SCHLINDWEIN, 2005; MENESES, 2001; PRESSMAN, 2011) e nas Normas (ABNT, 1998).

O *software* deve possibilitar o desenvolvimento de todas as etapas da análise MCDA, desde a estruturação do problema, incluindo a definição (rótulo) do problema, a identificação dos

critérios (indicadores de desempenho) e respectivas valorações e ponderações, até a proposição e avaliação de alternativas e a saída dos resultados. A Figura 2 ilustra as etapas da abordagem MCDA.

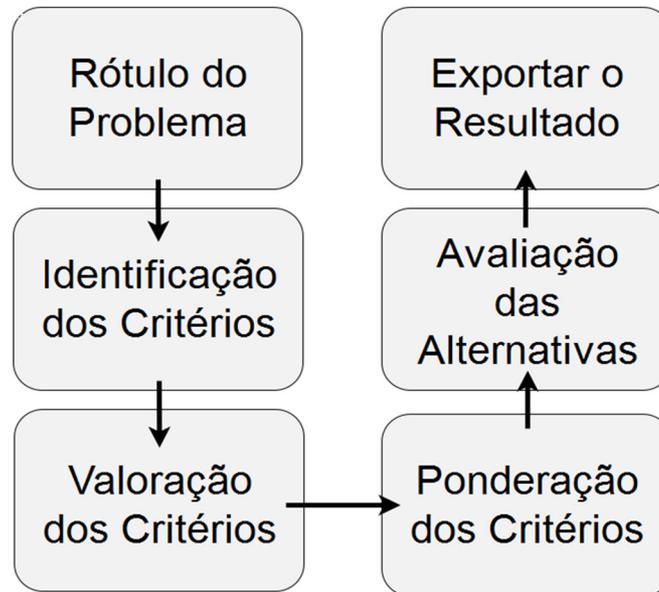


Figura 2. Fluxograma da Abordagem MCDA.

As Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, as saídas das etapas de valoração e de ponderação dos critérios.

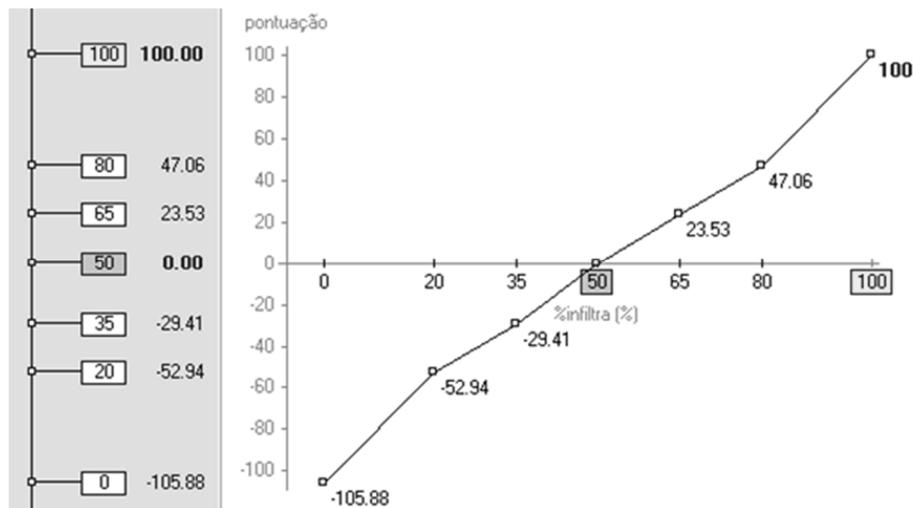


Figura 3. Exemplo de uma tela de saída da valoração de um critério. Fonte: Fantinatti (2011).

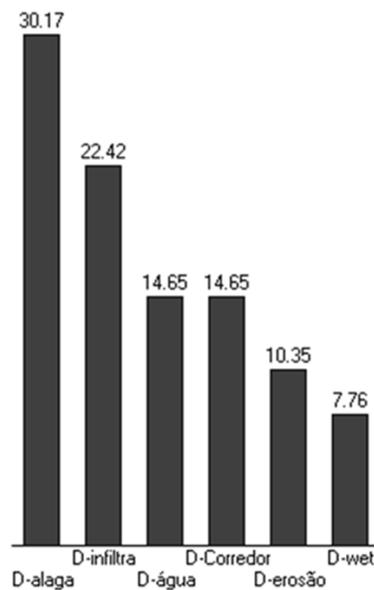


Figura 4. Exemplo de uma tela de saída da ponderação entre critérios. Fonte: Fantinatti (2011).

As Figuras 5 e 6 ilustram, respectivamente, uma matriz de avaliação de alternativas e a saída (resultado da avaliação).

**MATRIZ DE AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS - MODELO ADITIVO PONDERADO
 ADAPTADO DO M-MACBETH (BANA e COSTA; De CORTE; VANSNICK, 2005)**

CRITÉRIOS	AMBIENTAIS 0,44									ECONÔMICOS 0,23				SOCIAIS 0,33			
	Em	Rec	Pav	AV	Alag	Imp	Água	Corr	Eros	TIR	Infra	\$Op	\$Fix	Trab	Cap	Int	
PESOS PONDERADOS	0,109	0,109	0,065	0,044	0,033	0,024	0,016	0,016	0,011	0,05	0,036	0,022	0,015	0,028	0,024	0,019	
CENÁRIOS (Desempenho)	(NEUTRO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	(atual)	0	2,67	-	-81,7	-150	-	-	0	-313	-400	100	0	-25	-	0	-52,9
	("terra arrasada")	0	1,33	0	-81,7	-300	-106	0	0	-625	-800	50	-24,6	-50	-	0	-106
	("construído")	50	51,3	40	-40,8	-100	0	50	50	-263	-375	225	50	25	-	50	-2,94
	(BOM)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100

Figura 5. Exemplo de matriz de avaliação de alternativas. Adaptado de Fantinatti (2011).

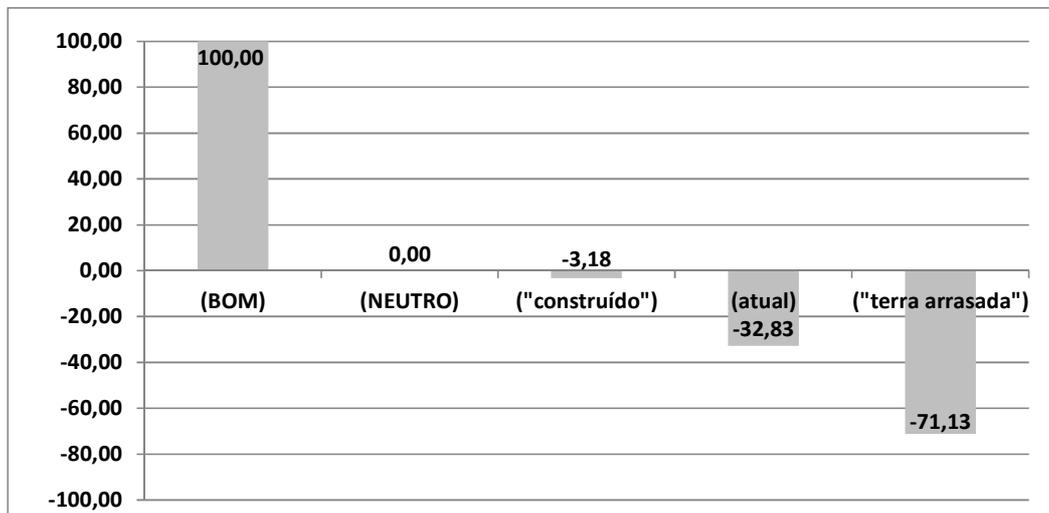


Figura 6. Exemplo de saída (resultado) da avaliação de alternativas. Adaptado de Fantinatti (2011).

O modelo adotado por este projeto é o do desenvolvimento ágil, criado a partir de um manifesto escrito por 17 renomados desenvolvedores que defendem uma filosofia de satisfação do cliente, entrega incremental prévia, equipes de projeto pequenas e altamente motivadas, métodos informais, artefatos mínimos de Engenharia de *Software* e, acima de tudo, simplicidade no desenvolvimento geral (PRESSMAN, 2011).

Uma das abordagens que fazem uso da metodologia ágil, ou seja, respeita os princípios propostos pelo manifesto ágil, na qual este projeto fará uso de alguns dos processos é o *Extreme Programming* (EP).

Os detalhes da metodologia estão explicados com mais precisão na seção 3 (Metodologia).

3-METODOLOGIA

Segundo Pressman (2011), o EP é o processo ágil mais utilizado e é estruturado nas seguintes atividades metodológicas – planejamento, projeto, codificação e testes. O planejamento inicia com uma atividade de ouvir, ou seja, o levantamento de requisitos capacita a equipe a entender o ambiente de negócios do *software* e amplia a percepção sobre os resultados solicitados, fatores principais e funcionalidades.

Cada fator requisitado e funcionalidade são escritos na forma de *user stories*, ou seja, elas são escritas como uma história no ponto de vista do usuário: o que o usuário será capaz de fazer com aquela funcionalidade. Para Pressman (2011), histórias de usuários descrevem resultados, as características e funcionalidades requisitadas para o *software*. Então, clientes e desenvolvedores tentam chegar a um compromisso básico sobre data de entrega, quais histórias serão incluídas e outras questões.

Após chegarem ao acordo comum, é feita a ordenação das histórias pela equipe de execução do EP, podendo ser implementada uma das três formas: (1) todas histórias são implementadas imediatamente em curto prazo de entrega, (2) histórias de maior valor são implementadas primeiro ou (3) as histórias de maior risco são implementadas primeiro. Enquanto as versões são entregues, o cliente pode acrescentar histórias, mudar valores, dividir algumas ou eliminá-las. Conseqüentemente a equipe de EP reconsidera todas versões que faltam e modifica seus planos de acordo (PRESSMAN, 2011).

O projeto do EP segue o princípio do KIS (*keep it simple*), ou seja, preserva a simplicidade. É elaborado um guia de implementação para uma história enquanto está sendo escrita, qualquer funcionalidade extra (desenvolvedor supõe que seja importante no futuro) é desencorajada (PRESSMAN, 2011).

O projeto incentiva, também, a refatoração do código, prática que reorganiza e otimiza o projeto através do aprimoramento da estrutura interna sem alterar o comportamento externo do programa. Essa prática deve ocorrer tanto antes como depois de ter iniciado a codificação (PRESSMAN, 2011).

Após as histórias terem sido desenvolvidas e o trabalho preliminar de elaboração ter sido concluído, o EP indica que o próximo passo a ser feito é o de testes de unidade. Segundo Pressman (2011), o objetivo dos testes de *software* é descobrir erros. Um dos tipos de testes que existem é o teste de unidade que foca a verificação funcional da menor unidade de projeto do *software*, ou seja, o componente ou módulo. Prever as condições de erros, estabelecer caminhos para os erros serem manipulados e redirecionar ou encerrar ordenadamente o processo quando o erro ocorre faz parte de um bom projeto. Este procedimento de testes é considerado um auxiliar para a etapa de codificação (PRESSMAN, 2011).

Ainda segundo Pressman (2011), outro conceito-chave na atividade de codificação é a programação em dupla, também conhecida como *pair programming*: duas pessoas trabalhando juntas na criação de uma mesma história garantem resolução de problemas em tempo real e também mantém os desenvolvedores focados no problema em questão.

Por fim, os testes de aceitação no EP são de especificação do cliente e mantêm foco nas características e funcionalidades do sistema, obtidos a partir das histórias de usuários implementadas como parte de uma versão de *software* (PRESSMAN, 2011).

3.1 -Atividades específicas previstas para o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Benitti, Seara e Schlindwein (2005), o processo de desenvolvimento do *software* é constituído basicamente de quatro etapas de trabalho:

- I. Concepção: diretrizes gerais do *software* definição de objetivos de aprendizagem e requisitos do *software*.
- II. Elaboração/Construção: implementação do *software* no modelo a ser discutido. Validação/ avaliação.
- III. Finalização: Integrar as funcionalidades elaboradas visando produzir um produto final. Especificação de elaboração de documentação de *software*.
- IV. Viabilização: Viabilizar a funcionalidade do *software*, preparação docente e suporte.

Como esta pesquisa é a fase correspondente ao processo inicial do projeto de longo termo, concentrou-se, neste momento, à Fundamentação Teórica do Projeto e ao Planejamento do Desenvolvimento do *Software* Livre.

Para o desenvolvimento desta pesquisa de Iniciação Científica, a aluna deverá realizar:

- a. Identificação do Escopo e Planejamento preliminar;
- b. Identificação de recursos – revisão do prazo do Projeto de longo prazo;
- c. Análise de viabilidade dos modelos possíveis de serem adotados;
- d. Proposição do modelo a ser seguido para desenvolver o *Software* Livre;
- e. Análise de viabilidade final do modelo proposto.

Para a Fase I, o projeto está, especificamente, na etapa de Proposição do modelo (d).

4 -RESULTADOS ESPERADOS

A abordagem *Extreme Programming* foi escolhida pelo fato de ser voltada a pequenas equipes, com a existência de requisitos vagos e que responde a mudanças de requisitos de maneira positiva (*embracing changes*). A organização da equipe não necessita de muitos papéis, ao contrário do *Scrum*, por exemplo, que tem necessidade de um *product owner* e *scrum master*, o EP consegue concentrar ambos os papéis no gerente do projeto. No *Extreme Programming*, assim como o fluxo de processos é menor os artefatos da abordagem também são mais enxutos que o *Scrum*.

Com a elaboração apresentada do Plano de Desenvolvimento do *Software* Livre, espera-se que as próximas etapas de Desenvolvimento (Fase II do Projeto, prevista para o ano de 2016) e as etapas de Teste e Aplicação (Fase III do Projeto, prevista para o ano de 2017) sejam guiadas por este documento, a fim de nortear o processo do desenvolvimento do *software* com base nas metodologias ágeis e suas implementações de testes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem especialmente à Pró-reitora do IFSP pela bolsa de Iniciação Científica Institucional fornecida à primeira autora e, ao CNPq pela bolsa na modalidade DTI-B do programa de Ciência e Tecnologia em Recursos Hídricos (CT-HIDRO) fornecido ao segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR ISO/IEC 12207**. Tecnologia de informação – processos de ciclo de vida de software. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1998.

BANA E COSTA, C. A.; De CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. MACBETH. **LSE OR Working Paper**, p.03-56, London, UK: London School of Economics, 2004.

_____. On the mathematical foundations of MACBETH. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 10, p. 409–442.

BENITTI, F. B. V.; SEARA, E. F. R.; SCHLINDWEIN, L. M. **Processo de desenvolvimento de software educacional: proposta e experimentação**. Novas Tecnologias da Educação. v. 3, n. 1, CINTED- UFRGS, Maio, 2005.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M.: **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

FANTINATTI, P. A. P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudanças de paradigmas no planejamento dos recursos hídricos**. 2011. 399 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

_____. **Ações de gestão do conhecimento na construção civil: evidências a partir da assistência técnica de uma construtora**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

_____; ZUFFO, A. C.; ARGOLLO FERRÃO, A. M. **Indicadores de sustentabilidade em Engenharia: como desenvolver**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FIGUEIRA, J.; GRECCO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.). **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. Boston, USA: Springer Science, Business Media, 2005. cap. 10, p. 409–442.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decision-making**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

MENESES, J. B. de. **Inspector: um processo de avaliação de progresso para projetos de software**. 2001. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. 7. ed. São Paulo: AMGH (Artmed e McGraw-Hill), 2011. Tradução de Mônica de Aguiar Rocha.

SIMÃO, J. M.: Project Evaluation for the accommodation industry in a sustainable development context. *In*: BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT

CONFERENCE, 2005, Leeds. **Proceedings..** University of Leeds, Leeds, 2005. *apud* FANTINATTI, P. A. P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudanças de paradigmas no planejamento dos recursos hídricos.** 2011. 399 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software.** 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003. *apud* BENITTI, F. B. V.; SEARA, E. F. R.; SCHLINDWEIN, L. M. **Processo de desenvolvimento de software educacional: proposta e experimentação.** Novas Tecnologias da Educação. v. 3, n. 1, CINTED- UFRGS, Maio, 2005.

THOMAZ, S. R. T. **Using multi-criteria decision analysis to develop a prototype model to assess integrated proposals for the Rodrigo de Freitas lagoon.** 2002. 58 f. Dissertação (MSc in Decision Sciences) - London School of Economics & Political Science, London, UK, 2002.