

Controle Inteligente no desenvolvimento de Projetos de Software

Leandro L. C. De Souza¹, Anderson C. P. Queiroz², Gustavo Campos², Mariela I. Cortés², Nécio L. Veras³, Enyo J. T. Gonçalves⁴, Marcos A. Oliveira⁴

¹Instituto Federal de Educação do Maranhão (IFMA) - Imperatriz, MA – Brasil

²Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual do Ceará (UECE)
Av. Paranjana, 1700 – Campus do Itaperi – Fortaleza – CE - Brasil

³Instituto Federal de Educação do Ceará (IFCE) - Tianguá, CE – Brasil

⁴Universidade Federal do Ceará (UFC) - Quixadá, CE – Brasil

leandro.leocadio@ifma.edu.br, andersoncpdq@gmail.com, {gustavo, mariela}@larces.uece.br, necio.veras@ifce.edu.br, {enyo, deoliveira.ma}@ufc.br

Abstract. *Software development is a dynamic activity and distributed. This article aims to assist project managers in monitoring and control of these processes. To make this possible we integrate agent technology, the earned value technique and critical path method in order to generate alternatives for preventive and corrective actions to minimize the negative impact of deviations and thus to generate new estimates.*

Resumo. *O desenvolvimento de software é uma atividade dinâmica e distribuída. Os processos que envolvem essa atividade estão ligados a diversas áreas do conhecimento, com destaque para o gerenciamento de integração do projeto. Este artigo busca auxiliar gerentes de projeto no monitoramento e controle desses processos. Para que isso seja possível, a abordagem proposta integra a tecnologia de agentes, a técnica do valor agregado e o método do caminho crítico com o objetivo de gerar alternativas para ações preventivas e corretivas a fim de minimizar o impacto negativo dos desvios e gerando novas estimativas.*

1. Introdução

Com a integração econômica global, a indústria de software tem se tornado complexa devido à necessidade de conhecimento e informações precisas ligadas à condução do projeto. Essas informações devem ser objetivas e confiáveis por se tratar, principalmente de fatores como: tempo, custo e qualidade do projeto [Kedi e Hongping 2010].

Em geral, as atividades de monitorar e controlar demandam um grande volume de informações e envolvem tarefas tais como, (i) verificação de resultados e comparações com as estimativas documentadas, compromissos e planos, e (ii) em gerenciamento de ações preventivas e corretivas quando o desempenho do projeto se desvia significativamente do plano [Wangenheim 2013]. Essas tarefas envolvem um

conjunto de processos [PMI Inc. 2008] cuja execução é fundamental para que os objetivos do projeto sejam alcançados. Em virtude disso, gerentes necessitam cada vez mais de métodos e técnicas que os auxiliem no acompanhamento dos trabalhos de projeto, bem como na tomada de decisões.

Características como autonomia, proatividade e reatividade, fazem com que a tecnologia de agentes de software se torne uma solução adequada para o desenvolvimento de sistemas dinâmicos e complexos [Jennings 2001]. Um agente é um sistema autônomo capaz de perceber as alterações do ambiente e agir sobre ele ao longo de um período de tempo [Franklin e Graesser 1996].

Este trabalho apresenta uma abordagem baseada na tecnologia de agentes com foco na automatização das atividades de monitoramento e controle do projeto [PMI Inc. 2008] e, para tanto, é estruturado como segue. A Seção 2 apresenta o referencial teórico e a Seção 3 aborda os trabalhos relacionados. A Seção 4 apresenta uma descrição da abordagem. A Seção 5 descreve a configuração do ambiente. Na Seção 6, o agente de controle é apresentado em um nível mais técnico. A Seção 7 apresenta a aplicação do agente de controle controlando atividades em conjunto. Finalmente, as considerações finais e trabalhos futuros são apresentados na Seção 8.

2. Monitoramento e Controle de Projetos

Os processos de monitoramento e controle são responsáveis por acompanhar, revisar e regular o progresso e o desempenho do projeto, identificar todas as áreas nas quais serão necessárias mudanças no plano de execução do projeto e recomendar a aplicação das mudanças [PMI Inc. 2008]. Estes processos objetivam observar e mensurar o desempenho do projeto de forma periódica e uniforme para identificar variações em relação aos objetivos traçados no plano de gerenciamento. O trabalho do projeto é monitorado e controlado a partir do acompanhamento das áreas-chave: escopo, custo e tempo.

O monitoramento é definido como uma análise contínua da aderência do projeto aos seus planos, realizada em intervalos predeterminados. O custo, o esforço empreendido, o seguimento do cronograma, os produtos do trabalho e os recursos utilizados até o momento são examinados continuamente em comparação ao que foi planejado [Swebok 2004]. O projeto é mantido sob controle a partir da determinação de ações corretivas ou preventivas, ou o replanejamento com objetivo de resolver questões de desempenho em relação aos eventuais desvios detectados. A incorporação de mudanças aprovadas à linha de base revisada pode exigir a elaboração de novas ou revisadas estimativas de custos e cronograma.

3. Trabalhos Relacionados

Vários trabalhos propõem a utilização de agentes inteligentes para o gerenciamento de diferentes aspectos no desenvolvimento de projetos. Nesta seção são apresentados trabalhos de pesquisa que utilizam agentes como abordagem para gerenciar o monitoramento e controle do andamento de projetos.

Em [Wu et al. 2009] é apresentada a ferramenta *Software Project Associate* (SPPA), que consiste em um sistema multiagente baseado em métricas do projeto, tais como produtividade e esforço. O objetivo da ferramenta é acompanhar o andamento do projeto de software para garantir a conformidade com o planejamento de metas para a

realização das atividades, alertando os gerentes quando não são atingidas. Nenhuma solução para a correção dos desvios é sugerida pela ferramenta

O modelo *Software Project Management supported by Software Agents* (SPMSA) [Nienaber 2008] consiste em um framework genérico, baseado em agentes de software, projetado para suportar vários aspectos do gerenciamento do projeto de software em um ambiente distribuído. A pesquisa propôs uma abordagem *black box* que envolve agentes cooperativos, cuja implementação a princípio, não é fornecida. O SPMSA prevê na sua estrutura um agente de monitoramento, porém se limita a acompanhamento de tarefas e fases do projeto, sem levar em consideração o aspecto de custo. É previsto a notificação dos *stakeholders*, no entanto nenhuma proposta para correção de desvios em relação à linha de base do projeto é apresentada.

Por último, o *Parametric Project Monitoring and Control* (PPMC) consiste de um modelo de estimativa proprietário fundamentado na técnica do GVA [Galorath 2006], cujo objetivo é estender o escopo da estimativa de projetos de desenvolvimento de software estabelecendo uma iteração na condução das atividades de gerenciamento. Esse modelo trabalha apenas com ações preventivas e com isso, não garantem que todos os desvios possam ser inibidos.

4. Abordagem Proposta

A abordagem objetiva apoiar o gerente no processo de monitoramento e controle contínuo das atividades de projeto com o auxílio da tecnologia de agentes, prevendo, observando e mensurando o trabalho do projeto de forma a sugerir soluções que possam auxiliar no processo de tomada de decisão. Para isso, foram desenvolvidos dois agentes inteligentes capazes de colaborar entre si e com o gerente do projeto. A Figura 1 ilustra a interação entre os agentes e o gerente de projeto.

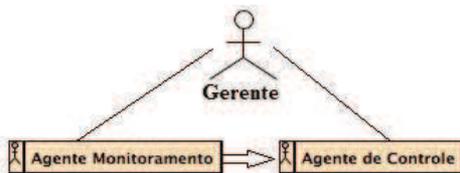


Figura 1. Relação entre os agentes envolvidos e o gerente.

Os agentes detectam mudanças no ambiente no qual estão incluídos, raciocinam sobre essas mudanças e agem de forma proativa, selecionando uma ação e executando tarefas de forma a reduzir os efeitos negativos de possíveis desvios detectados [Jennings 2000] (relativos a custo e tempo) durante a execução de um projeto.

O compartilhamento e troca de informações entre os agentes e o gerente consiste de uma atividade dinâmica e constante que envolve as (i) informações relativas ao planejamento inicial e trabalho real, cedidas pelo gerente de projeto, (ii) análise da situação corrente em relação à desejada, diagnosticada pelo agente monitor, e (iii) o tratamento de desvios, realizado pelo agente de controle. Quando desvios são detectados, novas estimativas são geradas e acontece o replanejamento.

O agente de monitoramento (AMon), com base no trabalho de Souza et al. (2013), incorpora um conjunto de regras condição-ação baseadas na teoria do Gerenciamento do Valor Agregado (GVA), implementadas para determinar, em tempo real, o quão à frente ou atrás do cronograma e/ou orçamento o projeto se encontra. A

partir dos indicadores obtidos, o AMon alerta o gerente sobre eventuais desvios detectados. Com as informações advindas do AMon, o agente de controle (ACon) reage de acordo com o grau de variação entre o planejamento e o desempenho, sugerindo ações corretivas/preventivas para minimizar o efeito negativo dos desvios detectados. O ACon também possui internamente dois subconjuntos de regras condição-ação que determina qual o tipo de ação corretiva/preventiva que deve ser tomada no momento corrente do projeto.

5. Configuração do Ambiente

O ambiente de execução dos agentes representa as informações de projeto que serão percebidas pelos agentes. O ambiente considerado neste trabalho foi modelado com base no artigo de [Ren et al. 2010], onde foi formulado um algoritmo para o planejamento do cronograma do projeto com base no método do caminho crítico a partir do qual é possível determinar as variáveis de tempo das atividades, a folga e a precedência entre as mesmas [Partovi e Burton 1993]. A Tabela 1 apresenta quais os dados que serão utilizados nas simulações.

Tabela 1. Tabela de cálculo de tempo de um plano de cronograma de projeto. Adaptado de [Ren et al. 2010].

(1) Id	(2) AP	(3) t	(4) t_{ES}	(5) t_{EF}	(6) t_{LF}	(7) t_{LS}	(8) R	(9) custoAtividade
A	-	10	0	10	10	0	0	700
B	-	5	0	5	10	5	5	350
C	AB	5	10	15	15	10	0	350
D	B	15	5	20	40	25	20	1.050
E	C	25	15	40	40	15	0	1.750
F	DE	5	40	45	45	40	0	350
G	F	5	45	50	50	45	0	350
H	F	10	45	55	65	55	10	700
I	F	5	45	50	65	60	15	350
J	G	15	50	65	65	50	0	1.050
K	HIJ	20	65	85	85	65	0	1.400
L	C	10	15	25	60	50	35	700
M	L	25	25	50	85	60	35	1.750
N	KM	5	85	90	90	85	0	350

Na Tabela 1, a primeira coluna representa as atividades que compõem o projeto, enquanto que na segunda são descritas as atividades que precedem as primeiras. As outras colunas representam, respectivamente, (t) tempo de duração da atividade; (t_{ES}) tempo de início cedo da atividade; (t_{EF}) tempo de término cedo da atividade; (t_{LF}) tempo de término tarde da atividade; (t_{LS}) tempo de início tarde da atividade; e (R) folga.

A partir da informação acerca de sucessões e precedências entre as atividades na Tabela 1 é possível determinar o fluxo das atividades e o caminho crítico, calculado conforme [Ren et al. 2010]. Com isso, o caminho crítico do projeto é constituído pelas atividades: A – C – E – F – G – J – K – N.

Para os fins de simulação, os custos (9) das atividades na Tabela 1 foram estabelecidos utilizando estimativa paramétrica [PMI Inc. 2008] através da multiplicação das horas de trabalho (duração) das atividades pelo custo da mão-de-obra por unidade de tempo. Considerou-se esse custo como 70 unidades de moeda, fazendo uma referência ao termo homem-hora, adotada pelo *Constructive Cost Model II* [COCOMO II 2012]. A equação (1) apresenta o cálculo do custo (*custoAtividade*) de

cada uma das atividades na Tabela 1 considerando o tempo de duração das atividades t informado.

$$\text{custoAtividade} = \text{duracaoAtividade} * 70 \quad (1)$$

O tempo total do Projeto (*tempoProjeto*) e seu custo total (*custoProjeto*) são determinados, respectivamente, pelas somas da duração das atividades do caminho crítico e a dos custos de todas as atividades do projeto.

6. Agente de Controle (ACon)

O agente ACon é ativado a partir da percepção de desvios negativos detectados pelo agente AMon [Souza et al. 2013]. Para que o agente ACon possa agir no ambiente, é preciso que o AMon envie um pacote (estado interno) em forma de mensagem contendo as principais informações das atividades em andamento no projeto que foram processadas pelo agente. Em seguida, ACon considera em seu funcionamento um plano inicial a partir do qual são identificados alguns atributos das atividades: identificação (*idAtividade*), duração (*duracaoAtividade*) e o custo (*custoAtividade*), atividades predecessoras e sucessoras.

O agente ACon consiste de um agente reativo simples baseado em regras condição-ação. A sua estrutura (Figura 2) acompanha a estrutura do agente reativo definido por [Russel e Norvig 2004], composta pelas funções *ver*, *próximo* e *ação*.

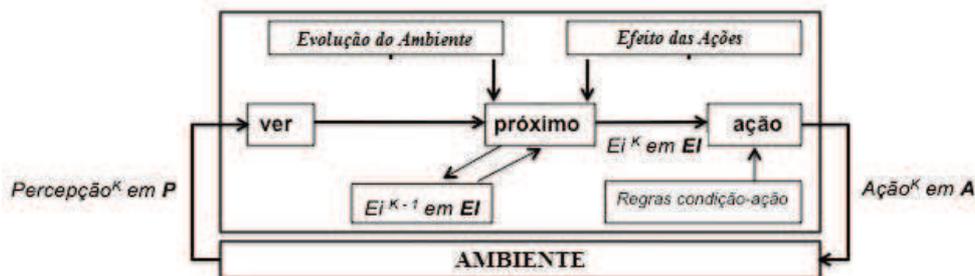


Figura 2. Arquitetura do agente ACon. Adaptado de [Russel e Norvig 2004].

A função *ver* representa os sensores do agente. Em qualquer interação do agente com o ambiente E , em qualquer momento do projeto T , esta função recebe o pacote de informações provenientes do AMon (estado interno) a respeito do momento atual das atividades do projeto (*Percepção^K*) e as mapeia em uma representação computacional adequada (*Estado^K*), como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Estado interno, Ações e Percepções do AMon.

Estado Interno AMon	VP, VA, IDP, VDP, IDC, VC
Ações AMon	Mensagens nas regras ativadas
Percepções Ambiente	Diagrama de atividades do projeto, <i>idAtividade</i> , <i>duracaoAtividade</i> <i>custoRealAtiv</i> , <i>realCompleta</i> , precedentes

Considerando estas informações, a função *próximo* atualiza o estado interno que o agente mantém a respeito das atividades do projeto (Ei^k). Detalhadamente, esta atualização ocorre por meio de cálculos dos valores correntes das seguintes variáveis de estimativas e variações contempladas no valor agregado, onde: ET_{custo} representa a estimativa no término relacionado a custo, EPT_{custo} a estimativa para terminar relacionado a custo, VA_{Fcusto} a variação do custo na conclusão da atividade,

$PercVAFcusto$ o percentual dessa variação, $IDPT$ o índice de desempenho para terminar a atividade, $ETtempo$ a estimativa no término relacionado a tempo, $EPTtempo$ a estimativa para terminar relacionado a tempo, $VAFtempo$ a variação ao final da atividade e $PercVAFtempo$ o percentual dessa variação:

$$ETcusto = custoAtividade / IDC \quad (2)$$

$$EPTcusto = ETcusto - custoRealAtiv \quad (3)$$

$$VAFcusto = custoAtividade - ETcusto \quad (4)$$

$$PercVAFcusto = VAFcusto / custoAtividade \quad (5)$$

$$IDPT = (custoAtividade - VA) / (custoAtividade - custoRealAtividade) \quad (6)$$

$$ETtempo = (custoAtividade / IDP) / (custoAtividade / duracaoAtividade) \quad (7)$$

$$EPTtempo = ETtempo - duracaoAtividade \quad (8)$$

$$VAFtempo = duracaoAtividade - ETtempo \quad (9)$$

$$PercVAFtempo = VAFtempo / duracaoAtividade \quad (10)$$

Os valores das variáveis de (2)-(10), componentes do estado interno, representam um conjunto da forma: ($ETcusto$, $EPTcusto$, $VAFcusto$, $PercVAFcusto$, $IDPT$, $ETtempo$, $EPTtempo$, $VAFtempo$, $PercVAFtempo$), indicando novas estimativas e variações de custo e tempo requeridas para a realização de ações preventivas e corretivas. Estes valores permitem o agente estimar custo e tempo ao final do desenvolvimento das atividades considerando o desempenho atual, além de informar a variação de custo e tempo ao término das atividades em relação às novas estimativas.

O agente ACon mantém em seu estado interno todo o diagrama de rede de atividades e o caminho crítico, obtidos da mesma forma que [Souza 2013]. À medida que novas estimativas são geradas, a função *próximo* calcula o novo caminho crítico com base nos tempos das atividades e atividades de precedências, contempladas no plano inicial, e atualiza o diagrama de atividades que mantém sobre o ambiente. Em especial, vale destacar as informações contidas na Tabela 3 como relevantes no processo de atualização de estado interno e na inferência do efeito das ações corretivas e preventivas em atividades em execução, que são possíveis e necessárias para a correção de desvios detectados.

Tabela 3. Estado interno do ACon.

Estado Interno ACon	..., $ETcusto$, $EPTcusto$, $VAFcusto$, $PercVAFcusto$, $IDPT$, $ETtempo$, $EPTtempo$, $VAFtempo$, $PercVAFtempo$, $custoAtividade$, $duracaoAtividade$, t_{ES} , t_{EF} , t_{LF} , t_{LS} , R
----------------------------	---

Ainda na função *próximo*, o agente considera as atividades em andamento e as alternativas para o tratamento de desvios negativos detectados. Dentre essas alternativas, a função simula o efeito das ações corretivas e preventivas, descritas em [Souza 2013]. A função *ação* do agente ACon utiliza as informações atualizadas e um conjunto de regras condição-ação semelhantes às do agente AMon. O mecanismo de seleção de ação do ACon foi concebido para indicar como solução do problema de controle em uma interação com o agente AMon e o ambiente, todas as ações preventivas e corretivas que aparecem nos consequentes das regras cujos antecedentes descrevem condições verdadeiras.

No caso do ACon, o conjunto de regras condição-ação foi dividido em dois

subconjuntos. O primeiro subconjunto contém regras cujas condições no antecedente são estabelecidas considerando apenas as informações correntes sobre a execução de atividades individuais, enquanto que as ações determinam as correções/prevenções propostas para atividades individuais. A Tabela 4 apresenta o primeiro subconjunto adotado, ou seja, composto de quatro regras para o controle de atividades individuais. As condições nas regras consideram os valores das variáveis estruturas no ACon [Souza et al. 2013] da forma (IDP (índice de desenvolvimento de prazo), IDC (índice de desenvolvimento de custo), VDP (variação de prazo) e VC (variação de custo)):

Tabela 4. Subconjunto de quatro regras condição-ação embutidas no ACon.

Id	Regras Condição-Ação: Atividades Separadas
1	se (IDP > 1.0 && VDP > 0.0 && IDC < 1.0 && VC < 0.0) então faça Ação 01
2	se (IDP < 1.0 && VDP < 0.0 && IDC > 1.0 && VC > 0.0) então faça Ação 02
3	se (IDP < 1.0 && VDP < 0.0 && IDC < 1.0 && VC < 0.0) então faça Ação 03
4	se (IDP == 1.0 && VDP == 0.0 && IDC < 1.0 && VC < 0.0) então faça Ação 04

A condição na primeira regra, por exemplo, permite detectar situações do tipo: adiantada no cronograma e acima do orçamento na execução de uma atividade. Por sua vez, a ação Ação 01 no consequente da regra correspondente às descrições das ações preventivas e corretivas e dos efeitos destas ações, obtidos a partir de simulações no estado interno considerando o estado corrente da atividade.

No segundo subconjunto de regras do agente ACon, como mostra a Tabela 5, as condições nas regras consideram as informações de todas as atividades em execução, enquanto que as ações e simulações dizem respeito a esta nova situação. Este novo subconjunto de regras condição-ação considera a correção e prevenção de desvios quando tratados sobre todas as atividades correntes em execução. As condições nas regras consideram os valores das variáveis (3), (4), (5), (8), (9) e (10).

Tabela 5. Subconjunto de quatro regras condição-ação embutidas no ACon.

Id	Regras Condição-Ação: Conjunto de Atividades
5	se (VAFcustoProjeto > 0 && VAFtempoProjeto < 0) então faça Ação 05
6	se (VAFcustoProjeto < 0 && VAFtempoProjeto > 0) então faça Ação 06
7	se (VAFcustoProjeto < 0 && VAFtempoProjeto < 0) então faça Ação 07
8	se (VAFcustoProjeto < 0 && VAFtempoProjeto == 0) então faça Ação 08
9	se (VAFcustoProjeto == 0 && VAFtempoProjeto < 0) então faça Ação 09

A condição na regra 6, por exemplo, permite detectar situações em que ocorre desvio negativo de recursos (orçamento) e um atraso no tempo total do projeto.

7. Funcionamento do Agente ACon

Conforme a Seção 6 ilustra, a concepção do agente ACon considera que o agente é ativado a partir das saídas geradas pelo agente ACon [Souza et al. 2013]. Esta seção apresenta o funcionamento do agente ACon controlando atividades em execução simultânea (em conjunto), baseado no ambiente de configuração descrito por [Souza et al. 2013] e, além disso, a seção aborda também a avaliação do agente quanto à utilização do subconjunto composto pelas cinco regras descritas na Tabela 5.

Para tanto, fez-se uma simulação considerando que a atividade A no Cenário B e a atividade B no Cenário D [Souza et al. 2013], estão em execução simultânea na segunda interação (K=2) com o ambiente, a quatro unidades de tempo de execução do projeto (T=4). A Tabela 6 apresenta as informações enviadas pelo agente ACon e pelo

ambiente de execução, percebidas pela função *ver* do agente ACon para as atividades A e B.

Tabela 6. Informações enviadas para o agente ACon.

	Cenário B: Atividade A (K = 2 e T = 4)	Cenário D: Atividade B (K = 2 e T = 4)
Estado Interno AMon	Valores das Variáveis	Valores das Variáveis
VP	280.0	140.0
VA	364.0	98.0
IDP	1.30	0.7
VDP	84.0	- 42.0
IDC	0.89	1.27
VC	- 42.0	21.0
Ações AMon	Adiantado no cronograma. 84.0 adiantado no cronograma.	Atrasado no cronograma. - 42.0 atrasado no cronograma.
	Acima do orçamento. -42.0 acima do orçamento.	Abaixo do orçamento. 21.0 abaixo do orçamento.
Percepções Ambiente	Valores das Variáveis	Valores das Variáveis
<i>idAtividade</i>	1	2
<i>custoRealAtiv</i>	406.0	77.0
<i>realCompleta</i>	0.52	0.28
<i>duraçãoAtividade</i>	10.0	5.0
precedentes	--	--

A Tabela 7 apresenta as informações no estado interno, atualizadas pela função *próximo* do ACon, a respeito das atividades A e B. Essas atividades são atualizadas pela função *próximo*, a partir dos dados percebidos apresentados na Tabela 6.

Tabela 7. Estado interno agente ACon.

Cenário B: Atividade A (K = 2 e T = 4)		Cenário D: Atividade B (K = 2 e T = 4)	
Estado Interno	Val. Variáveis	Estado Interno	Val. Variáveis
...
<i>ETcusto</i>	786.51	<i>ETcusto</i>	275.59
<i>EPTcusto</i>	380,51	<i>EPTcusto</i>	198.59
<i>VAFcusto</i>	- 80.76	<i>VAFcusto</i>	74.41
<i>PercVAFcusto</i>	11%	<i>PercVAFcusto</i>	21%
<i>IDPT</i>	24.63%	<i>IDPT</i>	92%
<i>ETtempo</i>	7.69	<i>ETtempo</i>	7.14
<i>EPTtempo</i>	- 2.31	<i>EPTtempo</i>	2.14
<i>VAFtempo</i>	2.31	<i>VAFtempo</i>	-2.14
<i>PercVAFtempo</i>	23%	<i>PercVAFtempo</i>	42%
<i>custoAtividade</i>	700.0	<i>custoAtividade</i>	350.0
<i>duraçãoAtividade</i>	10.0	<i>duraçãoAtividade</i>	5.0
t_{ES}	0.0	t_{ES}	0.0
t_{EF}	10.0	t_{EF}	5.0
t_{LF}	10.0	t_{LF}	10.0
t_{LS}	0.0	t_{LS}	5.0
R	0.0	R	5.0

Neste contexto, a respeito da atividade A, o agente ACon reconhece que está “adiantado no cronograma e acima do orçamento”, e a respeito da atividade B que está “atrasado no cronograma e abaixo do orçamento”. Estas duas informações consideradas

simultaneamente pela função *ação* do agente geram ações preventivas/corretivas diferentes do caso em que as atividades são tratadas independentemente. Assim, considerando os valores das variáveis componentes do estado interno do agente AMon, percebidas por ACon para as duas atividades, a função *ação* seleciona a sexta regra condição-ação do grupo de regras, ou seja, a segunda regra na Tabela 5, que tem a condição satisfeita em seu antecedente ($VAFCustoProjeto < 0 \ \&\& \ VAFtempoProjeto > 0$). Em seguida, a função seleciona a Ação 06, no consequente da regra, considerada cabível para os desvios detectados. A Tabela 8 apresenta a especificação da Ação 06, enviada para o gerente na segunda interação.

Tabela 8. Ações preventivas, corretivas e novas estimativas.

Cenário B: Atividade A e Cenário D: Atividade B (ACon)	
AÇÕES PREVENTIVAS:	- Para terminar o projeto dentro do orçamento, o desempenho deve melhorar em 5%. - O atraso no cronograma da atividade B (-2.14) foi compensado pelo cronograma adiantado da atividade A (2.31).
ATIVIDADES CORRENTES	A: custoAtividade = 700.0 duracaoAtividade = 10.0 R = 0.0 $t_{LS} = 0.0$ $t_{LF} = 10.0$
	B: custoAtividade = 350.0 duracaoAtividade = 5.0 R = 5.0 $t_{LS} = 5.0$ $t_{LF} = 10.0$
SUCCESSORAS	L: custoAtividade = 700.0 duracaoAtividade = 10.0 R = 35.0 $t_{LS} = 50.0$ $t_{LF} = 60.0$
	M: custoAtividade = 1750.0 duracaoAtividade = 25 .0 R = 35.0 $t_{LS} = 60.0$ $t_{LF} = 85.0$
	D: custoAtividade = 1050.0 duracaoAtividade = 15.0 R = 20.0 $t_{LS} = 25.0$ $t_{LF} = 40.0$
	I: custoAtividade = 350.0 duracaoAtividade = 5.0 R = 15.0 $t_{LS} = 60.0$ $t_{LF} = 65.0$
	H: custoAtividade = 700.0 duracaoAtividade = 10.0 R = 10.0 $t_{LS} = 55.0$ $t_{LF} = 65.0$

Tabela 8. Ações preventivas, corretivas e novas estimativas (continuação).

AÇÃO CORRETIVA:	- Compensação de custo sobre as atividades sucessoras fora do caminho crítico. - Compensação de cronograma entre as atividades correntes.
NOVAS ESTIMATIVAS	A: novo custoAtividade = 786.51
	B: novo custoAtividade = 275.59
	L: novo custoAtividade = 698.84
	M: novo custoAtividade = 1748.84
	I: novo custoAtividade = 348.84
	H: novo custoAtividade = 698.84
	D: novo custoAtividade = 1048.84

Conforme a Tabela 8 indica, a ação corretiva proposta pelo agente ACon, ou seja, a Ação 06 recomenda a compensação de custos sobre as atividades sucessoras das atividades A e B, e que não estão no caminho crítico: L, M, I, H e D. Após essa compensação, o agente ACon realiza o replanejamento, gerando novas estimativas para as atividades correntes A e B e para as atividades que sofreram reajuste no orçamento, ou seja, as atividades sucessoras L, M, I, H e D. Em relação ao cronograma do projeto, os reajustes foram realizados sobre as próprias atividades correntes, onde o tempo excedido de uma (B) foi sancionado pelo excesso de tempo da outra (A). Quando esse tempo for excedido e o término do projeto estiver comprometido, essa prática de compensação de tempo recai sobre as folgas das atividades sucessoras a estas.

8. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo descreve uma abordagem para a assistência inteligente no gerenciamento de projetos de software. A abordagem integra agentes inteligentes cujo comportamento é baseado na teoria do valor agregado e no método do caminho crítico, para auxiliar gerentes e suas equipes no processo de monitoramento e controle de custo e tempo do trabalho do projeto.

Após a análise de metodologias, plataformas de desenvolvimento e técnicas que pudessem dar suporte a esta abordagem, foi constatado que o método do caminho crítico e a técnica do valor agregado eram as mais adequadas para o objetivo específico de auxiliar os gerentes com vistas a monitorar o desempenho e sugerir ações de controle e prevenções. Assim, a ideia de expor uma abordagem inteligente surgiu da viabilidade de agregar funcionalidades do guia PMBoK aos agentes inteligentes, para suprir necessidades de informações precisas de orçamento e cronograma para a gestão e acompanhamento dos processos de software de forma proativa e contínua.

A abordagem apresentada foi desenvolvida de forma genérica, logo ela pode ser utilizada para qualquer ambiente de desenvolvimento desde que se tenha um plano inicial definido e um gerente para alimentar o ambiente de execução com informações reais e atualizadas.

Para esta abordagem, o agente de monitoramento (AMon) e o de controle (ACon) foram desenvolvidos utilizando a plataforma de desenvolvimento JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*), e simulações foram realizadas abordando diferentes cenários e aspectos para demonstrar diversas situações possíveis de um projeto de software. Baseado nos resultados apresentados observou-se que os agentes inteligentes e

a técnica do valor agregado podem fornecer informações relevantes dentro do contexto de controle de processo de desenvolvimento de software.

Como trabalhos futuros, existem alguns que poderão ser desenvolvidos com o intuito de dar continuidade e enriquecer ainda mais o trabalho apresentado neste artigo. Dentre eles podem ser citados:

- i. Um refinamento das regras do agente de controle para que novas ações possam ser capazes de atender um número maior de situações difíceis de serem controladas;
- ii. Incorporação nas regras do agente de controle as decisões relacionadas à margem de erro, já que desvios pouco aparentes estão sendo tratados de maneira geral;
- iii. É previsto o desenvolvimento de um *add-in* para uma ferramenta de gerência de projeto real em que ambos os agentes possam auxiliar os gerentes de projeto a tomarem decisões.

Referências

- COCOMO II, 2012. Constructive Cost Model II. In http://csse.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo_main.html.
- Franklin, S., Graesser, A., 1996. *Is it an Agent, or just a program? A taxonomy for Autonomous Agents*. In Proceedings of the Third International workshop on Agent Theories, Architectures and Languages. Berlin: Springer- Verlag. 2135.
- Galorath, D. D., Galorath, J., 2006. *Achieving software development success - using best practice planning, estimation, tracking and control*. In Software Measurement European Forum, Roma. Proceedings. Roma: SMEF, p. 293-304.
- Jennings, N. R., 2000. *On agent-based software engineering*. In Artificial Intelligent, v. 177, n. 2, pp. 277-296.
- Jennings, N. R., 2001. *An Agent-Based approach for building Complex Software Systems*. In Communications of the ACM, 44, pp. 35-39.
- Kedi, Z., Hongping, Y., 2010. *Application of Earned Value Analysis in Project Monitoring and Control of CMMI*. In 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (JCACTE), IEEE.
- Nienaber, R. C., 2008. *A model for enhancing software project management using software agent technology*. In University of South Africa. Paper presented for the degree of Doctor of the Department of Computer Science.
- Partovi, F. Y. and Burton, J., 1993. *Timing of Monitoring and Control of CPM Projects*. In: IEEE, Vol. 40, nº 1.
- Project Management Institute (PMI), 2008. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*. 14 Campus Boulevard Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299, USA, 4º Edition.
- Project Management Institute (PMI), 2005. *Practice Standart for Earned Value Management*. 1º Edition. USA: Project Management Institute, Inc..

- Ren, Y., Xing, T., Chai, X., Quan, Q., Chen, X., 2010. *Study of Using Critical Path Method to Formulate the Algorithm of Software Project Schedule Planning*. In 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. IEEE.
- Russel, S., Norvig, P., 2004. *Artificial Intelligent: A modern approach*. Nova Jersey, USA, 2^o Edition.
- Souza, L. L. C., Cortés, M. I., Campos, G. A. L., 2013. *Auxiliando nas Decisões Gerenciais de Projetos de Software com Agentes Inteligentes*. In XII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS). Salvador, Brasil.
- Souza, L. L. C., 2013. *Suporte ao Processo de Monitoramento e Controle de Projetos de Software – Uma Abordagem Inteligente com Base na Teoria do Valor Agregado*. Paper presented for the degree of Master of the Center for Science and Technology, State University of Ceará, Brazil.
- Swebok, Guide to, 2004. In <http://www.swebok.org>.
- Wangenheim, C. G., 2013. *Planejamento e Gestão de Projetos, PMP*. In <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/br/>.
- Wu, C., Chang, W., Sethi, I., 2009. *A Metric-Based Multi-Agent System for Software Project Management*. In Eighth IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science.