



Prática Recomendada nº 57R-09 da AACCE® International

ANÁLISE INTEGRADA DE CUSTOS E RISCOS UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO DE UM MODELO COM CPM
Estrutura de TCM: 7.6 – Gestão de Riscos

Revisada em 18 de junho de 2011

Observação: Como as Práticas Recomendadas da AACCE International evoluem ao longo do tempo, recomendamos a consulta ao site www.aacei.org para obter as versões mais recentes.

Aviso: Essa é uma versão traduzida da Recommended Practice da AACCE International e pode, portanto, conter variações de interpretação. Para correto entendimento do conteúdo aqui descrito, é imperativa a leitura da Recommended Practice no idioma original.

Colaboradores:

Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.

Dr. David T. Hulett (Autor)
Christopher P. Caddell, PE CCE
Tommy Clarke
Dr. Ovidiu Cretu, PE
Kevin M. Curran
Michael W. Curran
Patrick B. Egger

Ricardo Garcia da Roza
John M. Hale
Dennis R. Hanks, PE CCE
John K. Hollmann, PE CCE CEP
Donald F. McDonald Jr., PE
CCE PSP
Oscar A. Mignone
Stephen P. Warhoe, PE CCE CFCC

Robert F. Wells, CEP
Dr. Trefor P. Williams
Ronald M. Winter, PSP
David C. Wolfson
Rashad Z. Zein, PSP

18 de junho de 2011

Prática Recomendada nº 57R-09 da AACE® International



ANÁLISE INTEGRADA DE CUSTOS E RISCOS UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO DE UM MODELO COM CPM

Estrutura de TCM: 7.6 – Gestão de Riscos

18 de junho de 2011

ESCOPO

Esta prática recomendada (PR) da AACE International define a análise integrada de risco de cronograma e de risco de custos para estimar o nível adequado de reserva de contingência de custo e de cronograma em projetos. A principal contribuição desta PR é incluir o impacto do risco de cronograma sobre o risco de custo e, logo, sobre a necessidade por reservas de contingência. Entre os benefícios complementares, está a priorização dos riscos associados aos custos, sendo que alguns são riscos ao cronograma, de forma que a mitigação de riscos possa ser realizada de forma eficaz em termos de custos; diagramas de dispersão com pares de informações sobre tempo e custo para o desenvolvimento de metas conjuntas de tempo e de custo; além de fluxo de caixa probabilístico, que mostra o fluxo de caixa em níveis diferentes de certeza.

Os métodos apresentados nesta PR baseiam-se na integração da estimativa de custos com o cronograma do projeto por meio do carregamento de recursos e custeio das atividades do cronograma. A probabilidade e o impacto de riscos/incertezas são especificados e os riscos/incertezas são associados às atividades e custos afetados por eles. Usando as técnicas de Monte Carlo, é possível simular tempo e custos, permitindo o cálculo dos impactos do risco de cronograma sobre o risco de custo.

Esses métodos podem ser usados tanto pela contratada quanto pela contratante. A contratada normalmente dispõe de um cronograma mais detalhado e maior entendimento sobre as dotações de recursos usados para colocar os custos no cronograma. A contratante pode usar um cronograma mais resumido e uma ideia resumida dos recursos, mas mesmo assim será capaz de colocar os custos no cronograma em nível de resumo. Na verdade, há muito mais riscos para a contratante que não afetam a contratada. E ainda, a contratada não conhecerá alguns dos riscos da contratante, como a insuficiência de fundos, por exemplo. No caso de contratantes de joint ventures (empreendimentos conjuntos), normalmente a empresa resultante é um “casamento de conveniência” de diferentes organizações com riscos oriundos de diferentes objetivos e métodos.

Esta PR está em consonância com a *Estrutura de Gestão Total de Custos (TCM)*, em sua *Seção 7.6 – Gestão de Riscos*. Em especial, o item *7.6.2.2 Identificação e Avaliação de Fatores de Risco* destaca que os fatores (ou motivadores) de risco fundamentais são eventos e condições que podem influenciar ou motivar incertezas (ou seja, podem ser oportunidades ou ameaças) em ativos ou no desempenho do projeto. Esta PR usa a mesma abordagem, começando com a seção *Simulação do Uso de Riscos como Motivadores* e ilustrando o método no estudo de caso.

FINALIDADE

Esta PR visa proporcionar diretrizes (não uma norma) para a análise de risco integrada de custo e de cronograma, que é considerada boa de forma geral.

18 de junho de 2011

Ela é baseada no reconhecimento que alguns recursos, tais como mão de obra, equipamentos alugados (por exemplo, sondas de perfuração e guindastes) e o apoio de nível de esforço (equipe de gestão de projeto ou pessoal de qualidade/segurança) responderão a riscos ao cronograma porque eles custam mais se estiverem envolvidos no projeto por mais tempo do que o planejado devido a atrasos no cronograma. Esse método foi aplicado a riscos de custo e cronograma em muitos setores, além de projetos comerciais e governamentais, portanto é genérico. Ao aplicar a análise de risco integrada de custo e cronograma, pode-se concluir que alguns dos riscos de custos mais importantes são, na verdade, vistos pelos participantes do projeto essencialmente como riscos ao cronograma que se estendem indiretamente ao uso de recursos. A aplicação dos métodos descritos nesta prática recomendada ressaltará a identidade e o mecanismo pelo qual os riscos ao cronograma podem causar riscos de custo.

Esta prática recomendada descreve uma melhoria na análise de risco de custo em relação aos métodos tradicionais que abordam risco de custo sem uma referência explícita ou, de fato, qualquer referência ao cronograma do projeto e seu risco. Nessa análise, a interação entre o risco de cronograma e risco de custo é modelado de forma evidente para desenvolver diversos resultados: (1) a reserva de contingência do cronograma, (2) a reserva de contingência de custo, (3) a distribuição de probabilidade conjunta do custo e cronograma do projeto, (4) os riscos prioritários que levam à necessidade por tais reservas no momento do orçamento, e (5) priorização do risco do projeto, que pode levar a ações eficientes para mitigar riscos de tempo e de custo.

A plataforma para essa análise é um cronograma de projeto carregado com custos. É possível utilizar um cronograma resumido, que é completo e integrado com terminológica de ponta-a-ponta ou um cronograma de projeto detalhado. O orçamento (estimativas feitas sem exageros para lidar com possíveis riscos) é atribuído às atividades usando recursos que podem ser resumidos em natureza (por exemplo, construção, engenharia detalhada ou contratação) ou detalhados. Uma análise do efeito causado pela incerteza do cronograma sobre o impacto da inflação dos custos pode ou não ser exigida.

A simulação de Monte Carlo é a abordagem mais habitualmente utilizada para analisar o impacto de riscos múltiplos sobre o cronograma geral do projeto ou risco de custo. A simulação de um cronograma de projeto carregado com recursos produz implicações de risco de cronograma e de risco de custo na mesma simulação. O principal benefício desta PR é estimar o risco de custo, já que a análise de risco de cronograma em tal cenário não é diferente da análise de risco de cronograma realizada sem o envolvimento de recursos ou de custos.

A análise de risco descrita a seguir é correta apenas para o plano existente, representado pelo cronograma. As reservas de contingência do projeto, relativas a tempo e custo, que são os principais resultados dessa análise, aplicam-se caso aquele plano seja obedecido. Obviamente, gerentes de projetos podem replanejar e reprogramar diante de novos fatos, em parte por meio da mitigação de riscos. Essa análise identifica os riscos que têm maior prioridade sobre o custo e sobre o cronograma, o que ajuda o gerente de projetos a planejar a posterior mitigação de riscos. Alguns gerentes de projetos rejeitam os resultados, argumentando que não podem se atrasar tanto ou exceder tanto assim o prazo. Tais gerentes de projeto podem estar desperdiçando uma oportunidade de mitigar riscos e obter um resultado mais favorável.

CONTEXTO

Normalmente, o risco de cronograma tem sido ignorado em avaliações de risco de custo. Mais recentemente, análises de risco de custo incluíram tentativas de representar a incerteza em relação ao tempo, mas geralmente tais análises ocorreram fora da estrutura do cronograma do projeto.

As ferramentas para incluir uma análise completa a respeito do impacto da incerteza de cronograma sobre a incerteza no custo só estão disponíveis há pouco tempo. Antes, as ferramentas de Monte Carlo calculavam o custo da mão de

18 de junho de 2011

obra proporcionalmente à duração das atividades. Esse cálculo não era uma avaliação completa do risco de custo porque ignorava outros riscos do tipo custo que não fossem relacionados ao cronograma, tais como riscos que afetam o fluxo de caixa negativo diário de recursos do tipo mão de obra e também a incerteza em termos de equipamentos ou custos de materiais.

Novas ferramentas foram desenvolvidas, permitindo que os recursos que não sejam atrelados à mão de obra variem em custos e também permitem a modelagem de taxas diárias incertas (fluxo de caixa negativo) para recursos do tipo mão de obra. Isso não quer dizer que as novas ferramentas de simulação por meio de software são perfeitas, e sim que elas estão em um estágio de desenvolvimento que justifica que sejam apresentadas em uma prática recomendada.

PRÁTICA RECOMENDADA

A análise de risco de cronograma e custo tem diversas entradas, utiliza ferramentas especializadas de simulação de Monte Carlo e gera diversos resultados valiosos. Um fator essencial para o sucesso é que a organização esteja ciente a respeito de riscos, queira saber a verdade sobre os riscos ao projeto e interprete a análise de riscos como uma importante contribuição ao êxito do projeto.

Resumo das Entradas

As entradas da análise incluem:

- Um cronograma de projeto de elevada qualidade, podendo ser um cronograma detalhado ou um cronograma resumido que represente todo o trabalho, seja completamente associado de forma lógica, não dependa de restrições ou atrasos/antecipações, seja carregado com recursos, as durações sejam estimativas imparciais e seja atualizado; quer dizer, basicamente, um cronograma que obedeça à prática recomendada sobre elaboração de cronogramas usando o modelo CPM.
- Uma estimativa de custo sem contingência, o que significa que os itens de linha não contam com exágeros embutidos para contemplar riscos e que não existe uma contingência incluída abaixo da linha de lucro operacional.
- Dados sobre riscos de boa qualidade – normalmente, riscos identificados durante a análise qualitativa de risco do projeto, que gera uma lista de riscos priorizados, com dados de parâmetros sobre probabilidades e impactos coletados de forma a representar integralmente os riscos e que não sejam tendenciosos. Outros dados sobre riscos podem incluir eventos de riscos probabilísticos que alterem o cronograma do projeto adicionando atividades de recuperação que não são necessárias se o risco não ocorrer. Sem a presença de dados sobre riscos de boa qualidade que sejam específicos do projeto que está sendo modelado, pouquíssimas informações úteis resultarão desse exercício e as conclusões extraídas podem ser incorretas e enganosas.

Resumo das Ferramentas

A principal ferramenta de análise é uma simulação de Monte Carlo do cronograma carregado com custos. A simulação de Monte Carlo é uma prática padrão em aplicações quantitativas de cronograma e de risco de custos. A maioria dos pacotes de software que simulam cronogramas de projetos pode ser usada para integrar risco de custos e de prazo nas mesmas simulações, embora alguns pacotes sejam mais eficazes do que outros.

Outras aplicações de software poderão ser desenvolvidas no futuro nessa área de análise integrada de risco. Enfatizamos que esta prática recomendada foi escrita à medida que as técnicas desenvolvem-se rapidamente.

Resumo das Saídas

As saídas da análise integrada de risco custo-cronograma são:

- Qual a possibilidade das metas de custo e cronograma do plano de projeto serem cumpridas, levando em conta os riscos que podem afetar tal plano?
- Quanta contingência de tempo e de custo deve ser fornecida para atender ao limite de risco ou à meta de certeza da gestão do projeto ou dos outros grupos de interesse?
- Quais riscos são os mais importantes para a obtenção do cronograma do projeto e estimativa de custos?
- A priorização do risco ao cronograma e ao custo do projeto é um resultado importante. Esta é uma lista de resultados de riscos priorizados derivados da análise quantitativa e, portanto, mais exata do que a lista de registro dos riscos utilizada como uma entrada para a análise.
- Ações de mitigação de risco podem ser adotadas com base na lista priorizada de riscos. Tais ações podem ser analisadas utilizando o mesmo modelo de risco que gerou as reservas de contingência do plano referentes a tempo e custos.
- Um resultado único e útil é a descoberta de resultados conjuntos referentes a riscos de tempo-custo, geralmente demonstrados na forma de um diagrama de dispersão com pontos de tempo e custo calculados durante a simulação, mostrando a possibilidade de encontrar objetivos de tempo e custo conjuntamente, o chamado nível de confiança conjunto (JCL, de acordo com a sigla em inglês).
- A realização conjunta da análise de risco de tempo e de custo também leva a um fluxo de caixa probabilístico com o passar do tempo, que é afetado por custos e cronogramas incertos.

ENTRADAS

As entradas para uma análise de risco integrada de custo e cronograma devem incluir a estimativa de custos na qual os valores monetários sejam estimados sem restrições, um cronograma usando o Método do Caminho Crítico (CPM, na sigla em inglês) com durações realistas e relacionamento lógico de cronograma completo, que possa produzir as datas e caminhos críticos corretos quando as durações mudarem, além dos dados de riscos.

A Estimativa de Custos

A estimativa de custos é uma entrada básica para a análise de riscos. Como a análise de risco calcula a probabilidade de obtenção da estimativa de custos e da reserva de contingência de custos, o custo deve ser estabelecido sem contingência embutida ou acrescida a ele. Uma boa regra é fazer com que a estimativa de custos para cada elemento do projeto seja a estimativa imparcial “mais provável”. Isso incluiria uma provisão para cobrir ineficiências e níveis de produtividade inferiores a 100% mas não incluiria provisão para eventos de risco ou incertezas, já que um objetivo da análise de risco é estimar o custo adicional necessário para riscos e incertezas. Observe que a estimativa “mais provável” é a moda de uma distribuição de probabilidade de durações possíveis. Esse valor é diferente do percentil 50 (“P-50”), que é a mediana, e da duração média.

A estimativa de custos deve estar em consonância com o cronograma em termos dos recursos presumidos, sua produtividade e outros fatores. Uma maneira para que isso ocorra é consultar a base da estimativa, que contém todas as premissas, incluindo as premissas do cronograma feitas durante as preparações da estimativa de custos.

18 de junho de 2011

A estimativa de custos normalmente é montada usando estimativas de engenharia, referências a projetos análogos, aplicação de opinião especializada e informações fornecidas por fornecedores e subcontratadas, além de pesquisas de mercado.

Alguns estimadores não gostam de retirar os valores de contingência da estimativa, mas a simulação de Monte Carlo irá re-estimar a reserva de contingência que for apropriada para: (1) os riscos ao plano de custo específico do projeto e (2) o nível desejado de certeza da administração do projeto e das outras partes interessadas.

Nesta prática recomendada, usaremos um projeto simples como exemplo. Trata-se de um projeto de construção civil estimado em custar US\$624 milhões durante um período de 28 meses. A estimativa de custos está exposta a seguir na Tabela 1:

Projeto de Construção	
Atividade	Estimativa de Custo (em US\$ milhões)
Processo de Aprovação	US\$ 2,1
Ambiental	US\$ 5,4
Desenho	US\$ 46,0
Contratação	US\$ 210,8
Instalação de Equipamentos	US\$ 7,7
Construção	US\$ 335,8
Integração e Testes	US\$ 16,5
Custo Estimado Total	US\$ 624,2

Tabela 1 –Exemplo de Custo de Projeto por Atividade

O Cronograma com CPM

A plataforma para a análise integrada de risco de custo-cronograma é um cronograma com CPM carregado com custos. Isso representa uma mudança para muitos estimadores de custos e analistas de riscos de custos que normalmente trabalham a partir de uma planilha que contém a estimativa de custos e seus documentos de apoio. Estimadores de custos geralmente não estão familiarizados com agendamento de projetos, portanto esse será um novo desafio, e talvez tenham que trabalhar em estreita cooperação com o profissional que criou esse cronograma. No entanto, para incorporar o risco de cronograma ao risco de custo, o cronograma deve ser levado em consideração de forma direta e transparente.

Para uma análise integrada de risco de custo-cronograma (e para a análise de risco de cronograma), pode ser usado um cronograma resumido e integrado que inclui a representação de todo o trabalho, tem as atividades

18 de junho de 2011

adequadamente vinculadas ao relacionamento lógico e inclui detalhes suficientes para destacar os principais pontos de controle do projeto. A experiência mostra que cronogramas com 300 a 1000 atividades podem ser utilizados em análises de risco, mesmo em projetos com porte de US\$10 bilhões, embora alguns profissionais prefiram incluir mais ou menos atividades dependendo do tipo e complexidade do projeto. É preciso haver atividades suficientes para que reflitam fielmente a estrutura do cronograma do projeto, incluindo níveis de folga total e também atividades suficientes para a atribuição de riscos. Existe a tentação de incluir detalhes demasiados na análise (cronogramas detalhados de milhares de atividades) ou de simplificar o cronograma para algumas poucas atividades (de 20 a 30). Tais extremos devem ser evitados. A abordagem correta é um meio-termo que forneça detalhes suficientes para ajudar a identificar e quantificar os riscos e seus impactos e um nível de simplificação que proteja contra premissas muito amplas – muitas das quais serão extremamente incorretas.

Um cronograma detalhado pode ser utilizado, mas há diversas limitações:

- Um cronograma detalhado com muitas atividades e relacionamentos lógicos normalmente é muito difícil de ser identificado e corrigido para ficar em conformidade com melhores práticas
- A aplicação de recursos a atividades é mais difícil para um cronograma detalhado do que para um cronograma resumido, mesmo se recursos resumidos sejam usados.
- A simulação de cronograma detalhado com riscos anexos é frequentemente demorada.

A primeira tarefa na análise de risco de custo e cronograma é depurar o cronograma. As necessidades do cronograma devem obedecer às práticas recomendadas relativas à construção de cronograma com CPM porque é preciso calcular corretamente as datas dos pontos de controle e os caminhos críticos, tanto no cronograma estático com o método do caminho crítico (CPM) quanto durante a simulação de Monte Carlo.

Os princípios para a elaboração de cronograma que são especialmente importantes para o êxito de uma simulação de Monte Carlo e, de fato, para um cronograma utilizando o método do caminho crítico, incluem¹:

- Todo o trabalho necessário para concluir o projeto deverá estar representado no cronograma. Isso é necessário porque não sabemos o que o caminho crítico ou o caminho crítico de risco serão *a priori*, e devido à integração de riscos de custo e cronograma, precisamos estar aptos a atribuir todo o custo do projeto às atividades adequadas.
- Não deve haver finais em aberto, chamados de pontos pendentes. Isso quer dizer que todas as atividades, exceto a primeira, precisam de uma predecessora para conduzir sua data de início e todas as atividades, exceto a entrega final, precisam de um relacionamento a partir de sua data de término para uma sucessora, conforme demonstrado na Figura 1 a seguir.

O cronograma não deve depender de restrições para forçar atividades a começar ou terminar até determinadas datas. Ele deve usar a lógica para esse objetivo e não reduzir ou restringir artificialmente a Folga Total. Restrições referentes a datas podem modificar as redes de CPM até que elas acabem funcionando meramente como um calendário.

- Atrasos e antecipações são apropriados somente sob determinadas circunstâncias e, de forma geral, devem ser evitados na elaboração de cronogramas.
- O cronograma deve receber um status e os dados de risco utilizados devem ser relevantes ao cronograma com o status atualizado. Obviamente, a análise de risco deve ser revista caso um evento realmente grave ocorra e altere o projeto fundamentalmente.

18 de junho de 2011

- As durações das atividades precisam ser estimativas imparciais da duração “mais provável” em projetos como esse realizados pelas organizações envolvidas. Isso significa que ineficiências normais e premissas realistas sobre produtividade laboral devem ser a base das durações. As premissas que fundamentam as estimativas de durações devem ser condizentes com aquelas feitas para as estimativas de custos, e um bom lugar para verificar tal coisa é a base de estimativa (BOE, conforme a sigla em inglês). As estimativas de custo e de cronograma deverão ser retiradas da contingência porque o resultado da simulação de risco irá “adicionar contingência em cima de contingência”, criando um valor irreal e inflado da contingência exigida.
- O cronograma deverá ter recursos carregados e custeados para a análise integrada de riscos de custo e cronograma. Isso será abordado na próxima seção.

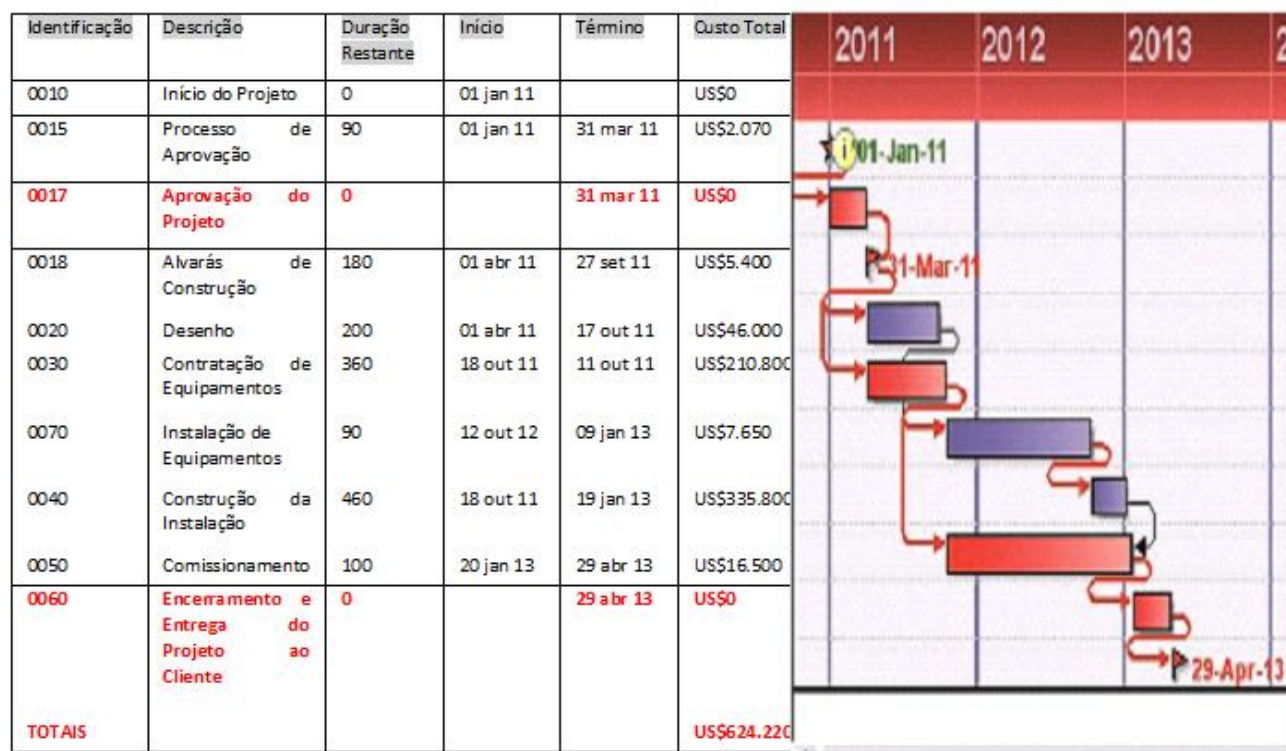
¹ Esses pontos são condizentes com o que diz o Guia de Estimativa e Avaliação de custos do Escritório Geral de Contabilidade dos EUA ([GAO Cost Estimating and Assessment Guide](#)), US Government Accountability Office, março de 2009 (GAO-09-3SP), páginas 218-224

- Na elaboração de cronogramas, é uma boa prática revisar os valores de folga total para assegurar que sejam razoáveis. Grandes valores de folga podem indicar uma relação lógica incompleta e, talvez, a necessidade de introduzir e associar atividades adicionais logicamente.

Deve ser observado que os requisitos de cronograma para a análise de risco de cronograma e para cronogramas com CPM de alta qualidade são os mesmos. Uma maneira de olhar para a análise de risco de cronograma é que ela é “o resto da história” a ser contada após um cronograma de alta qualidade ter sido criado. Quando os riscos são levados em conta, os resultados indicam quando o projeto deve acabar.

Nesta prática recomendada, um cronograma simples de um projeto de construção de 28 meses é mostrado na Figura 1 a seguir:

18 de junho de 2011



Recursos Carregados no Cronograma com CPM

O carregamento de recursos em um cronograma com CPM para a realização de uma análise integrada de risco de custo e cronograma pode ser feito utilizando recursos resumidos; não é necessário ter uma lista detalhada de recursos, apesar de eles poderem estar disponíveis. Entre os recursos resumidos, podem figurar:

- Engenharia Detalhada
- Mão de obra direta na construção
- Itens contratados
- Equipe de gestão do projeto
- Matérias primas
- Instalações
- Comissionamento de equipamentos

²Esta figura e diversas outras abaixo são fotos retiradas do Primavera Risk Analysis, antigo Pertmaster Risk Expert, agora propriedade da Oracle.

Esses recursos resumidos não são suficientemente detalhados para realizar o nivelamento de recursos. O objetivo é fazer com que o orçamento encaixe no cronograma do projeto. São necessárias categorias simples de recursos, às quais podem ser atribuídas valores orçados e que podem ser alocados nas atividades nas quais trabalham. Os recursos usados no projeto simples de construção são mostrados na Tabela 2 a seguir:

Identificação	Descrição	Tipo	Carregamento Padrão
COMM	Comissionamento	Mão de Obra	Normal
CONS	Construção	Mão de Obra	Normal
ENG	Engenheiros	Mão de Obra	Normal
ENV	Ambiental	Mão de Obra	Normal
MGT	Administração	Mão de Obra	Normal
PMT	Equipe de Gestão de Projeto	Mão de Obra	Normal
PROC	Contratação	Materiais	Propagado

Tabela 2 – Recursos para Exemplo de Projeto de Construção

Além disso, os recursos devem ser marcados como “tipo mão de obra” ou recursos dependentes do tempo ou do “tipo material” ou ainda os recursos que independem do tempo:

- Os recursos do “tipo mão de obra” são aqueles que custarão mais se trabalharem por mais tempo. Entre eles estão mão de obra contratada, mão de obra de engenharia, a equipe de gestão do projeto (um recurso de nível de esforço) e equipamentos que são faturados por dia, tais como guindastes, equipamentos de terraplanagem, sondas de perfuração, barcas para instalações e similares.
- Entre os recursos do “tipo material” estão aqueles que têm custos incertos, mas que não custam necessariamente mais se suas atividades durarem mais tempo. Os principais exemplos desses recursos são equipamentos de fabricação industrial e matérias primas a granel. Seus custos podem ser incertos, mas não devido ao tempo.

A finalidade do carregar o cronograma com recursos para fazer a análise integrada de riscos é alocar todo o orçamento sem contingência às atividades do cronograma. Essa abordagem fornecerá dois atributos necessários para a integração de risco de custo e de cronograma:

- O orçamento é representado em sua totalidade, então qualquer mudança na duração de atividades apoiadas por recursos dependentes de tempo irá capturar o efeito de custo de incerteza do cronograma.
- A alocação de recursos em atividades individuais irá alocar os custos corretamente no tempo, permitindo o cálculo do fluxo de caixa probabilístico. Quanto mais os recursos e custos puderem ser alocados corretamente em atividades individuais, mais exato será o fluxo de caixa probabilístico.

Um método alternativo para aplicar recursos ao cronograma é o desenvolvimento de sumarizadores que abrangem as atividades que obtêm os recursos.

- Um sumarizador é uma boa abordagem a ser adotada na aplicação de recursos de nível de esforço (LOE, em inglês), como a equipe de gestão de projeto, por exemplo.
- No entanto, o estabelecimento de um sumarizador para construção, por exemplo, não é uma forma ideal de lidar com recursos do tipo mão de obra. Sabemos que a mão de obra de construção começa em níveis baixos,

18 de junho de 2011

mas tem picos de trabalho, às vezes com milhares de trabalhadores sendo pagos diariamente, e acaba quando a obra é concluída. A alocação de mão de obra de construção em diversas ou mesmo em muitas atividades de construção criará o faseamento da mão de obra total de construção.

Os recursos são aplicados às atividades do cronograma. Essa prática, às vezes, faz com que a estimativa de custos e o cronograma evoluam independentemente um do outro e as estimativas de custos não ficam de acordo com as durações das atividades. Caso a estimativa e o cronograma sejam desenvolvidos inicialmente de forma independente um do outro, é importante que sejam reconciliados antes da realização da avaliação de riscos. Quando custos são aplicados ao cronograma, índices diários de recursos são sugeridos. O problema com uma estimativa de custos e um cronograma não reconciliados é que os custos na estimativa de custos e as durações no cronograma, que presumidamente estão de acordo quando a linha de base é estipulada, rapidamente tornam-se inconsistentes conforme as durações agendadas mudam com as novas informações. Essa inconsistência é revelada por meio dos índices diários imprecisos ou inacreditáveis em termos de despesas de recursos, quando os recursos são aplicados ao cronograma e essas inconsistências devem ser resolvidas para que a análise integrada de risco de custo e cronograma seja precisa.

Os custos resultantes da alocação de recursos no exemplo de cronograma de projeto são mostrados na Tabela 3.

Estimativa de Custos por Recurso e Atividade (em US\$ milhares)								
Atividade	PMT	MGT	ENV	ENG	PROC	CONS	COMM	Total
Aprovação	720	1.350						2.070
Ambiental	900		4.500					5.400
Desenho	6.000			40.000				46.000
Contratação	10.800				200.000			210.800
Instalação de Equipamentos	2.250					5.400		7.650
Construção	13.800					322.000		335.800
Comissionamento	1.500						15.000	16.500
Total	35.970	1.350	4.500	40.000	200.000	327.400	15.000	624.220

Tabela 3 – Custos para Exemplo de Projeto de Construção Mostrando os Recursos

Entradas de Dados de Riscos

Princípios básicos exigem que o risco do custo e do cronograma do projeto seja claro e diretamente motivado por riscos identificados e quantificados. Nessa abordagem, os riscos extraídos do registro dos riscos conduzem a simulação. Em abordagens mais tradicionais, as atividades e custos recebem uma estimativa de três pontos que resulta do funcionamento de diversos riscos potenciais. A influência de cada risco não pode ser diferenciada individualmente. E ainda, alguns riscos afetarão diversas atividades e é difícil identificar toda a influência de um risco utilizando as tradicionais estimativas de três pontos sobre o impacto em atividades específicas. De modo geral, os riscos escolhidos para a análise são aqueles avaliados como “altos” e talvez alguns riscos “moderados” do

registro dos riscos. Normalmente, riscos são riscos estratégicos e não detalhados nem técnicos. Talvez existam de 20 a 40 riscos, mesmo na análise de projetos muito grandes e complexos.

Depois que os riscos são identificados a partir do registro dos riscos, determinados dados sobre os riscos são coletados:

- Os riscos são quantificados de acordo com sua probabilidade de ocorrência. Em qualquer iteração durante a simulação de Monte Carlo, um risco ocorrerá ou não dependendo de sua probabilidade. Por exemplo, um risco com uma probabilidade de 40% de ocorrência irá acontecer em um percentual de 40% de iterações escolhidas aleatoriamente.
- O risco também exerce um impacto sobre o projeto se ele não ocorrer – o impacto é especificado como uma faixa de impactos possíveis. Caso o risco ocorra de fato, as durações e custos das atividades no cronograma aos quais o risco foi atribuído serão multiplicadas pelo fator do impacto multiplicativo escolhido da faixa de impacto para tal iteração.
- Os riscos são então atribuídos às atividades e recursos que eles afetam.

De forma geral, os riscos ao cronograma e custos do projeto são classificados em dois tipos distintos:

- Eventos de risco – São os eventos que podem ou não acontecer, mas se acontecerem exercerão um impacto positivo ou negativo sobre o custo ou sobre o cronograma ou sobre ambos.
- Incertezas – Incluem ambiguidades tais como erros de estimativas e incertezas como o nível de produtividade de mão de obra ou o preço do aço. Tais incertezas têm 100% de probabilidade de acontecer, mas seu impacto sobre o custo ou sobre o cronograma do projeto são incertos. Elas podem ser representadas pelas tradicionais estimativas de três pontos sobre a duração ou recursos porque tendem a ser amplamente aplicadas.

A coleta de dados sobre riscos depende de processos de identificação de riscos e priorização de riscos. O registro dos riscos é desenvolvido em um processo:

- A identificação de riscos e a coleta de dados de risco são realizadas em workshops e/ou entrevistas sobre riscos. Mecanismos como a Estrutura Analítica dos Riscos podem ser usados para ajudar os participantes a pensar sobre os riscos que possam estar fora de suas áreas designadas específicas, mas que eles conheçam.
- Durante a coleta de dados de risco, é importante estar alerta para as possíveis tendenciosidades de participantes do workshop ou da entrevista. Algumas pessoas querem influenciar os resultados, ao passo que outras genuinamente não compreendem os conceitos ou têm alguma tendência cognitiva que deve ser superada. Para enfrentar esses problemas, uma ferramenta é a inclusão de algumas pessoas que não estejam diretamente envolvidas no projeto, de forma que elas possam ser imparciais em relação aos resultados. Outra ferramenta é a promessa de confidencialidade aos participantes, para que eles possam falar de maneira honesta e franca sem temer que a administração fique descontente com eles. A confidencialidade é possível durante as entrevistas sobre riscos, mas não nos workshops.
- Qualquer viés nas estimativas de custos e cronograma pode ser descoberto durante o processo de workshop e entrevista. Com frequência, o grau de erro de estimativa será acrescido com uma incerteza (100% de probabilidade até a conclusão do projeto) e as faixas de erro de estimativa podem ser assimétricas, tais como +20% e -10% da estimativa. De fato, quanto à duração as estimativas podem ser determinadas para ter um

18 de junho de 2011

valor otimista (curto) com valores mais prováveis e pessimistas (longos) indo para cima a partir daí baseados no otimismo ou no desejo do cliente/contratante de conseguir uma data de término mais cedo.

- Avaliação de riscos, às vezes chamada de análise de riscos qualitativos – é o processo de priorização dos riscos identificados para o projeto em questão. O resultado da priorização dos riscos é o agrupamento dos riscos identificados em risco alto, risco moderado e risco baixo - separadamente para tempo, custo, escopo e qualidade. Os resultados formam o início do registro dos riscos.
- No registro dos riscos, riscos classificados como “altos” e “moderados” em termos de tempo e custo formam a base da coleta de dados de riscos quantitativos para a análise de riscos de custos e de cronograma.
- Os dados de riscos coletados são (1) a probabilidade de que o risco ocorrerá nesse projeto, (2) o impacto sobre durações e custos, definido em termos de percentagem caso o risco ocorra e (3) as atividades e os custos que serão afetados pelo risco se ele ocorrer.

Outros Dados de Riscos Exigidos

Há muito tempo que o grau de correlação entre as durações de atividades é tido como importante para o entendimento e para a realização correta de análises de riscos de custos de projeto. A correlação surge se um risco afeta duas (ou mais) atividades que tenham recursos dependentes de tempo ou se um risco afetar o custo de dois recursos independentes de tempo. Caso um risco ocorra durante uma iteração, todas as atividades afetadas levariam mais tempo e custariam mais – elas se tornam correlacionadas em termos de tempo e custo. O grau no qual suas durações são mais longas ou curtas juntas é chamado de correlação. Se as durações das atividades não são correlacionadas, elas são chamadas de “independentes”. A correlação faz com que durações e custos de atividades longas reforcem umas às outras durante a execução do projeto, levando a cronogramas potencialmente muito longos. A correlação pode fazer com que durações curtas ocorram juntas. Com estimativas de custos, isso pode gerar custos abaixo do estimado. No caso de cronogramas, no entanto, o efeito da estrutura lógica e de caminhos paralelos reduz a possibilidade de cronogramas excedidos. É difícil e problemático estimar coeficientes de correlação utilizando opinião especializada. A utilização de riscos para conduzir a simulação, conforme discutido nesta prática recomendada resolve o problema da correlação. A simulação copia a maneira como a correlação ocorre atribuindo riscos às atividades para conduzir a análise de riscos, de forma que não tenhamos que estimar os coeficientes de correlação. Geralmente, os riscos de projeto são declarados em um nível estratégico e são independentes uns dos outros, embora o software de simulação permita que diferentes riscos ocorram juntos caso considere-se que sua existência seja correlacionada.

A ramificação probabilística ou risco de ocorrência exige outro tipo de dados de risco, a probabilidade que uma atividade e seu custo existirão nesse projeto. Alguns riscos podem fazer com que atividades ocorram apenas se o risco ocorrer. Por exemplo, eventos como falha de um teste ou de atividade de comissionamento, se ocorrerem, podem exigir novas atividades, tais como a descoberta da causa-raiz da falha, determinação do plano de recuperação, execução do plano de recuperação e repetição do teste. A maioria dos cronogramas não inclui essas atividades de recuperação de risco que podem nem ao menos ocorrer. Tais atividades demandarão tempo e aumentarão os custos do projeto. Elas podem ser inseridas no cronograma como ramificações probabilísticas ou atividades de ocorrência com as implicações em termos de tempo e custo caso aconteçam. Os dados necessários

tratam-se da probabilidade de que elas ocorram. Esse valor é frequentemente subestimado, já que as pessoas não gostam de pensar em falhas nos testes ou comissionamento dos projetos.

Simulação Utilizando Riscos como Motivadores

No exemplo simples utilizado na presente PR, os impactos causados pelos riscos são especificados como faixas de fatores multiplicativos que são aplicados à duração ou ao custo das atividades às quais o risco é atribuído.

O risco age sobre o custo e sobre o cronograma como a seguir:

- Um risco tem uma probabilidade de ocorrer sobre o projeto. Se tal probabilidade é 100%, então o risco ocorre em toda a iteração. Se a probabilidade é menor do que 100%, o risco ocorrerá naquela percentagem de iterações e cada iteração escolhida aleatoriamente pelo programa de computador tem a mesma probabilidade de que o risco irá ocorrer.
- Os impactos dos riscos são especificados por uma estimativa de três pontos. Na aplicação utilizada aqui, os impactos são multiplicativos, então um risco de cronograma irá multiplicar a duração da atividade ao qual ele foi atribuído. A estimativa de três pontos, por exemplo, baixa de 90%, mais provável de 105% e alta de 120% é convertida em uma distribuição triangular. Para qualquer iteração, o software seleciona aleatoriamente um fator multiplicativo de impacto para a distribuição. Para essa iteração, o fator multiplicativo selecionado multiplica a duração de todas as atividades às quais o risco é atribuído.
- O fator de risco de custo é aplicado de forma distinta caso o recurso seja do tipo mão de obra ou do tipo equipamentos.
- Para um recurso do tipo mão de obra, o fator de risco de custo muda o índice de fluxo de caixa negativo diário, representando mais ou menos recursos aplicados por dia. Evidentemente o custo total desses recursos também é afetado pela incerteza na duração, mas eles podem custar mais ou menos mesmo se suas durações acontecerem conforme agendadas.
- Para recursos do tipo equipamentos, o fator de risco de custo muda o custo total já que o custo desses recursos pode ser incerto, mas não é afetado pelo tempo.

Ferramentas de Simulação

A simulação de Monte Carlo é o método mais frequentemente utilizado para a realização de análises quantitativas de riscos. É extremamente difícil ou até mesmo impossível estender matematicamente as propriedades de um cronograma complexo com CPM em uma única equação que possa ser utilizada para prever os resultados de diversos eventos de risco em um cronograma. Essa é a razão pela qual a análise de Monte Carlo tem sido usada para estimar os resultados. A simulação de Monte Carlo calcula os possíveis valores de custo e cronograma de projeto que podem resultar a partir de riscos individuais e os traduz em resultados de risco de custo e prazo em nível de projeto. Ela permite ao usuário:

- Determinar a possibilidade de terminar dentro do prazo e do orçamento,
- Calcular a reserva de contingência de tempo e custo para fornecer um nível aceitável de certeza para as partes interessadas e

- Identificar os principais riscos ao custo e ao cronograma para a próxima fase: a mitigação de riscos.

Não se sabe quais riscos irão ocorrer em qualquer projeto específico. Como não sabemos se um risco ocorrerá em um determinado projeto ou qual impacto tal risco causará, não podemos dizer quando um projeto irá terminar e quanto ele irá custar. Podemos apenas supor, de maneira probabilística, quando o projeto pode terminar e quanto ele pode custar. Além disso, a análise de risco inclui o impacto de incerteza, como erros na estimativa de durações de atividade ou custos de elementos do projeto; erros esses que têm 100% de chance de acontecerem, mas que podem resultar em uma faixa de possíveis valores.

Suponha que a simulação contenha 3.000 iterações – execuções separadas utilizando dados de riscos escolhidos aleatoriamente – e crie 3.000 pseudo-projetos. Todos os 3.000 projetos podem ser nossos, já que a simulação é baseada em uma combinação diferente de riscos aplicada ao cronograma e ao custo do nosso projeto. Essas diferentes combinações de dados de entrada geralmente calculam diferentes datas de conclusão e custos de projeto. Qualquer um desses resultados referentes a dados e custos poderia ser o projeto que está sendo analisado, mas não podemos dizer qual. A simulação de Monte Carlo fornece distribuições de probabilidade de custo e cronograma a partir das quais podemos fazer afirmações probabilísticas sobre nosso projeto.

Fundamentalmente, uma simulação de Monte Carlo usa a “força bruta” para determinar o impacto de risco sobre o custo e cronograma totais já que ela executa (simula) o projeto múltiplas (milhares de) vezes com diferentes valores de entrada para os riscos em cada execução (iteração), coleta os dados e demonstra histogramas dos possíveis resultados.

Os resultados da simulação de Monte Carlo pressupõem que o plano atual está sendo obedecido, mas pode enfrentar várias ocorrências de riscos. Na verdade, gerentes de projetos irão alterar seu plano de projeto caso riscos aconteçam. A construção de cronogramas com CPM e a análise de riscos nunca irão representar as diversas mudanças que os gerentes de projeto implementam como resultado dos riscos, embora possamos modelar algumas dessas mudanças utilizando ramificação probabilística e ramificação condicional.

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE INTEGRADA DE RISCO DE CUSTO E CRONOGRAMA DO PROJETO TOTAL

A seguir está uma amostra de um estudo de caso apenas para fins ilustrativos. Todos os valores e premissas usados no exemplo baseiam-se em circunstâncias hipotéticas e podem não se aplicar à sua situação.

Suponha que exista um projeto com as atividades demonstradas na Figura 1 mostrada anteriormente e recursos/custos como demonstrados na Tabela 1 e atribuídos às atividades como mostrado na Tabela 3, também mostrada anteriormente. Imagine ainda que já identificamos os riscos por meio de um workshop ou de entrevistas e obtivemos a probabilidade e impactos sobre o tempo e custo como demonstrado na Tabela 4 a seguir. (Esses são riscos gerais encontrados em muitos projetos. Cada projeto terá riscos específicos que podem ser identificados e quantificados usando métodos pertinentes de coleta de dados):

Identificação do Risco	Descrição do Risco (S=schedule=cronograma C=cost=custo)	Probabilidade	Faixas de Duração de Impacto			Faixas de Custo de Impacto		
			Mín	M B	Máx	Mín	M B	Máx
1	S/C - Complexidade do Desenho pode desafiar os Engenheiros	40%	90%	110%	135%	100%	105%	110%

18 de junho de 2011

2	S - Condições do Local/Acesso ao Local pode Retardar a Logística	50%	100%	110%	125%			
3	S/C- Fornecedores dos Equipamentos podem estar ocupados	60%	100%	105%	120%	100%	110%	120%
4	S - Uma Gestão Competente pode não ter sido designada	40%	90%	105%	115%			
5	S - Agência Ambiental pode ser morosa	50%	95%	110%	135%			
6	S - Estimativas sobre Duração da Atividade são Imprecisas	100%	90%	105%	115%			
7	C - A Estimativa de Custos é imprecisa	100%				95%	105%	115%
8	S/C - Pessoal-Chave de Engenharia pode estar Indisponível	65%	95%	105%	120%	90%	100%	110%

Tabela 4 – Exemplos de Riscos e seus Parâmetros para o Estudo de Caso

Após os riscos terem sido relacionados e seus parâmetros quantificados, eles devem ser atribuídos às atividades e seus recursos. Para esse estudo de caso, os riscos são atribuídos de acordo com a Tabela 5:

Riscos	Atividades						
	Processo de Aprovação	Ambiental	Desenho	Contratação	Instalação de Equipamentos	Construção	Comissionamento
S/C - Complexidade do Desenho pode desafiar os Engenheiros	X		X				
S - Condições do Local/Acesso ao Local pode Retardar a Logística						X	X

18 de junho de 2011

S/C- Fornecedores dos Equipamentos podem estar ocupados				X			X
S - Uma Gestão Competente pode não ter sido designada	X					X	X
S - Agência Ambiental pode ser morosa		X					
S - Estimativas sobre Duração da Atividade são Imprecisas	X		X	X	X	X	X
C - A Estimativa de Custos é imprecisa	X		X	X	X	X	X
S/C - Pessoal-Chave de Engenharia pode estar Indisponível	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 5 – Atribuição de Riscos a Atividades

O histograma do cronograma para o estudo de caso está abaixo na Figura 2. Ele mostra que a data determinística de 29 de abril de 2013 é aproximadamente 4% provável de ser obtida obedecendo ao plano atual e sem ações posteriores para mitigação de riscos. Em seguida, presumiremos que os grupos de interesse no projeto concordaram que seu nível de confiança aceitável está no percentil 80. Nesse ponto, existe 80% de possibilidade de que o plano de projeto atual com todos seus riscos irá terminar naquela data ou mais cedo e com aquele custo ou menos. Obviamente, as partes interessadas podem querer não ser explícitas sobre seu percentil desejado, mas uma organização precisa especificar sua tolerância ao risco ou limite de risco para cada projeto (ou em relação a todos os projetos como uma política corporativa).

No P-80, o projeto termina em 26 de novembro de 2013 ou mais cedo e precisa de uma reserva de contingência de tempo de 7 meses. Esses resultados estão demonstrados na Figura 2 e na Tabela 6.

18 de junho de 2011

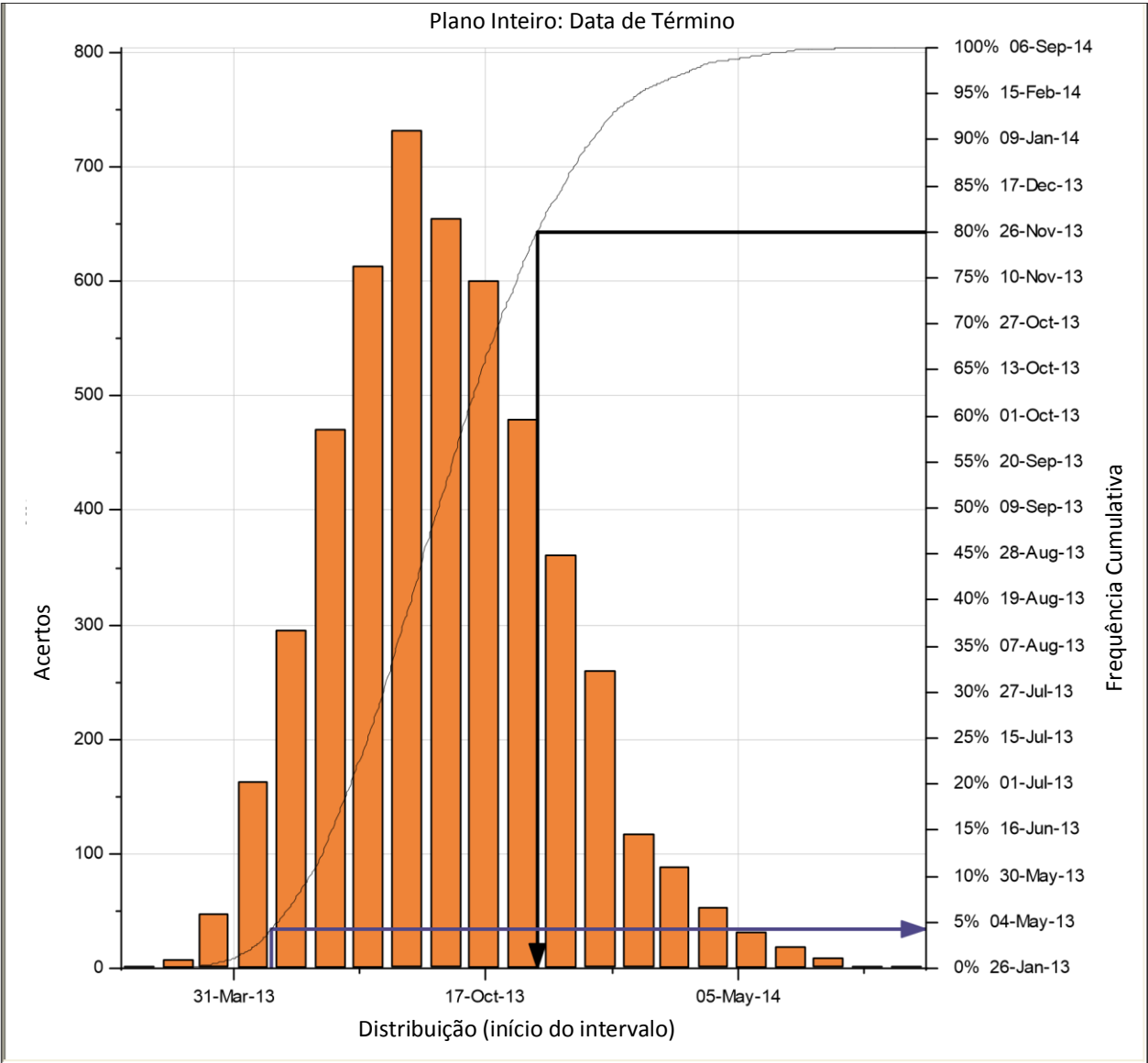


Figura 2 – Histograma com Distribuição Cumulativa (Curva S) para a Data de Conclusão do Projeto

18 de junho de 2011

Resumo dos Resultados da Análise de Risco de Cronograma para o Exemplo de Projeto de Construção						
Cenário		Resultados Probabilísticos do Cronograma				
Determinístico	29-Abr-13	P-5	P-50	P-80	P-95	Propagado
Probabilidade Determinística	4%	4-Mai-13	9-Set-13	26-Nov-13	15-Fev-14	P-95 a P-5
Todos os Riscos de Custo e Cronograma		Meses				
Diferença do Determinístico		0,2	4,4	6,9	9,6	9,4

Tabela 6 - Resumo dos Resultados da Análise de Risco de Cronograma para o Exemplo de Projeto de Construção

Os resultados de risco de custo, incluindo o impacto sobre o custo do risco de cronograma, indicam a necessidade por uma reserva de contingência de custo de aproximadamente US\$169 milhões, ou 27% no percentil 80 (P-80). Naquele nível, existe 80% de probabilidade de que o projeto custará US\$793 milhões ou menos, levando em conta os riscos e obedecendo ao plano atual. Tais resultados são mostrados a seguir na Figura 3 e na Tabela 7:

18 de junho de 2011

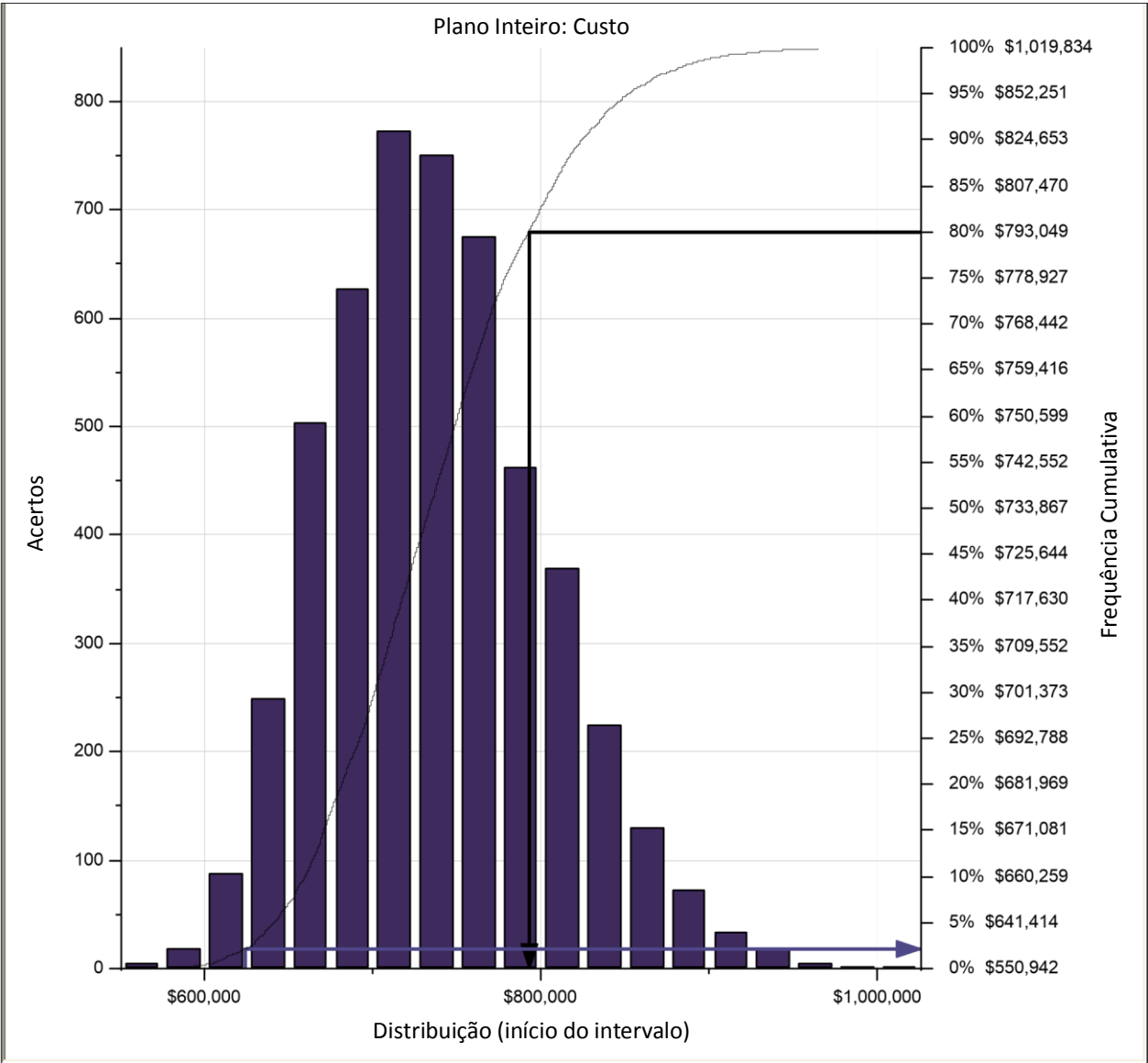


Figura 3 – Histograma com Distribuição Cumulativa (Curva S) para Custo do Projeto

18 de junho de 2011

Resumo dos Resultados da Análise de Risco de Cronograma para o Exemplo de Projeto de Construção (em US\$ milhões)						
Cenário		Resultados Probabilísticos de Custo				Propagado
Determinístico	624	P-5	P-50	P-80	P-95	P95 a P5
Probabilidade Determinística	2%	641	734	793	852	
Diferença do Custo Determinístico em US\$		17	110	169	228	211
Diferença do Custo Determinístico em %		3%	18%	27%	37%	

Tabela 7 – Resumo dos Resultados da Análise de Risco de Cronograma para o Exemplo de Projeto de ConstruçãoResultados Avançados de Riscos de Custo

Podemos descobrir se riscos do tipo custo ou do tipo cronograma são mais importantes para a determinação da contingência de custo para, digamos, o ponto do percentil 80 (P-80). A fonte da contingência de custo pode ser descoberta eliminando todos os riscos de cronograma para calcular o impacto marginal dos riscos de custos, e então repetindo o processo pela eliminação dos riscos de custos e calculando o impacto dos riscos de cronograma sobre a contingência. Os resultados são demonstrados a seguir na Tabela 8.

Decomposição da Contingência de Custo no P-80		
	P-80	Impacto Marginal
	(US\$ milhões)	
Estimativa de Custos sem Contingência	624	
Todos os Riscos	793	
Somente Riscos de Custos	702	78
Somente Riscos de Cronograma	727	103
Total de Todos os Riscos de Contingência	169	
Observação: Os valores não são somados no P-80, somente nas médias		

Tabela 8 – Efeitos de Custo, Cronograma e Interação

A Tabela 8 mostra que, caso apenas riscos de custo fossem presentes (o cronograma é estático) a contingência de custo no P-80 poderia ser de US\$78 milhões. Por outro lado, caso apenas riscos de cronograma fossem incluídos (sem risco de custo sobre o fluxo de caixa negativo ou sobre contração/materiais) a contingência necessária no P-80 seria de US\$103. Esses resultados dependem das premissas do estudo de caso, mas em muitos exemplos de risco integrado de custo e cronograma realizados em projetos, a maioria dos riscos aos custos surge de incertezas no cronograma, como acontece no exemplo exposto nesta prática recomendada.

18 de junho de 2011

Correlação entre Custo e Cronograma

O diagrama de dispersão que analisa a relação entre tempo e custo demonstrado na Figura 4 a seguir é difuso porque existem alguns riscos de custos independentes de tempo que afetam o fluxo de caixa negativo de recursos do tipo mão de obra e também o custo total de itens contratados. Os pontos de mira mostrados no gráfico cruzam-se no ponto determinístico de tempo em 29 de abril de 2013 e de custo em US\$624,2 milhões. O grupo esparsos de pontos no quadrante inferior esquerdo indica que existe apenas 1% de chance de que esse projeto satisfaça metas de custo e cronograma sem reserva de contingência. E caso o plano atual seja obedecido até o fim, com os riscos conhecidos e quantificados que escolhemos, também existe 95% de chance que o projeto exceda os objetivos de custo e tempo.

Existe claramente uma inclinação positiva por todo o gráfico que assumiu um formato elíptico ou de nuvem, mostrando o forte impacto exercido sobre o custo de riscos de cronograma. A correlação entre tempo e custo é de 77% nesse estudo de caso, o que é um valor um pouco mais elevado do que o normal nesse tipo de análise.

Os pontos de mira podem ser reposicionados para indicar outras probabilidades conjuntas específicas.³

³ A NASA está usando um JCL de 70%. Isto é, um ponto onde há uma chance de 70% de encontrarmos, ambos, custo e cronograma. Claro que existem vários pares custo-tempo que satisfazem este requerimento.

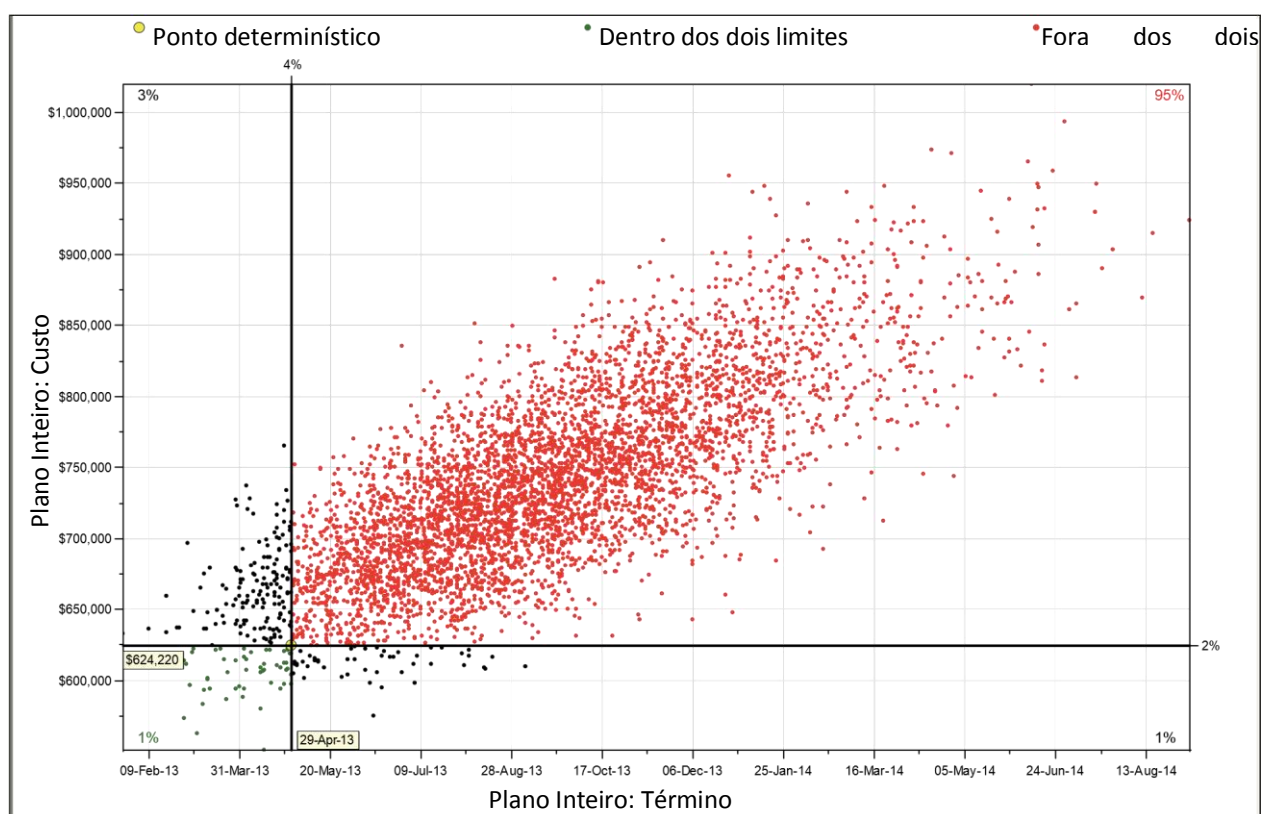


Figura 4 – Resultados de Custo e Tempo da Simulação com Pontos de Mira Indicando o Plano de Projeto Determinístico sem Contingência

18 de junho de 2011

O fluxo de caixa probabilístico pode ser calculado porque os riscos de custo e cronograma são representados no cronograma. O fluxo de caixa probabilístico ajuda as organizações que querem saber a probabilidade com a qual podem trabalhar dentro de orçamentos anuais. A Figura 5 compara o fluxo de caixa do P-80 ao fluxo de caixa determinístico (sem contingência) demonstrado no plano de cronograma sem riscos. A nuvem (ou formato elíptico) é a mesma que na Figura 4 demonstrada anteriormente, mas é alocada em uma escala de tempo e em uma escala de custo com origens no início do projeto.

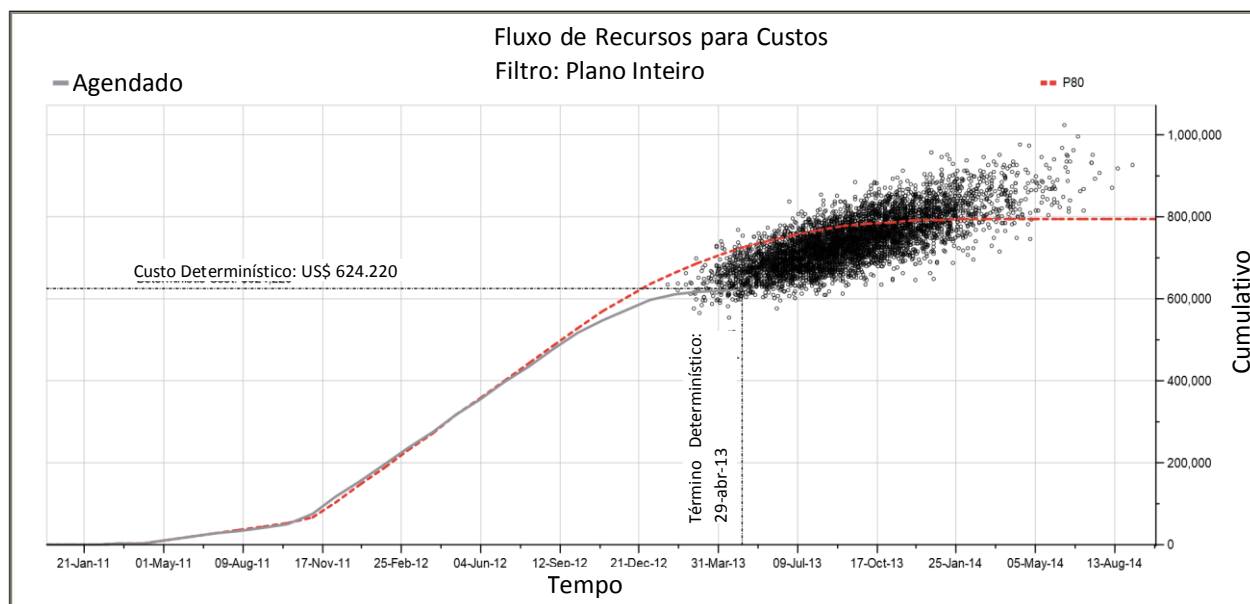


Figura 5 – Fluxo de Caixa Probabilístico mostrando o Fluxo de Caixa do P-80 por Mês Comparado ao Fluxo de Caixa Determinístico do Plano
(Linha superior) Fluxo de Recursos para Custos

Ramos Probabilísticos ou Riscos de Fracasso de Projeto

Alguns riscos irão adicionar atividades ao cronograma do projeto se eles ocorrerem e, portanto, acrescentarão tempo e custo. Muitas vezes, um plano de projeto presume que o projeto vai bem e que não há grandes problemas. Também é comum que algo dê errado, levando a uma mudança obrigatória nos planos enquanto o projeto tenta se recuperar do evento interrompido. Um exemplo desse problema pode ser a falha do projeto no comissionamento ou nos testes finais. Qualquer teste pode fracassar – na verdade, é por essa razão que os testes são exigidos – e se o produto não passa no teste determinadas atividades deverão ser acrescidas ao cronograma do projeto. Tais atividades podem ser:

- Determinar a causa-raiz da falha.
- Decidir o que fazer (por exemplo, enviar o equipamento para o fabricante, consertar no local ou adotar uma abordagem diferente – todas são ações possíveis).
- Implementar a ação. Consertar ou substituir a peça defeituosa.
- Testar novamente e esperar a aprovação dessa vez.

18 de junho de 2011

Algumas dessas etapas podem ter durações curtas como, por exemplo, tirar uma peça de reposição da prateleira e testá-la. Outras podem levar meses caso uma peça precise ser fabricada novamente. Todas essas atividades terão implicações de custo. Caso o teste aconteça no fim do projeto, antes do encerramento e transferência para o cliente, ele acontecerá no caminho crítico e, portanto, atrasará o projeto.

Uma característica comum dessas atividades, porém, é que elas quase nunca são encontradas no cronograma inicial do projeto. No entanto, a possibilidade de falha no teste ou de outro evento interrompido incerto deve ser modelada na análise de risco utilizando riscos de ocorrência ou ramificação probabilística.

Suponha que a atividade de comissionamento possa revelar um problema que leve tempo para ser consertado. Mudanças simples podem ser feitas no cronograma de projeto para contemplar essa ocorrência com potencial de levar o projeto ao fracasso. Não podemos usar os motivadores de risco atribuídos às atividades existentes já que tais atividades não estão no cronograma. Novas atividades são criadas, mas no cronograma atual eles recebem uma duração de zero (0) dias já que a falha de comissionamento é possível, mas não certa. Uma implementação da ramificação probabilística é demonstrada na figura 6.

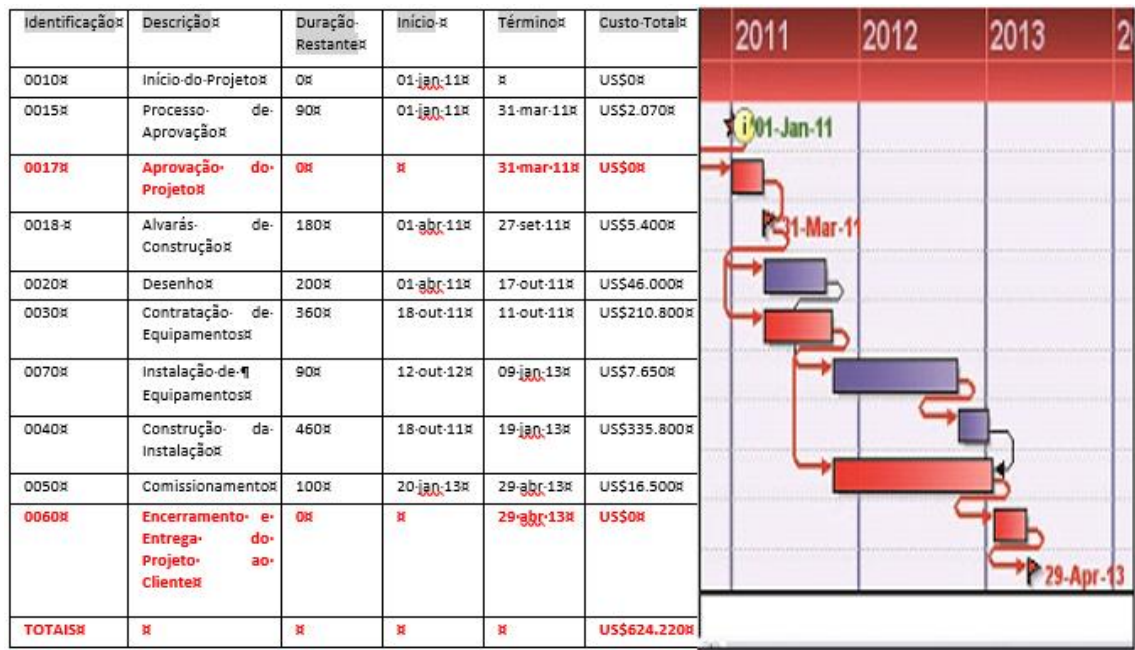


Figura 6 – Atividades Acrescentadas para cobrir um Risco que o Comissionamento pode não ser concluído com êxito

(tradução igual à Figura 1 em anexo – colunas à direita: Duração Mínima – Mais Provável – Duração Máxima)

Na Figura 6, existe uma probabilidade de 40% de que o comissionamento não será concluído com êxito. As durações de três novas atividades - diagnosticar o problema, consertar o problema e recomissionamento – são estabelecidas em zero, de forma que se o projeto passar pelo comissionamento, essas atividades extras não acrescentam nada ao custo ou ao cronograma. Entretanto, se isso não acontecer, essas atividades existem e receberam tradicionais estimativas de três pontos para a duração – já que sua duração inicial é de zero dia, não podemos aplicar motivadores de risco a elas.

18 de junho de 2011

Os resultados de cronograma para o acréscimo de um ramo probabilístico estão demonstrados na Figura 7. Observe que o cronograma é levemente bimodal, com 60% de resultados no lado esquerdo da distribuição e 40% no direito. Existe uma pequena proeminência na distribuição cumulativa aos 40%, o que obedece à indicação que o comissionamento irá falhar em 40% do tempo.

18 de junho de 2011

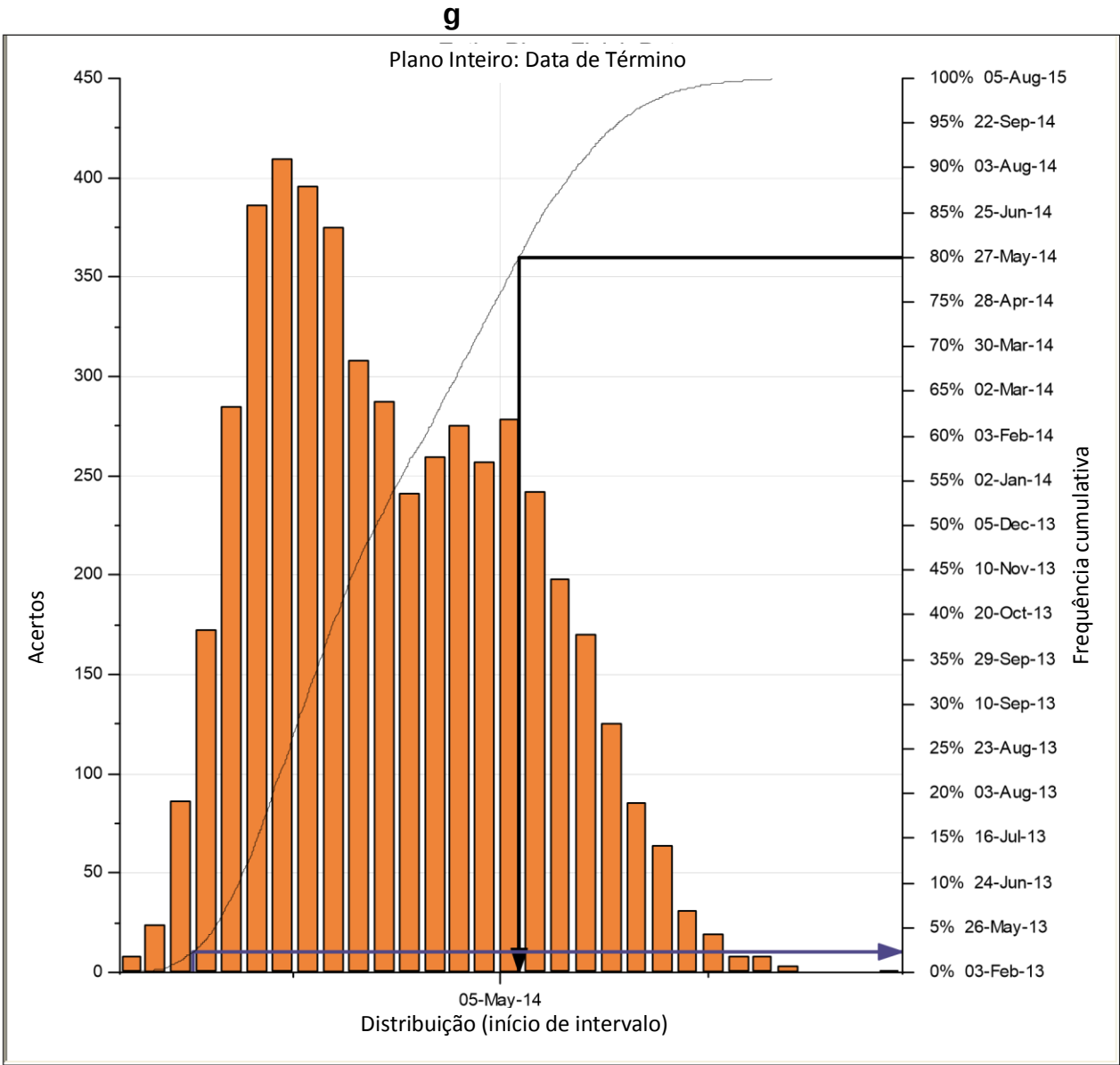


Figura 7: Impacto de Cronograma do Ramo Probabilístico sobre Comissionamento vs. Sem Ramo

O custo do projeto vai até o P-80 já que os recursos estão alocados no ramo probabilístico. O impacto sobre custo e cronograma de um problema 40% provável durante o Comissionamento, com os parâmetros mostrados aqui estão expostos a seguir na Tabela 6.

18 de junho de 2011

Efeito de uma Possível Falha de Comissionamento sobre o Risco de Custo e Cronograma			
	Sem Risco de Comissionamento	Risco de Comissionamento em 40%	Diferença
Cronograma			Dias
Data do P-80	26-Nov-13	27-Mai-14	182
Probabilidade em 29 de abril de 2013	4%	2%	-2%
Custo	US\$ milhões		
Custo no P-80	US\$ 793,0	US\$ 829,5	36,5
Probabilidade de US\$624.220	2%	1%	-1%

Tabela 6 – Impacto de Cronograma e Custo de um Provável Risco de Comissionamento de 40%Riscos Priorizados ao Cronograma e Custo

Se os resultados de risco para o cronograma e para o custo não forem “aceitáveis” para o cliente, o analista pode priorizar os riscos para o gerente de projeto, que irá mitigar os riscos de mais alta prioridade.

- Para risco de cronograma, precisamos identificar o risco mais importante retirando inteiramente cada um dos riscos (faça essa probabilidade = 0%) e reexecutar a simulação para determinar a data do P-80. Retirar cada um dos riscos em um momento permitirá que identifiquemos o risco que exerce o maior impacto marginal sobre a data do P-80. Então, exploramos os riscos restantes para ver qual deles é o próximo risco mais importante e assim por diante. A remoção de um risco importante pode expor outros riscos que se tornam importantes, mas que não eram se o primeiro risco ainda existisse. Esse é um fenômeno da estrutura lógica do cronograma.
- Para riscos de custos, isso é feito, retirando cada risco do projeto, um por vez, calculando o impacto ao custo no P-80 em comparação aos resultados gerais e encontrando o risco que tenha o maior impacto sobre o custo no P-80. É lógico identificar os riscos de cronograma que tenham implicações de risco de custo conforme descritas anteriormente, mas a lista de riscos em ordem de prioridade pode ser diferente para tempo e para custo.

A Tabela 7 a seguir mostra quais riscos (incluindo o ramo probabilístico de comissionamento) são os mais importantes para o cronograma e a Tabela 8 mostra os riscos em ordem de prioridade em termos de custo.

18 de junho de 2011

Prioridade de Riscos de Cronograma			
Identificação do Risco	Riscos	Data no P-80	Contribuição para a Contingência no P-80
	TODOS OS RISCOS INCLUÍDOS	27-Mai-14	(Dias)
Riscos Removidos			
9	S/C - Pode ter Problemas durante o Comissionamento	13-Nov-13	195
8	S/C - Pessoal-Chave de Engenharia pode estar Indisponível	4-Out-13	40
6	S - Estimativas sobre Duração da Atividade são Imprecisas	18-Ago-13	47
2	S - Condições do Local/Acesso ao Local pode Retardar a Logística	6-Jul-13	43
1	S/C - Complexidade do Desenho pode desafiar os Engenheiros	19-Jun-13	17
3	S/C- Fornecedores dos Equipamentos podem estar ocupados	30-Mai-13	20
4	S - Uma Gestão Competente pode não ter sido designada	6-Mai-13	24
5	S - Agência Ambiental pode ser morosa	29-Abr-13	7

Tabela 7 – Riscos de Maior Prioridade para o Cronograma do Projeto no Nível P-80 de Confiança

Prioridade de Riscos de Custo			
Identificação do Risco	Riscos	Custo no P-80	Contribuição para a Contingência no P-80
	TODOS OS RISCOS INCLUÍDOS	829,5	
Riscos Removidos			
7	C - A Estimativa de Custos é imprecisa	788,3	41,2
9	S/C - Pode ter Problemas durante o Comissionamento	750,4	37,9
8	S/C - Pessoal-Chave de Engenharia pode estar Indisponível	719,1	31,3
2	S - Condições do Local/Acesso ao Local pode Retardar a Logística	687,7	31,4
6	S - Estimativas sobre Duração da Atividade são Imprecisas	664,6	23,1
3	S/C- Fornecedores dos Equipamentos podem estar ocupados	641,7	22,9

18 de junho de 2011

4	S - Uma Gestão Competente pode não ter sido designada	632,6	9,1
1	S/C - Complexidade do Desenho pode desafiar os Engenheiros	625	7,6
5	S - Agência Ambiental pode ser morosa	624,2	0,8

Tabela 8 – Riscos de Maior Prioridade para o Custo do Projeto no Nível P-80 de Confiança

Nesse exemplo, a contingência total, incluindo a possibilidade de problemas durante o comissionamento é de US\$205,3 milhões.

Mitigação de Riscos utilizando Riscos Priorizados

Casos os resultados do exemplo da análise de risco que indicam poucas chances de satisfazer os custos atuais orçados não sejam “aceitáveis”, a primeira coisa a reconhecer é a inexatidão da estimativa, que é vista como moderada em multiplicadores de impacto de risco de 95%, 105% e 115%. Contudo, esse risco tem 100% de possibilidade de ocorrer e é atribuído a cada uma das atividades do projeto, já que erros de estimativa são inevitáveis até a conclusão financeira do projeto. O próximo item que merece atenção é a probabilidade de problemas durante o comissionamento, que também é o risco mais alto de cronograma. O impacto sobre o custo é relacionado ao impacto sobre o cronograma de uma possível falha de comissionamento. O próximo item de maior importância seria a falta de disponibilidade de pessoal-chave de engenharia. A inexatidão do cronograma ocupa a quinta posição da lista.

Na verdade, no exemplo simples criado para este documento, apenas o risco principal ao custo do projeto é um risco puro de custo. Os outros riscos importantes são, em sua maioria, riscos de cronograma (alguns com componentes de risco de custo. Consulte a Tabela 4) que aumentam o custo se suas atividades durarem mais tempo do que o previsto no cronograma. Esses riscos de cronograma podem não ser percebidos ou subestimados se a análise de risco de custo não lidar explicitamente com a relação de risco de tempo e custo, como é demonstrado nesta prática recomendada. A conclusão deste estudo de caso que riscos de cronograma são importantes para motivar o risco de custo também é uma conclusão normalmente obtida em grandes projetos. Ela reforça os benefícios da integração de custo e cronograma.

RESUMO

A integração de risco de custo e cronograma em uma única análise baseada no cronograma do projeto carregada com recursos custeados da estimativa de custos fornece: (1) estimativas de custo mais precisas do que se o risco de cronograma fosse ignorado ou incorporado apenas parcialmente e (2) ilustra a importância do risco de cronograma ao risco de custo quando as durações das atividades que usam recursos do tipo mão de obra (dependentes de tempo) são arriscadas. Muitas atividades como engenharia detalhada, construção ou desenvolvimento de software são realizadas essencialmente por pessoas que precisam ser pagas mesmo se seu trabalho levar mais tempo do que programado. Recursos de nível de esforço, como a equipe de gestão de projeto, são exemplos extremos de recursos que dependem de tempo, porque caso a duração do projeto ultrapasse sua duração planejada, o custo desses recursos irá aumentar em relação ao valor orçado.

A análise integrada de risco de custo e cronograma baseia-se em:

- Um cronograma de elevada qualidade com CPM, dispondo de uma relação lógica suficientemente rigorosa para fornecer automaticamente as datas e caminhos críticos corretos durante a simulação, sem intervenção manual.
- Uma estimativa de custos de projeto sem contingência, carregada nas atividades do cronograma.
- Resolução de inconsistências entre a estimativa de custo e cronograma que muitas vezes aparecem nesses documentos como produtos da execução de projetos.
- Dados de risco de boa qualidade que normalmente são coletados em entrevistas com a equipe do projeto, administração e outras partes que tenham conhecimento sobre os riscos envolvidos no projeto. Os riscos extraídos do registro dos riscos são utilizados como a base dos dados de risco no método de motivação de risco. Tal método é baseado no princípio fundamental que riscos identificáveis motivam riscos gerais de custo e cronograma.
- Um software de simulação de Monte Carlo que possa simular risco de cronograma, risco de fluxo de caixa negativo e risco de recursos independentes de tempo.

Os resultados incluem os histogramas padrão e distribuições cumulativas e possíveis resultados de custo e tempo para o projeto. Entretanto, ao simular simultaneamente custo e tempo, podemos juntar os pares de resultados de custo e tempo e mostrar o gráfico de dispersão (diagrama em formato elíptico) que indica a probabilidade conjunta de terminar dentro do prazo e do orçamento. Ainda, podemos derivar o fluxo de caixa probabilístico para fazer comparações com o orçamento faseado do projeto.

Os riscos à conclusão do cronograma e ao custo podem ser priorizados ao nível de confiança do percentil 80 (P-80), por exemplo, para ajudar a concentrar os esforços de mitigação de risco. Se as estimativas de custo e cronograma, incluindo reservas de contingência não são aceitáveis para as partes interessadas do projeto, a equipe do projeto deve realizar workshops e estudos sobre mitigação de risco para decidir quais ações devem ser adotadas e reexecutar a simulação de Monte Carlo para determinar o possível aprimoramento dos objetivos do projeto.

E finalmente, é recomendado que as reservas de contingência referentes a custo e tempo, calculadas no nível que represente um grau aceitável de certeza e incerteza para as partes interessadas no projeto, sejam acrescentadas à atividade carregada com recursos do cronograma do projeto para fins de planejamento estratégico.

REFERÊNCIAS

1. AACE International, Recommended Practice 10S-90, *Cost Engineering Terminology*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
2. Hollmann, John K., PE CCE, Editor, *Total Cost Management Framework: An Integrated Approach to Portfolio, Program and Project Management*, AACE International, Morgantown, WV, 2006.
3. Diversas normas de gerenciamento de projetos descrevem esse processo. Consultar: Guide to the Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), Project Management Institute, 4th edition, 2009, Chapter 11; Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM Guide), Association for Project Management (UK), 2004, Second Edition.
4. Consultar: Tversky, A. and D. Kahneman (1974). "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases." *Science* 185: 1124-31.

18 de junho de 2011

COLABORADORES

Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.

Dr. David T. Hulett (Autor)
Christopher P. Caddell, PE CCE
Tommy Clarke
Dr. Ovidiu Cretu, PE
Kevin M. Curran
Michael W. Curran
Patrick B. Egger
Ricardo Garcia da Roza
John M. Hale
Dennis R. Hanks, PE CCE
John K. Hollmann, PE CCE CEP
Donald F. McDonald Jr., PE CCE PSP
Oscar A. Mignone
Stephen P. Warhoe, PE CCE CFCC
Robert F. Wells, CEP
Dr. Trefor P. Williams
Ronald M. Winter, PSP
David C. Wolfson
Rashad Z. Zein, PSP