Análise da Capacidade dos Processos de um Mercado Regional de Desenvolvimento de Software

Vinícius C. de Almeida[1], Gisele S. Cardoso[1], Fabiana A. Alves[2], Bruno S. Pimentel[1], Clarindo I. P. Pádua[1], Wilson P. Pádua Filho[1]

[1]Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Caixa Postal 253 CEP 31.270-901 – Belo Horizonte – MG – Brasil

[2]Departamento de Estatística – Universidade Federal de Minas Gerais
Caixa Postal 253 CEP 31.270-901 – Belo Horizonte – MG – Brasil

{makish,gisele,fabiana,brunosp,clarindo,wilson}@dcc.ufmg.br

Abstract. *In the context of the PrATIco Project (Process for Acquisition of IT Products and Services), this paper presents a methodology used to determine the process capability of software organizations, using the CMMI model. This paper also shows the observed results obtained from the application of the methodology in the evaluation of software development organizations in Minas Gerais (a Brazilian state). These results point a low mean performance on supporting CMMI level 2 specific practices.*

Resumo. *No escopo do projeto de desenvolvimento do PrATIco (Processo para Aquisição de Produtos e Serviços de TI), o artigo apresenta uma metodologia para a determinação da capacidade de processos de empresas fornecedoras de software, utilizando o modelo CMMI. Este artigo também mostra a situação das empresas mineiras. Os resultados observados da aplicação dessa metodologia em Minas Gerais apontaram um baixo desempenho médio no atendimento às práticas específicas do nível 2 do CMMI.*

1. Introdução

O presente trabalho é um dos resultados do desenvolvimento do *PrATIco* (Processo para Aquisição de Produtos e Serviços de TI: Aplicação em Minas Gerais), um processo para contratação de projetos de software para órgãos públicos do Estado de Minas Gerais. O processo objetiva prover suporte adequado aos gestores da Administração Pública durante toda a aquisição de um produto ou serviço de software. Para isso, suas atividades incluem: a preparação e o planejamento para a aquisição, a elaboração do conteúdo do edital de licitação, a seleção de fornecedores, o acompanhamento do projeto, a transição, manutenção e a evolução do produto. O processo também sugere à Administração Pública os perfis profissionais necessários para a execução das principais atividades do processo. Além de ser completamente aderente à Lei 8.666 [Presidência da República 1993], o PrATIco está fundamentado nas principais referências sobre aquisição de software, como o padrão internacional IEEE 1062 [IEEE 1998] e o Guia de Aquisições de Produtos e Serviços de

Software do MPS.BR [SOFTEX 2005], adequando-as e, principalmente, detalhando-as para a realidade das organizações públicas e empresas de desenvolvimento de software.

Sabe-se que a Administração Pública é hoje um dos maiores adquirentes de produtos e serviços de software [ComputerWorld 2003] e que tem tido dificuldades para estabelecer critérios justos e eficazes de seleção de fornecedores. Uma possível abordagem para este problema seria a utilização de modelos de maturidade de software difundidos mundialmente como CMMI [CMMI 2002]. No entanto, indicadores atuais [MCT 2005] mostram que existem poucas empresas brasileiras avaliadas oficialmente nos modelos CMM ou CMMI, o que é ainda mais verdade em Minas Gerais. Além disso, segundo a Lei 8.666, fornecedores não podem ser privilegiados ou prejudicados por critérios de seleção que poucos tenham condições de cumprir. Sendo assim, em licitações de produtos ou serviços de software não seria permitido incluir uma avaliação oficial CMMI. Esse cenário motivou uma avaliação, no mercado mineiro de tecnologia da informação, do grau de aplicação das melhores práticas recomendadas pelos modelos oficiais. Com isso, para cada procedimento licitatório, poderiam ser avaliadas evidências de aplicação das principais melhores práticas em projetos anteriores dos fornecedores, atestando sua capacidade técnica, sem impor barreiras tecnológicas suscetíveis de contestação judicial.

O projeto de desenvolvimento do PrATIco inclui, dentre outras atividades, os seguintes levantamentos:

- **Identificação da capacidade dos processos de empresas desenvolvedoras de software estabelecidas em Minas Gerais com base no nível 2 do CMMI:** os resultados incluem uma análise com base nas principais práticas específicas do modelo, descrita neste artigo. A pesquisa completa está disponível na forma de um relatório técnico [Cardoso e outros 2006 RT5]. Espera-se que o diagnóstico da capacidade dos processos de desenvolvimento de software das empresas possibilite a identificação de carências e oportunidades, fomentando ações para promoção do crescimento da indústria de software local.
- **Identificação da maturidade das organizações públicas do Estado de Minas Gerais em relação à aquisição de software:** os resultados incluem um conjunto de problemas comumente observados e também uma lista das boas práticas executadas pela Administração Pública mineira, na aquisição de produtos e serviços de software [Cardoso e outros 2006 RT4].

O projeto está sendo executado com o apoio da SEPLAG-MG (Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais) e do Laboratório Synergia de Engenharia de Software e Sistemas, do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais.

2. Fundamentação Teórica

O diagnóstico da capacidade dos processos de desenvolvimento de software dos fornecedores mineiros foi realizado por meio de um questionário baseado em duas referências: CMMI e ISO/IEC 15504 [ISO 1998]. A primeira foi usada como base para o conteúdo; a segunda, para o formato de avaliação que possibilitou a análise.

2.1. CMMI

O CMMI foi desenvolvido para ser consistente e compatível com a ISO/IEC 15504 [ISO 1998]. Existem duas representações: contínua e por estágios. A principal diferença entre elas é que na primeira, as áreas de processo estão agrupadas por afinidade; na segunda, estão dispostas em uma seqüência provada de melhorias, começando por práticas básicas de gestão e passando por níveis sucessivos de maturidade em que o nível anterior é fundação para os subseqüentes. Acreditamos que esta característica torna a representação por estágios a mais adequada para a análise da capacidade de processos neste trabalho, e o nível 2 ("gerido"), o mais adequado aos objetivos do projeto.

2.2. ISO/IEC 15504

A norma técnica ISO/IEC 15504 representa um guia para a avaliação de maturidade de processos, e é apresentada em duas dimensões: de processos e de capacidade de processos, sendo que a dimensão de capacidade de processos também prescreve cinco níveis de maturidade. Essa norma se refere à realização de avaliações de processos de software com dois objetivos: a melhoria de processos e a determinação da capacidade de processos de uma organização, este último de maior interesse no processo de aquisição de software.

3. Metodologia

A aplicação do questionário de avaliação seguiu os passos definidos por Rea e Parker [Rea e Parker 1997]. As Seções a seguir descrevem como essas orientações foram aplicadas no levantamento da capacidade dos fornecedores de software de Minas Gerais.

3.1. Identificação do foco do estudo e método de pesquisa

A aplicação do questionário visa obter um diagnóstico da capacidade dos processos das empresas desenvolvedoras de software. Foi escolhido para avaliação o nível de maturidade 2 ("gerido") do CMMI. Supõe-se que as empresas avaliadas com sucesso nesse nível possuam capacidade gerencial para executar projetos de desenvolvimento de software. O nível 2 se propõe a garantir que os requisitos do projeto sejam geridos e que os projetos sejam planejados e monitorados. Isso foi considerado um fator muito importante, já que muitos projetos falham por problemas na gestão de requisitos e de projetos (planejamento e monitoração) [IT Córtex 1998].

3.2. Determinação do tamanho da amostra e procedimentos de seleção

Para o cálculo do tamanho da amostra, tem-se a Equação 1, em que N = tamanho da população (universo), d = erro máximo de estimação (tolerância), $Z_{a/2}$ = valor absoluto da ordenada da distribuição normal padronizada que deixa abaixo dele a área igual a $a/2$, s^2 = variância populacional, a = probabilidade de que o erro máximo de estimação seja maior que d, sendo que $0 < a < 1$. No projeto, o valor de d escolhido foi de 5% e o de a foi de 10%. Como é preciso obter uma estimativa para a variância populacional, foi preciso concluir as análises do pré-teste do questionário antes de determinar o tamanho da amostra. Maiores detalhes sobre a aplicação deste passo encontram-se na Seção 4.1.

$$Amostra = \frac{Ns^2}{(N-1)(\frac{d}{Z_{a/2}})^2 + s^2}$$

Equação 1. Cálculo da amostra

Dentre as maneiras existentes de seleção de amostra, foi utilizada a Amostragem Aleatória Simples, sem reposição, pois as empresas seriam selecionadas no universo apenas uma vez (não seria aceita mais de uma resposta para uma mesma empresa) e aleatoriamente.

3.3. Determinação do instrumento de pesquisa

O questionário possui 22 perguntas, separadas em quatro partes: Perfil da Empresa, Perfil do Respondente, Capacidade de Processos e Apresentação de Propostas. As perguntas referentes aos perfis da empresa e do respondente permitem categorizar as respostas da parte Capacidade de Processos, cujas questões são baseadas no nível 2 do CMMI. Já a parte Apresentação de Propostas contém perguntas relacionadas aos planos do PMBoK [PMI 2004] que a empresa do respondente apresenta em suas propostas de desenvolvimento de software para outras empresas. Apenas um questionário válido foi considerado para cada empresa.

Na parte Perfil da Empresa, é questionado o porte da empresa, se ela possuía avaliações e certificações oficiais, além de sua principal forma de atuação no mercado. A classificação quanto ao porte da empresa – Micro empresa (ME), Pequena Empresa (PE) e Média e Grande Empresa (MGE) – foi baseada nos critérios de enquadramento para o programa SIMPLESMINAS [SEF 2005]. Essa classificação contextualiza a resposta e auxilia na comparação da aplicação do modelo, de acordo com o porte da empresa avaliada. Além disso, foi verificado se a empresa possuía avaliações e certificações oficiais (CMM, CMMI e ISO 9000) e sua forma principal de atuação – desenvolvimento de produtos de software sob demanda (empreitada), com escopo bem definido; prestação de serviço de desenvolvimento com escopo em aberto (uso de métrica de tamanho, como ponto de função); venda e eventual personalização de produtos fechados (*COTS - Commercial-off-the-shelf*).

A parte Perfil do Respondente apresentou questões para determinar o perfil do respondente, conforme sua atuação na organização: técnico, processos e gerencial, sendo considerados válidos apenas os questionários cujo respondente seja do último perfil. Além disso, se questionou se o respondente possuía certificação PMP® (*Project Management Professional*), ou se existia alguém na empresa que a possuísse. Também de interesse foi o tipo de projeto no qual o respondente tenha participado um maior número de vezes, conforme a classificação: especificação e desenvolvimento; apenas desenvolvimento; evolução; manutenção; apenas especificação; modelagem de negócios (isto é, documentação dos processos de negócio de uma organização em que se pretende implantar uma solução informatizada). Essa classificação foi construída com base na prática corrente da Administração Pública mineira de contratação de produtos e serviços de software.

Na parte Capacidade de Processos, utilizou-se a própria estrutura do CMMI para construir questões fechadas que cobrissem completamente as práticas específicas do modelo.

Isso foi feito de forma que cada questão abordasse uma meta específica (*Specific Goal*) do nível 2 e cada item da questão abordasse uma prática específica (*Specific Practice*) correspondente. Não foram cobertas as metas genéricas (*Generic Goals*) do nível 2 do CMMI. Quanto à forma de aplicar o questionário, decidiu-se por colocá-lo disponível em um sítio Web, para facilitar seu acesso pelos fornecedores, assim como facilitar o tratamento dos dados coletados.

Um exemplo de questão utilizada encontra-se na Tabela 1, referente à área Gestão de Requisitos (*Requirements Management*), meta específica "Gerenciar requisitos" (*SG 1 Manage Requirements*): os itens em itálico correspondem àqueles termos que possuem definição no glossário do questionário.

Tabela 1. Questão 1 sobre meta específica Gerenciar requisitos

Durante o projeto, os *requisitos* devem ser gerenciados e as inconsistências dos planos e *artefatos* de projeto em relação a eles devem ser identificadas. Como são executados os procedimentos necessários para atingir esse objetivo?	
A	"O entendimento dos *requisitos* é comprovado junto aos colaboradores do cliente que forneceram os *requisitos*". **Prática específica referência (PE)**: (*Obtain an Understanding of Requirements*);
B	"O gerente de projeto avalia os eventuais conflitos dos *requisitos* levantados em relação aos comprometimentos existentes (por exemplo: contratos firmados), negociando e registrando os comprometimentos com os *requisitos* de todos os envolvidos" **(PE)**: (*Obtain Commitment to Requirements*);
C	"As alterações aos *requisitos* e a derivação de novos *requisitos* são gerenciadas, registrando-as, analisando o impacto em cada *stakeholder* e justificando sua ocorrência." **(PE)**: (*Manage Requirements Changes*);
D	"Mantêm-se a rastreabilidade vertical de um *requisito* até seus *requisitos* derivados e a rastreabilidade horizontal entre funções e entre interfaces de sistemas." **(PE)**: (*Maintain Bidirectional Traceability of Requirements*);
E	"Os planos de projeto, atividades e *artefatos* são revistos quanto à consistência com os requisitos e alterações de *requisitos*, removendo-se as inconsistências encontradas." **(PE)**: (*Identify Inconsistencies between Project Work and Requirements*)

Conforme recomendação do SEI (*Software Engineering Institute*), criador do CMMI, existem questões em que o respondente tem a possibilidade de responder "Não se aplica", quando há a possibilidade de se justificar uma área como não aplicável nas atividades da organização. Tal situação é comum, por exemplo, para empresas que não realizam sub-contratação, e que não teriam como ser avaliadas nas questões referentes à área SAM (Gestão de Acordos com Fornecedores). Na parte Capacidade de Processos, somente as questões referentes à área SAM poderiam se enquadrar nesta situação e, nesse caso, a pontuação dessas questões não foi computada para o cálculo do aproveitamento geral dos fornecedores.

Como a implantação do modelo não é feita de uma vez, pensou-se em aplicar em cada item de resposta (correspondente a uma prática específica) um grau de adesão, como sugere a norma ISO 15504. A escala utilizada consistiu de cinco itens, cuja pontuação obedece a uma escala linear: "Não é feito" (0), "É feito pouco" (0,25), "É feito parcialmente" (0,5), "É feito quase completamente" (0,75), "É feito completamente" (1).

O rendimento percentual de uma empresa em uma questão é obtido somando-se o quanto se marcou em cada item de resposta, dividindo-se pelo número de itens da questão e multiplicando-se por 100. O índice de desempenho de uma empresa é obtido somando-se quanto se marcou em cada item de resposta, dividindo-se pelo total de itens do questionário,

exceto aqueles da área SAM. O rendimento de todas as empresas em uma dada prática *p*, ID_p, é calculado pela fórmula exibida na Equação 2, onde *n* é a quantidade de empresas avaliadas e F_i o número de empresas que responderam ao nível *i* da escala utilizada.

$$ID_p = [(0.25 * F_2 + 0.50 * F_3 + 0.75 * F_4 + 1.00 * F_5)/n] * 100$$

Equação 2. Cálculo do índice de desempenho

Por fim, na parte Apresentação de Propostas é questionado se a empresa do respondente apresenta, em sua propostas para desenvolvimento de software para outras empresas, os seguintes planos do PMBoK: de gerenciamento de custos, de gerenciamento da qualidade, e de gerenciamento de riscos. Caso a empresa do respondente desenvolva software apenas para uso interno, ou seja, não apresenta propostas para outras empresas, o respondente pode responder "Não se aplica". Nesse caso, as respostas das demais partes do questionário para essa empresa não foram consideradas na análise da capacidade de processos.

3.4. Realização de um pré-teste do questionário

Um primeiro piloto do questionário foi avaliado por gerentes de projeto e por profissionais experientes em cada uma das equipes de desenvolvimento de software do Laboratório Synergia: requisitos, projeto, implementação, testes e usabilidade. O primeiro piloto também foi aplicado em uma turma do Curso de Especialização em Engenharia de Software do DCC/UFMG, e avaliado por profissionais experientes da área.

Com base nas considerações levantadas sobre o primeiro piloto do questionário, foi realizado um segundo piloto em um curso de CMMI oferecido pela FUMSOFT-MG (Sociedade Mineira de Software), com gerentes de projeto de desenvolvimento de software. O objetivo principal foi garantir que os termos estavam claros e as perguntas elaboradas em conformidade com o modelo base, além de avaliar se era possível realizar as análises propostas. Nesse pré-teste oficial, foram obtidas 16 respostas de empresas diferentes, das quais 11 eram do perfil adequado (gerentes de projetos de desenvolvimento) e 5 de perfil de analista de processos de software. As respostas foram coletadas e analisadas antes de distribuir o questionário para as demais empresas participantes da pesquisa. As análises realizadas sobre o pré-teste foram consideradas satisfatórias, apesar do número reduzido.

3.5. Codificação dos questionários concluídos e computação dos dados

Nessa etapa, as respostas válidas obtidas foram codificadas em softwares estatísticos especializados para a realização das análises. Foram verificadas a consistência e a veracidade dos dados por contato telefônico, quando necessário.

3.6. Análise dos dados e preparação do relatório final

Os dados foram analisados calculando-se os índices de desempenho, conforme a Equação 2, por área específica e geral. Em seguida, foram realizados esses mesmos cálculos por porte e por localidade da empresa. Os resultados encontram-se na Seção 5.

4. Aplicação da pesquisa em Minas Gerais

Da metodologia discutida na Seção 3, apenas alguns passos apresentam particularidades para a aplicação no Estado de Minas Gerais. Essas diferenças são discutidas a seguir.

4.1. Determinação do tamanho da amostra e procedimentos de seleção

Foram realizados diversos contatos com entidades representativas de empresas de informática, como FUMSOFT-MG, SindInfor (Sindicato das Empresas de Processamento de Dados, Informática, Software e Serviços em TI de MG), ASSESPRO-MG (Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação, Software e Internet de Minas Gerais), ou entidades que fazem pesquisas sobre empresas de informática, como o MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), a fim de se obter o número de empresas atuantes em Minas Gerais. Porém, nenhuma dessas entidades pôde fornecer, precisamente e em tempo, essa informação. No entanto, o SindInfor gentilmente nos cedeu uma lista contendo um conjunto de contatos de 704 empresas de Minas Gerais. Também foram pesquisadas informações sobre empresas no sítio oficial da ASSESPRO-MG, em que se pôde encontrar outra lista com 163 empresas filiadas. A rede de contatos dos envolvidos na pesquisa também foi utilizada, possibilitando a criação de outra lista com cerca de 30 empresas diferentes. Consolidando-se essas listas, chegou-se ao total de 757 empresas diferentes atuantes em Minas Gerais. Assim, decidiu-se tratar esse conjunto consolidado como universo, e a partir dele selecionar a amostra.

Utilizando os resultados obtidos com o teste piloto aplicado na FUMSOFT-MG, foi possível determinar o tamanho da amostra. Aplicando-se a Equação 1 a todos os 48 itens do questionário (excluindo-se os itens da área SAM, que apresentou um número muito pequeno de respostas), obteve-se que o tamanho máximo da amostra requerido para atender a todas as variáveis é de 132 empresas. Porém, apenas 5 dos 48 itens avaliados exigiram uma amostra maior do que 100 empresas, sendo 110 o segundo maior valor. Dadas as características do questionário – número de questões relativamente alto e exigência de perfil gerencial do respondente – e considerando que o tamanho de amostra calculado a partir dos 48 itens de resposta forneceu na média um valor de 76,1 empresas, decidiu-se por estabelecer uma meta de tamanho de amostra de 100 empresas, assumindo um erro maior para os 5 itens que exigiriam maior número de respondentes.

Além da determinação do tamanho da amostra, tomou-se o cuidado de selecionar o mesmo percentual de empresas dentro das 10 macro-regiões de Minas Gerais, para garantir que empresas do interior de Minas Gerais fossem contempladas na pesquisa. A seleção da amostra se deu de forma aleatória dentro dessas macro-regiões.

5. Resultados

O questionário cobre as áreas de processo do CMMI nível 2: Gestão de Requisitos (RM), Planejamento de Projetos (PP), Monitoração e Controle de Projetos (PMC), Gestão de Acordos com Fornecedores (SAM), Medição e Análise (MA), Garantia de Qualidade de Processo e Produto (PPQA) e Gestão de Configurações (CM).

5.1. Caracterização da amostra

A amostra coletada contém 120 empresas e é caracterizada segundo as variáveis: porte, localização, certificações e avaliações obtidas pela empresa e tipo de projeto mais executado. Sobre o porte, tem-se 34,2% (41 empresas) da amostra de MEs (micro-empresas), 34,2% de PEs (pequenas empresas) e 31,6% (38 empresas) de MGEs (médias e grandes empresas). Em relação à localização, existem 44 empresas do interior, o que corresponde a 36,7% da amostra.

Sobre certificações ou avaliações oficiais das empresas avaliadas, 86,7% não possuem certificado ISO 9000. Em relação a uma avaliação bem sucedida no modelo CMM, 92,5% das empresas não foram avaliadas, apenas 4,2% são nível 2, 2,5% nível 3 e 0,8% nível 4 do CMM. Em relação ao modelo CMMI, 94,2% não foram avaliadas, 2,5% foram no nível 2, 2,5% no nível 3 e 0,8% no nível 4. Isso comprova a pequena aderência das empresas mineiras às avaliações oficiais nos modelos CMM e CMMI.

Além de certificações e avaliações oficiais, questionou-se a forma de atuação da empresa no mercado, em que o respondente tinha a liberdade de responder uma ou mais das três formas. A forma de atuação mais executada, para 75% das empresas, foi: "Desenvolvimento de produtos de software sob demanda (empreitada), com escopo bem definido". A "Prestação de serviço de desenvolvimento com escopo em aberto (uso de métrica de tamanho)" ocorre para 47,5% das empresas. Empresas que atuam nessas duas formas simultaneamente somam 40%. A "Venda e eventual customização de produtos fechados - COTS" ocorre para 63,3% das respostas e a atuação simultânea nas três formas soma 24,2%.

Foi detectado que há um profissional com certificação PMP® em 42,5% das empresas. O tipo de projeto que o gerente participou mais vezes foi "Especificação e Desenvolvimento", com 72,5% do total de empresas, o segundo foi "Modelagem de Negócio" com 9,2%. Em relação ao tempo que atua como gerente de projetos de desenvolvimento de software, 37,5% atuam há mais de 9 anos, 35% entre 3,5 e 9 anos e 27,5% há menos de 3,5 anos.

5.2. Desempenho geral no CMMI nível 2

O índice de desempenho geral foi construído sem a área SAM. Os resultados foram avaliados de acordo com cinco faixas, construídas a cada 20% de desempenho, ilustradas na Figura 1. Nela é possível notar que as faixas em que há maior concentração de empresas foram: Faixa 3 com 32%, Faixa 2 com 23% da amostra, e Faixa 4 com 22% das empresas, ou seja, 77% das empresas distribuem-se entre 20% e 80% de desempenho. Uma estimativa pontual para o índice de desempenho médio da população considerada é de 53,4%. Já para uma estimativa intervalar, a amostra nos permite afirmar, com 90% de confiança, que a média de desempenho geral da população está entre 50,0% e 56,9%, o que é um valor muito baixo em relação à meta de aplicação do nível 2 do modelo, que corresponderia a 100% de desempenho.

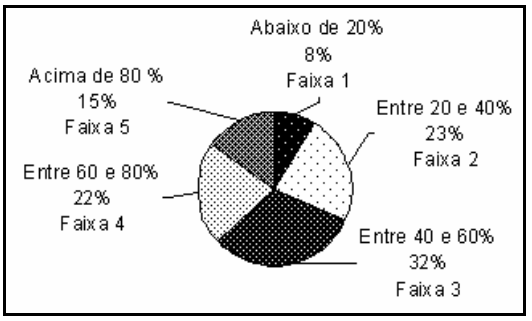

Figura 1. Índice de desempenho geral

Realizando uma avaliação do desempenho geral, estratificada por porte, tem-se que a média do desempenho das MEs é de 49,1%, nas PEs é de 50,3% e para as MGEs é de 61,4%. Na Tabela 2, observa-se a concentração de empresas em cada faixa para cada porte. Tanto para as MEs quanto para as PEs, 70,7% apresentam desempenho abaixo de 60%, enquanto para as MGEs apenas 47,4% apresentam desempenho abaixo de 60%. Também se nota que as MEs apresentaram a menor concentração na última faixa se comparadas às PEs e MGEs. O desempenho dessas últimas foi mais homogêneo, distribuindo-se quase que uniformemente entre 20% e 100%, com uma pequena concentração entre 60% e 100%, com 52,6% das empresas.

Tabela 2. Índice de desempenho geral por faixa

		% (ME)	% (PE)	% (MGE)
Faixa 1	Abaixo de 20%	14,6	4,9	5,3
Faixa 2	Entre 20% e 40%	14,6	34,1	21,1
Faixa 3	Entre 40% e 60%	41,5	31,7	21,1
Faixa 4	Entre 60% e 80%	22,0	17,1	26,3
Faixa 5	Acima de 80%	7,3	12,2	26,3

A Figura 2 apresenta um gráfico sobre a distribuição do índice de desempenho para cada porte. Cada traço horizontal representa uma divisão de 25% da amostra, o traço no meio do retângulo corresponde à mediana e o traço superior representa o percentil 75. O desempenho do grupo de MGEs é aparentemente superior ao dos demais portes, tanto pela mediana mais elevada (50% das empresas estão acima de 64,4%), quanto pelo percentil 75 (25% das empresas estão acima de 83,4%). Já as PEs apresentaram percentil 75 igual a 66%; e as MEs, 68,2% de índice de desempenho.

Ainda é possível observar, na Figura 2, que todas as configurações de portes das empresas apresentaram grande variabilidade no desempenho geral, de modo que em todos os grupos é possível verificar empresas com desempenhos altos e baixos. Pela análise descritiva mostrada até aqui, há indícios de que as MGEs tenham um melhor desempenho; no entanto, faz-se necessária a aplicação de um teste estatístico para verificar a hipótese de igualdade ou diferença de desempenho entre os três portes considerados. A ANOVA (Análise de Variância) [Drumond e outros 1997] foi então construída e considerando um nível de significância de 5%, e, de acordo com os resultados, pode-se afirmar que não existem diferenças significativas de desempenho entre os portes avaliados.

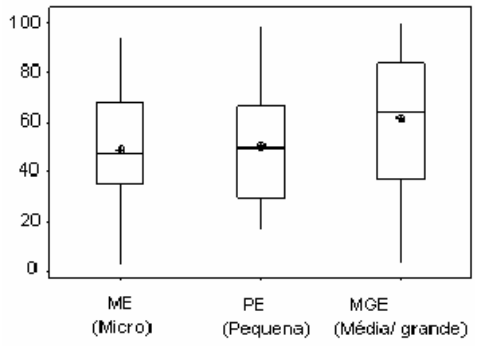

Figura 2. Índice de desempenho geral por porte de empresa

A Figura 3 apresenta uma comparação entre o desempenho geral das empresas localizadas no interior e em BH (Belo Horizonte). O índice de desempenho é aparentemente maior para empresas de BH, já que seu desempenho médio é de 56,3% e apresentam o percentil 75 igual a 75,8%. As empresas do interior apresentam desempenho médio de 48,4%, e percentil 75 de 60,1%, sendo 50% das empresas com desempenho entre 34,2% e 60,1%. Como a variabilidade é alta para ambos os grupos, foi construída a ANOVA, por meio da qual se constatou que também não há diferenças significativas de desempenho geral entre as empresas de BH e do interior.

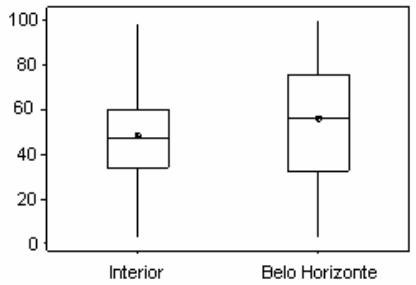

Figura 3. Índice de desempenho geral por localização da empresa

5.3. Desempenho por área de processo

A Figura 4 apresenta o resultado obtido realizando uma avaliação do desempenho por área de processo. A área que apresentou o melhor desempenho médio foi a SAM: 72,2%, e a menor variação. Entretanto, essa área é contemplada em apenas 27,5% do total de respostas válidas, pois havia a possibilidade de não responder as questões dessa área. Devido a isso, aparentemente só respondeu quem executa bem suas práticas, de modo que não se pode comparar o desempenho dessa área às demais. Excluindo-se a área SAM, o melhor desempenho foi na área RM, com 63,2%, seguida da PMC, com 61,3%. Os piores desempenhos médios foram das áreas CM, com 43,9%, e MA, com 41,4%. Esta área também apresentou a maior variabilidade, com desvio padrão de 31,4%. Pode-se observar também que todas as áreas exibem grande variação, sendo que a maior delas ocorre na área MA e a menor na RM. Como os valores da média (marca dentro do retângulo), mediana e dos percentis 25 e 75 são maiores para as áreas RM, PP e PMC, seria possível concluir que nessas áreas as empresas apresentam melhor desempenho que nas demais. No entanto, esses dados são meramente descritivos e não permitem afirmar estatisticamente em quais áreas as

empresas têm maior ou menor dificuldade de aplicação do modelo CMMI. Para obter essa informação, foi construído um intervalo para a média de desempenho em cada área, apresentado na Figura 5, com um intervalo com 90% de confiança.

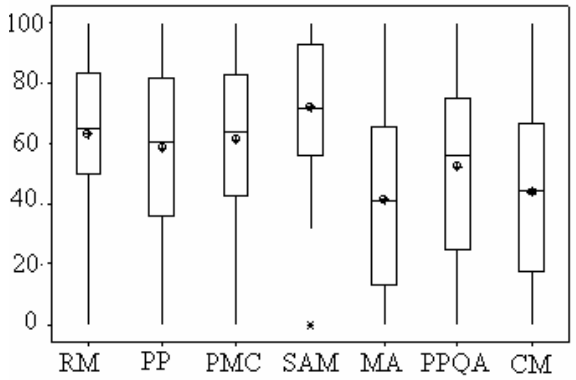

Figura 4. Índice de desempenho por área de processo

Comparando-se o desempenho das áreas, não se pode distinguir, dentre RM, PP e PMC, aquela que apresentou maior desempenho médio, uma vez que há interseções entre os intervalos dessas áreas. Logo, estatisticamente, essas áreas têm desempenho médio equivalente. O pior desempenho médio foi encontrado nas áreas MA e CM, pois seus intervalos estão abaixo dos demais; como há interseção na estimativa intervalar, nota-se um empate técnico entre tais áreas em relação ao desempenho médio. Com desempenho médio em torno de 40%, essas duas áreas de processo aparentemente apresentam grande dificuldade de implantação.

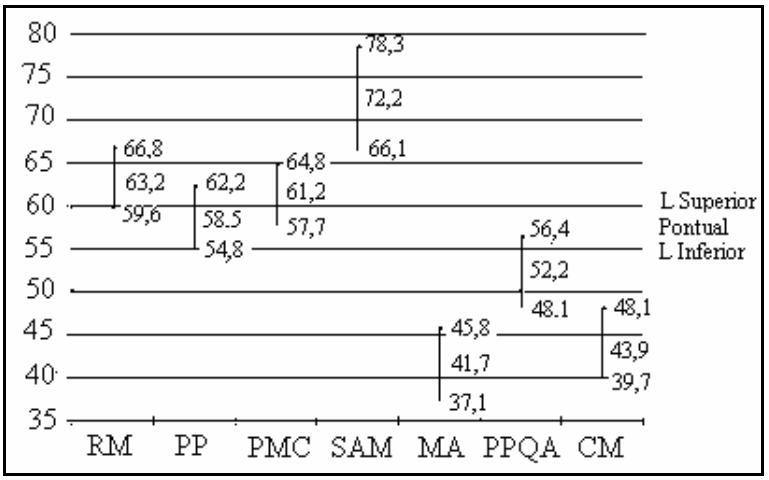

Figura 5. Intervalo de desempenho médio por área

Foi calculado também o coeficiente de correlação de Pearson [Triola 2005] entre as áreas, que varia de -1 a 1, sendo o módulo do resultado interpretado como uma correlação muito fraca se seu valor estiver entre 0 e 0,19; uma correlação fraca se o valor estiver entre 0,2 e 0,39; uma correlação moderada se o valor estiver entre 0,4 e 0,69; uma correlação forte se o valor estiver entre 0,7 e 0,89 e uma correlação muito forte se o valor estiver entre 0,89 e 1. Todos os coeficientes obtidos foram positivos, logo, há indícios de que, se uma empresa tem bom desempenho em uma área, tende a tê-lo na outra e vice-versa. Como

resultado, o maior coeficiente (0,884) obtido foi entre as áreas PP e PMC, que representa uma correlação forte. Outras com essa classificação foram encontradas entre as áreas: RM e PP (0,825); CM e PPQA (0,767); RM e PMC (0,759); CM e MA (0,745); PP e PPQA (0,742); PP e MA (0,741); PMC e PPQA (0,726); e PMC e MA (0,722). A menor correlação foi encontrada para as áreas RM e CM, com índice 0,575.

A Figura 6 apresenta um resumo dos índices de desempenho médios por área de processo e geral, considerando uma estratificação por porte de empresa. As MGEs parecem ter um desempenho médio superior para todas as avaliações. Enquanto que o desempenho médio geral das MEs e PEs é bastante parecido, há casos, como para as áreas RM, SAM e PPQA, em que o desempenho das MEs superam o desempenho das PEs. Entretanto, a variabilidade é alta em todos os estratos e a informação contida na Figura 6 constitui apenas uma análise descritiva da situação. Para verificar se realmente as MGEs apresentam desempenho superior ao das MEs e PEs, foi aplicada a ANOVA. Considerando um nível de significância de 5%, constatam-se diferenças de desempenho apenas nas áreas PP e MA.

Como a ANOVA apontou diferenças, fez-se necessário detectar entre quais portes de empresas estão essas diferenças. Para conseguir essa informação, foi realizado o teste de comparações múltiplas de Tukey [Montgomery 1996]. Esse teste nos permite afirmar que, para as áreas PP e MA, o desempenho das MGEs foi superior ao das MEs; na área MA, as MGEs também superaram as PEs. No entanto, esse resultado não quer dizer que os portes com desempenho superior executem as práticas dessas áreas de forma satisfatória. Comprova-se isso pelos desempenhos médios obtidos. Na área PP, foram: 51,7% para as MEs, 56,4% para as PEs e 68,0% para as MGEs. Na área MA, o desempenho médio foi ainda menor: 35,8% para as MEs, 35,9% para as PEs e 53,5% para as MGEs.

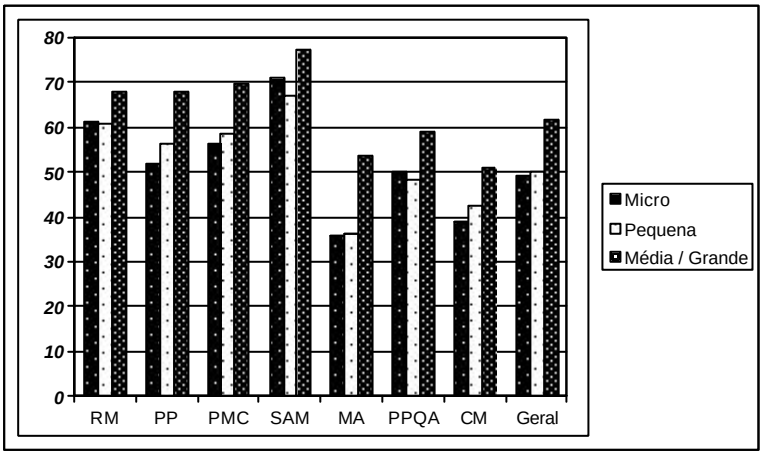

Figura 6. Índice de desempenho médio por área de processo e geral por porte

A Figura 7 apresenta um resumo dos índices de desempenho médios, por área de processo e geral, usando o estrato por localização de atuação da empresa. As empresas atuantes em BH, aparentemente, apresentam um desempenho médio superior em todas as avaliações. Também houve alta variabilidade no desempenho médio tanto para as empresas do interior quanto para as da capital. Devido a isso, a ANOVA também foi construída para verificar se houve diferença de desempenhos. Considerando um nível de significância de 5%, constatou-se que apenas para a área SAM houve diferenças de desempenho entre as

empresas de BH e interior, sendo que as de BH foram superiores. Em todas as demais áreas, é possível afirmar que as empresas do interior têm desempenho equivalente às de BH. A localização parece não implicar em melhor aplicabilidade do modelo CMMI.

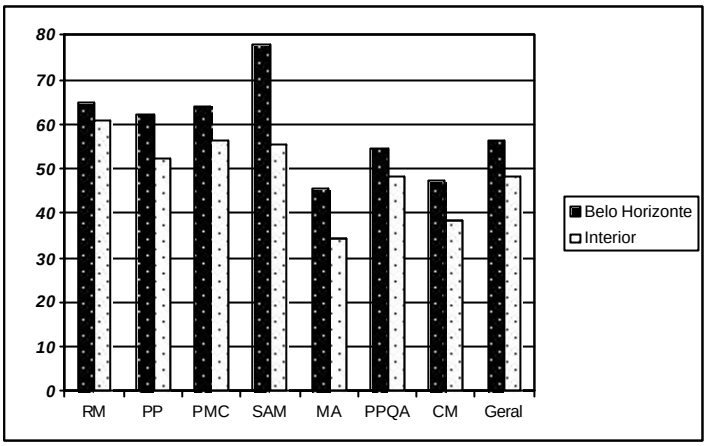

Figura 7. Índice de desempenho médio por área de processo e geral por localização

6. Conclusões

Verifica-se que existem poucas empresas com avaliação oficial, atuantes em Minas Gerais, em modelos com CMM e CMMI, pois apenas 7,5% das empresas da amostra afirmaram que foram avaliados satisfatoriamente nos modelos. As empresas mineiras também apresentaram baixas aderências a ISO 9000, de apenas 13,3%. Sobre a certificação gerencial PMP®, apenas 42,5% das empresas afirmaram possuir um profissional com essa qualificação. Logo, nenhuma das avaliações e certificações abordadas poderia ser cobrada como critério de seleção em licitações, considerando que a maioria das empresas não pode atender ao critério.

A forma de atuação das empresas mais executada é desenvolvimento de produtos com escopo bem definido, que ocorre em 75% das empresas. A venda e customização de COTS também ocorreu em um percentual significativo das empresas: 63,3%. O tipo de projeto em que o gerente participou mais vezes foi "Especificação e Desenvolvimento", com 72,5% do total de empresas. Quanto ao tempo de atuação como gerente de projetos de desenvolvimento de software, 72,5% dos entrevistados atuam há mais de 3,5 anos como gerente no mercado.

O desempenho geral no nível 2 do modelo foi muito baixo, sendo que a média apresentada foi 53,4%. Em relação ao porte de empresas, o desempenho médio das micro-empresas foi de 49,1%; das pequenas empresas, 50,3% e das médias e grandes empresas, 61,4%. Porém, realizando-se um teste estatístico para comparação dos resultados entre os portes, verificou-se que não há diferenças significativas no desempenho geral por porte de empresas. Sobre a comparação entre desempenhos gerais entre empresas localizadas em BH e no interior, o desempenho médio do primeiro grupo foi de 56,3% e do segundo, 48,4%. No entanto, verificou-se que não há diferenças de desempenho geral entre as empresas de BH e do interior. Concluímos que tanto o porte quanto a localização da empresa não representam

obstáculo significativo à implantação das práticas sugeridas pelo CMMI. Provavelmente, isso ocorre devido à necessidade de adequação das empresas desenvolvedoras de software às demandas do mercado.

Estatisticamente, as áreas RM, PP e PMC têm desempenho médio equivalente: cerca de 60%. Essas três áreas efetivamente têm grande inter-relação, já que o planejamento (PP), que deve ser bem monitorado (PMC), é construído de acordo com requisitos bem gerenciados (RM). A área RM é fundamental em um projeto de desenvolvimento de software; se não for bem executada, pode provocar grandes prejuízos. Foi calculado o coeficiente de correlação entre as áreas, e o maior coeficiente (0,884) foi obtido entre as áreas PP e PMC: a empresa que tende a ter dificuldades ou facilidade em uma área, o terá também na outra, como seria de se esperar, tratando-se da relação entre o planejamento e a monitoração de projetos.

A área PPQA parece apresentar um desempenho intermediário entre as áreas PP e CM, porém a chance de ter desempenho médio similar ao da área PP é muito maior.

As áreas que apresentaram pior desempenho médio foram MA, com 41,4%, e CM, com 43,9%. Essas duas áreas de processo aparentemente apresentam maior dificuldade de implantação. O interessante é que, sem gestão de configurações é praticamente impossível gerir adequadamente um projeto de desenvolvimento de software. Talvez o que seja sugerido no CMMI seja muito avançado, complexo e caro de se implantar, e, por isso, as empresas não a executem rigorosamente, arcando com os riscos decorrentes dessa decisão.

Foram constatadas diferenças de desempenho apenas nas áreas PP e MA do CMMI. Na área PP, as MGEs apresentaram desempenho superior ao das MEs, e na área MA, as PEs e MEs tiveram um desempenho similar, mas inferior ao das MGEs. Como as MEs possuem uma estrutura menor, o planejamento fica prejudicado em relação ao das MGEs. Além disso, a área MA exige uma maturidade em processos e uma disciplina muito grande para realização de suas práticas de forma satisfatória. Por isso, em geral, as MGEs, têm mais condições de executá-la melhor que as empresas de portes menores.

Referências

Cardoso, Gisele S., Almeida, Vinícius C., Pimentel, Bruno S., Pádua, Clarindo I. P., Pádua Filho, Wilson P. Coelho Junior, Claudionor J. N., (2006) "Identificação da maturidade das organizações públicas do Estado de Minas Gerais em relação à aquisição de produtos e serviços de software" (RT.DCC.004/2006).

Cardoso, Gisele S., Almeida, Vinícius C., Pimentel, Bruno S., Alves, Fabiana A., Pádua, Clarindo I. P., Pádua Filho, Wilson P. Coelho Junior, Claudionor J. N., (2006) "Identificação da capacidade dos processos de empresas desenvolvedoras de software estabelecidas em Minas Gerais com base no nível 2 do CMMI" (RT.DCC.005/2006).

CMMI Product Team. (2002) "CMMI® for Software Engineering", Version 1.1, Staged Representation. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

ComputerWorld. (2003). "Governo federal: mais um passo rumo ao software livre". Disponível em: http://computerworld.com.br/AdPortalv5/adCmsDocumentShow.aspx?DocumentID=75956&ChannelID=0. Acesso em 03/04/2006.

Drumond, F. B., Werkema, M. C. C. e Aguiar, S (1996). "Análise de Variância: Comparação de Várias Situações". Belo Horizonte, MG: FCO, EEUFMG.

IEEE. (1998) "IEEE 1062 - Recommended Practice for Software Acquisition". The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002.

ISO/IEC 15504 (1998). "Information Technology-Software Process Assessment". Parts 1-9.

IT Córtex (1998) "Failure causes - Statistics". Disponível em: http://www.it-cortex.com/Stat_Failure_Cause.htm. Acesso em 03/04/2006.

MCT/SEPIN/DIA Ministério de Ciência e Tecnologia. (2005). "Qualificação CMM e CMMI". Disponível em: http://www.mct.gov.br/Temas/info/Dsi/qualidad/CMM.htm. Acesso em 29/03/2006.

Montgomery, D.C. (1996) "Design and Analysis of Experiments". 4a ed. John Wiley & Sons.

PMI Project Management Institute (2004). "Um guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos - Guia PMBOK". Terceira Edição.

Presidência da República - Casa Civil (1993). Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993.

Rea, Lois M. and Parker, Richard A. (1997). "Designing And Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide". Jossey-Bass, second edition.

SEF Secretaria do Estado da Fazenda (2005). "Orientação DOET/SUTRI Nº 001/2005 - SIMPLESMINAS". Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/orientacao/orient_doet_001_2005.htm. Acesso em 29/03/2006.

SOFTEX (2005). MPS.BR. "Guia de Aquisição". Disponível em: http://www.softex.br/media/MPS.BR-Guia-de-Aquisicao.pdf. Acesso em 29/03/2006.

Triola, Mario F (2005). "Introdução à estatística". 9. ed. Rio de Janeiro: LTC.