

APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO EM AMBIENTE DE ALTA MATURIDADE NA PRODUÇÃO DE SOFTWARE

Antonio Carlos Tonini (EPUSP-PRO)

antonio.tonini@vanzolini.org.br

Mauro de Mesquita Spínola (EPUSP-PRO)

mauro.spinola@usp.br

José Manuel Cárdenas Medina (EPUSP-PRO)

ppcardenas777@gmail.com

Vagner Luiz Gava (EPUSP-PRO)

vlgava@yahoo.com.br



As empresas produtoras de software atuam em um mercado altamente exigente, globalizado e concorrente. A expressiva concentração da produção de software mostra de forma incontestável que, para sobreviver, é necessário que as empresas se tornem organizadas e eficientes no seu processo de produção, disponibilização e evolução de software. Além dos benefícios naturais, como produtividade e qualidade, comercialmente a certificação dos processos fabris de software vem se tornando um pré-requisito básico para as contratações neste mercado. Contudo, o investimento em melhoria dos processos é caro e demora a mostrar seus verdadeiros ganhos, o que obriga as organizações investigar continuamente em métodos e técnicas que abreviem o atingimento de um nível mais alto de qualidade. Um conjunto de técnicas largamente empregadas com sucesso na indústria em geral é o controle estatístico dos processos. Neste cenário, realizar corretamente a seleção dos processos e das variáveis que serão alvo de controle estatístico é imprescindível para que a empresa obtenha resultados empresariais positivos e ganhe conhecimento e proficiência para expandir seu uso nas atividades e gestão dos recursos que lhe garantam vantagens competitivas e estejam alinhadas aos objetivos de negócio. Este artigo apresenta de forma simples e objetiva uma abordagem adotada por uma grande organização produtora de software, de reconhecida qualidade e reputação no mercado internacional para selecionar objetivamente os processos e recursos de interesse de controle estatístico. Os resultados do estudo de caso único, mostram as vicissitudes do dia-a-dia para manter o processo de qualidade em condições de produzir continuamente o conjunto de indicadores de gestão, através de melhorias pontuais sobre a carteira de pedidos em andamento e procedimentos de melhoria sistemática e contínua

Palavras-chaves: Controle estatístico do processo, melhoria da qualidade de software, processo de medição

1. Introdução

As empresas produtoras de *software* atuam em um mercado altamente exigente, globalizado e concorrente. A expressiva concentração da produção de *software* mundial em grandes organizações mostra que, para sobreviver, é necessário que os processos de desenvolvimento, entrega, implantação e manutenção sejam eficientes e atuem com o objetivo constante de aumentar a qualidade do *software* produzido (HUMPHREY, 1989) (WANG *et al.*, 2009).

O aprimoramento do desempenho dos processos de *software*, segundo FLORAC e CARLETON (1999), está diretamente relacionado com o grau de conhecimento dos mesmos e dos limites de atuação desses processos. Quando este conhecimento provém de um controle estatístico do histórico e não simplesmente da experiência do gestor, o desempenho dos processos tende a ser mais eficaz e permanente, porque aumenta a previsibilidade dos resultados das medidas corretivas e preventivas (FAN *et al.*, 2009).

O investimento em melhoria dos processos é caro e os resultados não são imediatos. Esta situação acaba provocando um efeito sinérgico no próprio processo de melhoria: na busca de resultados positivos de curto prazo, as empresas se vêem obrigadas a rever o seu processo de melhoria, investigar continuamente métodos e técnicas de controle estatístico bem como pontos de controle mais objetivos nos seus processos de negócio (WANG *et al.*, 2009).

No entanto, é inviável submeter todos os processos a um controle estatístico devido às limitações financeiras e humanas de uma organização, uma vez que se pode correr o risco de ter uma estrutura de controle mais cara que o próprio processo de trabalho. É sempre atual a recomendação “o controle não pode ser maior que o objeto controlado” (SCHULTE, 2009).

Realizar corretamente a seleção dos processos, variáveis e atributos que serão alvo de controle estatístico é imprescindível para que a empresa obtenha resultados empresariais positivos e ganhe conhecimento e proficiência para expandir seu uso nas atividades e gestão dos recursos que lhe garantam vantagens competitivas e estejam alinhadas aos objetivos de negócio (FERREIRA, 2009; SCHULTE, 2009).

O objetivo deste artigo é discutir sob a luz da literatura a abordagem adotada por uma grande organização produtora de *software*, de reconhecida qualidade e reputação no mercado internacional para selecionar objetivamente os processos, as variáveis e atributos de interesse de controle estatístico.

Para realizar o controle estatístico e analisar o desempenho de seus processos, as organizações devem definir medidas e coletar dados. O uso mais preciso do ferramental estatístico traz para a organização uma confiança nos resultados históricos praticados e mais clareza ao estipular sua política comercial baseada nos histórico da organização e na capacidade de suas equipes. As decisões se pautam em fatos e, portanto, pode ser sistematizada, e não de forma ad-hoc ou baseada em suposições ou experiência de um ou outro gerente. Além disso, outros benefícios decorrem de ter processos organizados e controlados amiúde: oportunidades de melhoria tratadas de forma sistemática, mitigação dos riscos por uso de medidas e controles inadequados, aumento do conhecimento sobre a própria organização e seus processos.

2. Revisão teórica

Em grande parte das organizações, as atividades de controle sempre foram aquelas mais preteridas, uma vez que: baseiam-se em fatos já consumados o que impede reformulação da

situação em que ocorreram, exigem trabalho, esforço e conhecimento que demandam recursos escassos e, por último, os resultados de qualquer investimento em melhoria produzem resultados não de curto prazo (DRUCKER, 1967).

Este posicionamento explica o porquê as empresas só investem em qualidade e produtividade quando percebem que sua vantagem competitiva junto aos seus clientes está em jogo e quando, portanto, os desperdícios do uso de recurso torna-se perceptível quando se atenta para os objetivos estratégicos do negócio (DAVENPORT, 1993; PRAHALAD *et al.*, 2009; FAN *et al.*, 2009).

2.2 Empresas de alta maturidade na produção de software

Um *software* é o resultado da interação intelectual entre um usuário que deseja resolver um determinado problema através do uso de ferramentas computacionais e outro, que elabora a solução final de *software* (SCHULTE, 2009). Por esta razão, os recursos produtivos mais importantes das empresas produtoras de *software* são aqueles relacionados com o conhecimento das técnicas e metodologias de desenvolvimento, o prazo de desenvolvimento e a disponibilidade dos desenvolvedores (MISTRÍK *et al.*, 2010).

O conceito de níveis de maturidade começou a ser discutido no âmbito da gestão da qualidade, quando Crosby indicou que as atividades relacionadas a gestão da qualidade em uma empresa são subjetivas e de difícil definição e mensuração, o que dificultava as atividades de gerenciamento (GARVIN, 1987). Assim, o autor desenvolveu e propôs um aferidor de maturidade da gestão da qualidade, baseado em cinco estágios: incerteza, despertar, esclarecimento, sabedoria e certeza, representados na figura 1.



Figura 1- Evolução da maturidade nas organizações produtoras de *software*
 Fonte: (interpretação dos autores, adaptado de FLORAC e CARLENTON, 1999)

O nível de maturidade de uma empresa que produz *software*, segundo Amaral *et al.* (2007), indica o quanto esta empresa aplica as melhores práticas e conceitos existentes e conhecidos, associadas ao desenvolvimento de *software*. Quanto mais madura também for a gestão do processo, melhor será o desempenho desse processo, o que será refletido em maior probabilidade de sucesso e qualidade no produto final e, conseqüentemente, maior será a capacidade competitiva da empresa (FLORAC e CARLENTON, 1999), conforme na figura 1.

É consenso, entre diversos estudos que tratam do tema modelo de níveis de maturidade, que a utilização desse conceito torna possível diagnosticar o padrão atual de determinado processo de negócio, isto é, o seu nível presente de maturidade; e, além disso, orientar uma empresa sobre o que pode ser feito em termos de gestão para que esse processo atinja padrões com um desempenho superior em relação ao atual, ou seja, que haja uma efetiva e mensurável melhoria (CHRISISS *et al.* 2006; SCHULTE, 2009).

A evolução no nível de maturidade consiste em um plano bem definido, que orienta as empresas a torná-las mais maduras em determinado processo, ou seja, orienta ações para a melhoria de desempenho das atividades do processo.

As principais características de uma empresa imatura são:

- Os produtos de trabalho até podem ser entregues dentro do prazo, mas para tanto a qualidade fica aquém do que foi negociado;
- As pessoas podem ser até experientes, mas qualquer novo projeto não consegue reutilizar partes do produto e do processo dos anteriores;
- As ações corretivas ocorrem por reação, denuncia e são encetadas sem nenhum planejamento (atitude popularmente tratada como “apagar incêndio”);
- Não existem bases objetivas para a avaliação da qualidade do produto entregue nem para a resolução de problemas associados a ele ou ao processo utilizado;
- São visíveis comportamentos de animosidade latente entre os desenvolvedores e entre os desenvolvedores e os usuários;
- É muito difícil antever o término dos projetos.

As principais características das empresas amadurecidas são as seguintes:

- As atividades são realizadas de acordo com o planejamento e a execução delas ocorre de forma natural sem complicações;
- As regras e os limites de responsabilidades são claros para todos;
- Habilidade para gerenciar facilmente identificada. Processos que envolvem toda a organização são definidos e seguidos;
- Os processos de gestão são cuidadosamente comunicados à equipe já existente e aos novos funcionários;
- Os gerentes monitoram a qualidade dos produtos e serviços e a satisfação do cliente (interno ou externo);
- Existe infra-estrutura de suporte da qualidade.

2.2 Oportunidades de medição na produção de software

A expectativa dos clientes de *software* é que o produto funcione corretamente e produza os resultados para os quais foi projetado. Por esta razão, a operacionalidade do *software* é o elemento-chave da sua qualidade, eficácia e eficiência (BIEHL, 2004; WANG *et al.*, 2009).

A produção de *software* é uma atividade mista de processos produtivos (retaguarda) e processos de serviço (linha de frente) em proporções variadas. Diversas pessoas participam desta atividade e nem sempre se comunicam em todas as fases do desenvolvimento, o que pode ser um agravante e uma importante fonte de problemas (EWUSI-MENSAH, 2003).

As métricas que avaliam os produtos entregues, o uso dos recursos e os processos de desenvolvimento podem ser resumidas nos aspectos de prazo (envolvendo controle do esforço de desenvolvimento), custo (envolvendo o uso de todos os recursos) e qualidade (atendimento às necessidades dos clientes). Estes três elementos ficaram conhecidos como a “triologia de gestão do desenvolvimento de *software*” (SCHULTE, 2009).

Para a identificação das causas dos problemas na construção de *software*, devem ser mapeados (EWUSI-MENSAH, 2003; SCHULTE, 2009):

- a fonte dos problemas (elementos que participam da construção);

- o tempo (momento em que o problema surgiu e quanto tempo durou);
- a frequência (quantidade de vezes ocorreu o problema);
- a sintoma (indicações percebidas que denotam a existência do problema);
- o erro causado (resultados produzidos em desacordo com o esperado);
- a severidade (seriedade do dano provocado pelo problema);
- o mecanismo (seqüência das ações realizadas e das circunstâncias em que elas ocorreram, que resultaram no problema).

Os elementos mais significativos que participam da construção de um *software* são:

- a organização que produz o *software* (cultura, política, relacionamento);
- os clientes que consomem o *software* (qualidade, satisfação, requisitos);
- os desenvolvedores que efetivamente produzem o *software* (entendimento dos requisitos, competência, criatividade);
- o processo de gestão da produção (estimativas, custo, qualidade, alocação dos recursos, comunicação);
- o processo de produção (qualidade, assertividade, padronização, documentação, padrões);
- a tecnologia empregada (compatibilidade, portabilidade, atualidade);
- os recursos físicos utilizados (disponibilidade, compartilhamento)
- os produtos intermediários de trabalho (corretude, disponibilidade, revisão)
- o produto de *software* (qualidade, erros após entrega, longevidade, tempo entre falhas).

As causas dos problemas são muitas e variam para cada organização, ambiente tecnológico e tipo de projeto de desenvolvimento, sendo que as principais estão nos recursos humanos, nos problemas técnicos, nos padrões, na metodologia, no ambiente organizacional e no ambiente computacional (SCHULTE, 2009).

2.3 Controle estatístico de processos

O controle estatístico de processos (CEP) surgiu com SHEWART na década de 1930 tendo como foco evidenciar os produtos com defeito, bem como a perda de produtividade para resolver problemas de qualidade do produto. Atualmente, o objetivo fundamental do CEP evoluiu no sentido de controlar o processo (causa), responsável pela produção do produto ou serviço (efeito), o qual, por sua vez, pode ou não ter defeitos ou ser de melhor ou pior qualidade (COSTA NETO, 2003).

A finalidade do CEP é mostrar os resultados dos processos produtivos com o intuito de buscar as causas da variação ou aleatoriedade e, com isso, elaborar ações corretivas para atingir a estabilidade do processo (FLORAC e CARLETON, 1999). Em outras palavras, conhecendo-se os padrões de variação do processo, pode-se estabelecer os padrões de qualidade dos resultados do processo (WHEELER, 2000).

Todo processo exhibe algum tipo de variação e esta só pode ser constatada através da análise dos dados coletados durante a operação (LIUKKONEN e TUOMINEN, 2003). A variação no desempenho de qualquer processo de trabalho afeta os tempos de execução das atividades, os custos dos produtos intermediários de trabalho e do processo como um todo, a qualidade do produto e, finalmente, a satisfação dos clientes (RAMOS, 1995).

As variações podem ser atribuídas a qualquer um dos elementos participantes do processo produtivo: recursos, processo ou gerenciamento. Quanto aos recursos, podem ser causados por especificações incorretas das matérias-primas, erro de operação, desgaste das máquinas e

ferramentas; se relacionado com o processo produtivo, a causa pode ser atribuída a métodos de trabalho incorretos ou, então, quando relacionado ao gerenciamento, as causas podem estar ligadas a divergências do planejamento ou falha na alocação dos recursos, entre outros (LOWRY *et al.*, 1995).

Considerando que a distribuição dos resultados de um processo seja normal, as variações só podem ser explicadas ou por causas especiais ou causas normais (RAMOS, 1995). As causas especiais são provocadas por acontecimentos não controláveis, produzem resultados totalmente discrepantes, não permitem que se estabeleça um padrão ou distribuição de probabilidade e criam instabilidade no processo (MONTGOMERY, 2004).

As causas comuns estão presentes em todos os processos, decorrem de situações do dia-a-dia e, quando pequenas, não interferem no desempenho do processo. Elas afetam todos os valores individuais dos elementos de um processo; são resultantes de diversas origens sem que nenhuma tenha predominância sobre a outra. Enquanto os valores individuais diferem entre si, quando são agrupados formam um padrão (distribuição de probabilidade), que pode ser caracterizado pela localização (centro da distribuição), dispersão (variabilidade dos valores individuais) e forma (formato da distribuição) (LOWRY *et al.*, 1995).

Um processo sob controle estatístico é estável quando todas as variações no seu comportamento são atribuídas à causas comuns e o desvio está dentro de limites estabelecidos. Após a estabilização do processo a sua capacidade deve ser observada, já que é possível que um processo sob controle não seja capaz de atingir os objetivos de um cliente ou de um projeto (FLORAC e CARLETON, 1999; MONTGOMERY, 2004). Neste caso, dependendo da análise da causa desta incapacidade, ações de melhoria ou até mesmo a mudança destes objetivos de desempenho devem ser realizadas.

A capacidade, portanto, é a variabilidade do processo, depois que este foi aperfeiçoado e está sob controle estatístico, ou seja, ela só pode ser obtida quando não existirem causas especiais associadas e somente causas comuns contribuem para esta variabilidade (MONTGOMERY, 2004).

Para que seja possível conhecer o que um processo é capaz de fazer, a utilização dos gráficos de controle é fundamental, já que os limites de um processo estável estão associados aos limites dos gráficos de controle. Existem diferentes tipos de gráficos de controle que podem ser aplicados conforme o tipo de dados, de variáveis ou de atributos, para melhor diferenciar os “ruídos” (causas comuns) dos sinais de variação (causas atribuíveis) do comportamento dos processos (FLORAC e CARLETON, 1999).

A figura 2 mostra um exemplo de um gráfico de controle, no qual os resultados do processo aparecem em duas dimensões: o momento quando ocorreram (eixo x) e o valor coletado (eixo y). A apresentação ao longo do tempo é importante, pois mostra o comportamento do processo, contemplando inclusive o efeito das medidas corretivas. A escala de valores é importante, pois mostra o comportamento do processo em relação aos limites determinados pela capacidade do processo e pelas especificações de operação.

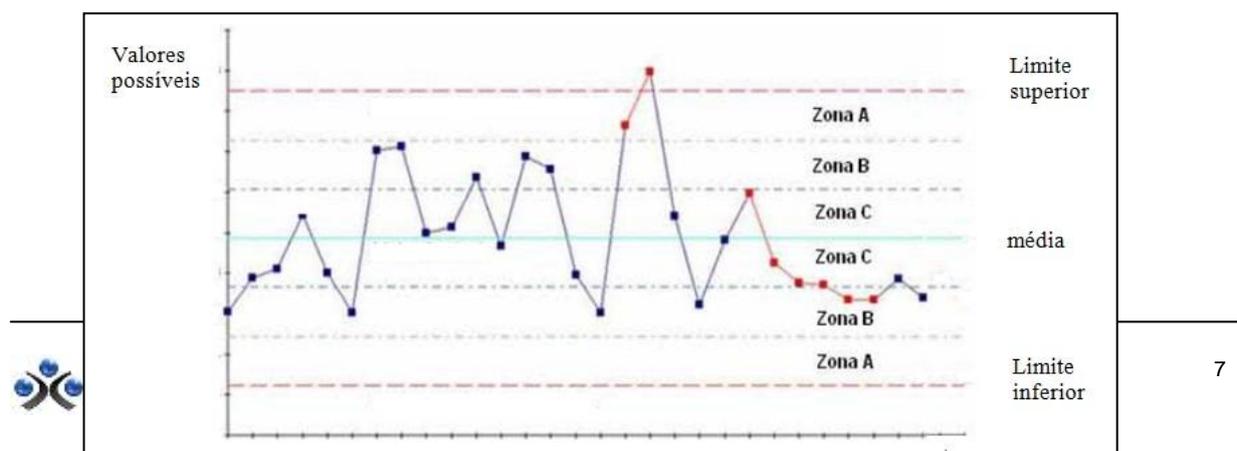


Figura 2- Gráfico de controle
 Fonte: WHEELER (2000)

O gráfico de controle permite acompanhar o comportamento e tendências do processo. Para tanto, separa-se a área compreendida entre os limites de controle em seis zonas (três acima da média e três abaixo da média). A zona C vai até um desvio-padrão, a zona B vai até dois desvios-padrões e a zona A vai até três desvios padrões. As tendências podem ser: (i) um ou mais pontos fora dos limites de controle; (ii) seqüência de pontos do mesmo lado da linha central; (iii) nove pontos consecutivos do mesmo lado da linha central; (iv) presença de ciclos ou tendências. Por exemplo: seis pontos consecutivos aumentando ou diminuindo, ou pontos oscilando para cima ou para baixo formando ciclos; (v) falta de variabilidade. Por exemplo: quatorze pontos consecutivos se alternando para cima e para baixo da linha central; (vi) seqüência de pontos próximos dos limites de controle. Por exemplo: dois em três pontos consecutivos bem próximos dos limites de controle superior ou inferior, zona A; (vii) seqüência de pontos na zona B. Por exemplo: quatro em cinco pontos consecutivos caírem na zona B; (viii) quinze pontos consecutivos na zona C; (ix) oito pontos seqüenciais em ambos os lados da linha central, sem nenhum ponto na zona C (LOWRY *et al.*, 1995; FLORAC e CARLETON, 1999; COSTA NETO, 2003; MONTGOMERY, 2004).

Quando existem pontos além dos limites inferior e superior, diz-se que o processo está instável, ou não está sob controle ou, ainda, é imprevisível. Isto ocorre porque existem causas especiais atuando no processo; elas ocorrem de forma independente e não controlado, como mostra a figura 3a.

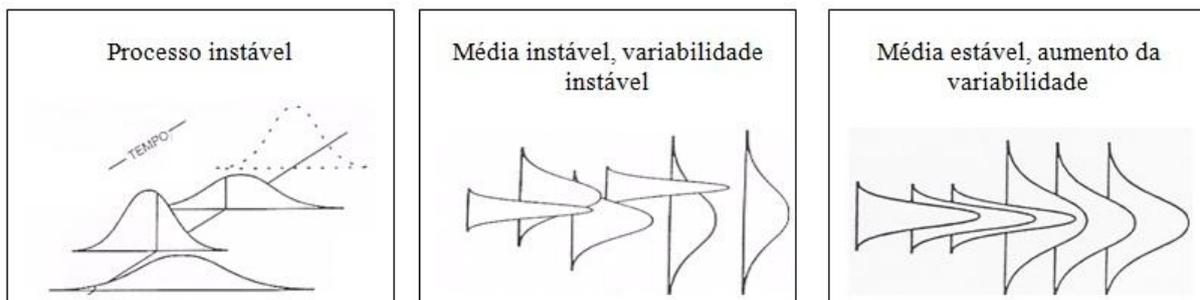


Figura 3a

Figura 3b

Figura 3c

Autor: Adaptado de COSTA NETO, 2003

Quando todos os pontos estão distribuídos aleatoriamente entre os limites superior e inferior, diz-se que o processo está estável estatisticamente, ou sob controle ou é previsível. Neste caso, a variação se deve somente às causas comuns (RAMOS, 1995).

A capacidade de um processo reflete a sua capacidade em produzir produtos de acordo com as especificações dos clientes ou da engenharia. A capacidade só pode ser calculada, avaliada e interpretada desde que se assegure que o processo se encontra sob controle estatístico (seja estável), isto é, não existam causas especiais atuando sobre ele. Ela é definida dentro da faixa de $\mu + 3\sigma$ e $\mu - 3\sigma$. Estes pontos são considerados como os limites naturais de qualquer processo e, portanto, são utilizados como limites de controle. Existe uma relação precisa entre

a distribuição da população e a distribuição das médias das amostras. Ambas são centradas na média do processo. Assume-se que a distribuição da população seja normal a fim de facilitar os cálculos, no entanto, a distribuição da média das amostras é sempre normal, independentemente da forma da distribuição da população (HARRY, 1998).

Nos processos de manufatura, a capacidade de produção depende da capacidade dos equipamentos e, portanto, as especificações são normalmente conhecidas *a priori* e só se alteram em função de modificação nos equipamentos – desgaste ou modernização.

Para os processos de prestação de serviço, nem sempre as especificações estão disponíveis e podem sofrer alterações mais amiúde, exigindo um constante monitoramento e reformulação das mesmas, principalmente em atividades nas quais a resposta às exigências dos clientes deva ser feita de forma rápida e dinâmica. Por exemplo: se uma organização desenvolve habitualmente um determinado tipo de *software* em 17 semanas em média com um desvio padrão de 2 semanas, pode-se dizer que o processo está estável. Mas, se a necessidade de seus clientes é que o produto esteja pronto em apenas 10 semanas, diz-se, então, que o processo é incapaz de atender a exigência. A figura 4 ilustra este caso.

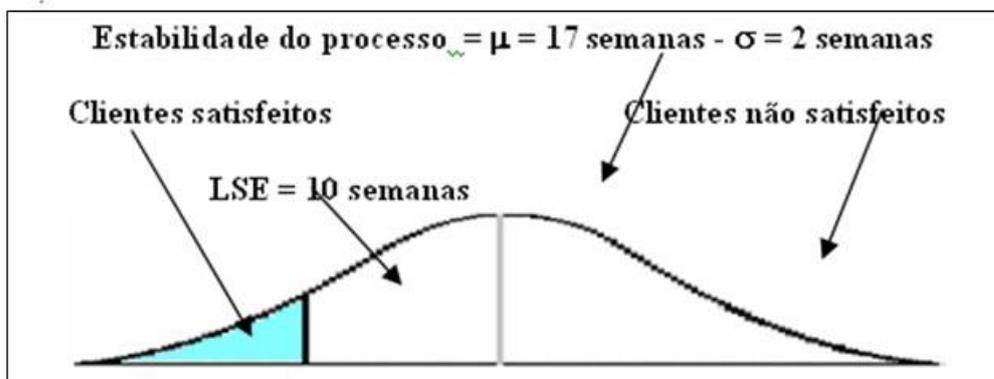


Figura 4: Estabilidade x capacidade do processo em serviços
(fonte: adaptado de BIEHL, 2004)

Os dados sobre os quais são aplicados os métodos estatísticos são classificados como variáveis ou atributos. As variáveis são medidas contínuas, como comprimento, tempo, grau de precisão, enquanto os atributos são usualmente dados discretos obtidos em geral na forma de contagem, como quantidade de erros, quantidade de reclamações, reincidência etc.

Os dados Algumas das críticas feitas ao uso do CEP são:

- não é levado em conta a quantidade de tempo entre a ocorrência das causas especiais de sorte que quanto mais tempo demora a acontecer uma causa especial, mais tempo este processo poderia ficar sem um controle mais acurado (DeVOR *et al.*, 1992);
- ele é inadequado para medidas preventivas, pois as informações são geradas após o fato ocorrido (SHINGO, 1996);
- um processo sobre o qual nunca foram feitos estudos de estabilidade, exige uma frequência maior de amostragem para identificar as oportunidades de melhorias o mais rapidamente possível (LOWRY *et al.*, 1995).

2.4 Seleção de processos, atributos e variáveis para controle estatístico de processos

Resumindo as principais contribuições da literatura, os critérios empregados para a seleção dos processos e seus atributos e variáveis a serem submetidos ao controle estatístico são os

indicados no quadro 3.

Quadro 3: Critérios de seleção de processos, atributos e variáveis

Critério	Detalhes
Impacto estratégico	Quando existe algum relacionamento aos objetivos de negócio para melhor atender os clientes (DAVENPORT, 1993; FLORAC e CARLETON, 1999)
Importância para o cliente	Quando estão envolvidas atividades que são julgadas importantes sob o ponto de vista do cliente (GOH e XIE, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999)
Urgência	Quando está em jogo a rapidez dos resultados frente à concorrência ou situação que envolve o relacionamento com os clientes (SARGUT e DEMIRORS, 2006)
Praticidade	Quando se referem àqueles mais favoráveis de captura de dados, verificação, normalização e apresentação (BARCELLOS, 2008; WANG <i>et al.</i> , 2009)
Disfunção	Quando se referem àqueles que estão apresentando mais problemas (por erro, falta de capacidade etc) (GOH e XIE, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999; BARCELLOS, 2008)

3. Metodologia da pesquisa

Com o objetivo de compreender a utilização do controle estatístico de processos em organizações de alta maturidade, optou-se pela utilização da abordagem de pesquisa qualitativa exploratória. De acordo com as recomendações de Yin (2005), este tipo de pesquisa mostrou-se adequado porque, além da dificuldade que cerca o campo da estatística para a gestão de produção de *software* e da raridade de empresas que praticam técnicas de controle estatístico, torna-se necessário entender a opinião do corpo gerencial os processos candidatos aos controles estatísticos e suas variáveis e atributos,

O caráter exploratório se confirmou uma vez que são poucas as publicações que relacionam níveis de maturidade em produção de *software*. Sendo assim, esse trabalho visa, sobretudo, identificar os critérios utilizados por uma organização na escolha dos processos a serem controlados, na impraticabilidade de se controlar todos os processos. Por outro lado, procurou-se confrontar se as variáveis e atributos, alvo dos controles estatísticos, convergiam para o recomendado na literatura a respeito de métricas na produção de *software*.

Como procedimento de pesquisa foi utilizado o método de estudo de caso, que, segundo Yin (2005,) é adequado quando se busca uma maior compreensão sobre os fatos contemporâneos pesquisados, bem como permite uma análise intensa de um número relativamente pequeno de situações, dando ênfase a um melhor e mais abrangente entendimento do fenômeno.

O problema que orientou a pesquisa pode ser resumido da seguinte forma: “Como uma organização de alta maturidade na produção de (DAVENPORT, 1993; GOH e XIE, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999; SARGUT e DEMIRORS, 2006; BARCELLOS, 2008; WANG *et al.*, 2009) elege ou prioriza os processos e seus atributos e variáveis para controlá-los estatisticamente?”.

Face à literatura compulsada, foram estipuladas duas hipóteses capazes de explicar o comportamento desse tipo de organização:

1. o controle dos processos é priorizado de acordo com uma matriz, considerando (impacto estratégico, importância para o cliente, urgência, praticidade e disfunção, conforme quadro 3 (DAVENPORT, 1993; GOH e XIE, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999; TARHAN e DEMIRORS, 2006; BARCELLOS, 2008; WANG *et al.*, 2009)
2. Os aspectos mensuráveis são os que dizem respeito à prazo, custo e qualidade - “triologia da gestão do desenvolvimento de *software*” (SCHULTE, 2009)

3.1 Estudo de caso

A escolha da empresa pesquisada foi intencional e por conveniência. É uma das maiores empresas de produção de software do mundo, atuando em diversos países. Seus principais clientes são governos, instituições bancárias e empresas de telecomunicação.

Desenvolve projetos específicos, participando, via de regra, de certames de seleção da empresa fornecedora. Seu foco de atuação característico é a elaboração do projeto físico do software, o que envolve a concepção das três camadas (armazenamento de dados, aplicação e apresentação; de uma maneira geral, entrega o projeto pronto para uso (*turn-key*). Dependendo do contrato, assume também a responsabilidade de prestar manutenção durante o ciclo de vida do produto de software.

O portfólio de produtos de *software* mostra a experiência da empresa em diversas linhas de software: administrativo/comercial e automação (instituições bancárias), processo produtivo bélico e gestão econômica (governo), *software* embutido (empresas de telecomunicação).

Mantém fábricas de *software* em duas localidades no mundo, sendo que uma delas está sediada no Brasil a cerca de cinco anos. O país foi escolhido por se caracterizar numa das maiores potências mundiais no campo de software, tanto em consumo quanto pela qualidade dos engenheiros de *software*. Nestas fábricas, mantém equipes especializadas em diversos ambientes computacionais (*mainframe* de diversas linhas), baixa plataforma cliente-servidor, ambiente web e embutidos.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas na pesquisa de campo, buscando uma ampla visão das variáveis estudadas. Participaram da entrevista o gerente da qualidade e dois gerentes de produção de software, responsáveis por todo o ciclo de desenvolvimento de *software*. A organização esteve sempre aberta às pesquisas sobre produção de I e demais atividades acadêmicas. Constam de seu quadro de colaboradores diversos acadêmicos e pesquisadores.

Em termos de gestão dos processos de desenvolvimento de *software*, optou-se desde a criação da empresa (a cerca de 20 anos) apontar o máximo de informações possíveis. Seus fundadores eram engenheiros de *software* de grande experiência e reputação, que antes de iniciar as operações comerciais da empresa, planejaram-na de sorte a coletar automaticamente grande parte dos dados necessários para estimativas e controle gerencial. A cultura sobre métricas de software é bastante enraizada na organização e todos os postos de trabalho são estimulados a entender de forma simples os controles sob sua responsabilidade.

Na instalação da planta brasileira, passaram por grande dificuldade no sentido de mudar a cultura dos engenheiros locais, que inicialmente, entendiam controle como uma forma de perseguição, espionagem e desconfiança. No entanto, a partir do momento que perceberam que os ganhos em produtividade se tornavam estímulos para o desenvolvimento profissional e melhoria financeira o quadro de resistência se transformou em adesão maciça. Este bom conceito da organização tem sido alvo de pesquisa no campo da Ciência de Administração e Psicologia do Trabalho.

Os principais elementos controlados relativos aos processos de produção de *software* são constantes no quadro 4.

Quadro 4: Elementos e controles realizados

Elementos	Momentos do controle
-----------	----------------------

	Entrada	Processamento	Saída
Clientes e Produtos entregues	Quantidade de revisões dos requisitos	Prazo de entrega	Quantidade de erros Quantidade de divergências em relação aos requisitos Quantidade de expressões de bom atendimento
Gerentes	Quantidade de modificações no projeto Quantidade de modificações nas estimativas	Quantidade de repreensões na equipe Quantidade de elogios para as equipes	
Processos	Quantidade de consultas na documentação		Quantidade de pontos de melhoria
Tecnologia	Quantidade de itens novos utilizados	Quantidade de falhas	Quantidade de versões instaladas
Engenheiros	Quantidade de projetos simultâneos	Tempo de atividade Quantidade de testes	Quantidade de tentativas Quantidade de erros por etapa

Enfatiza-se que o consumo de tempo das pessoas e dos recursos em geral para apontamento procura ser o mínimo possível, dado ao forte investimento realizado em ferramentas de automação. A título de exemplo, o sistema de controle consegue identificar quantas vezes um engenheiro de software modificou a sua lógica interna de estruturação e criação de um componente de *software*.

Todas as evidências da execução dos processos, atributos e variáveis da produção de software são coletadas de forma automática. Como são apontados dados relativos ao planejamento (estimativas) e de realização, os controles também são feitos automaticamente.

Em relação aos projetos em andamento, as atenções gerenciais se manifestam quanto a prazo, orçamento e qualidade e, periodicamente, cada projeto é avaliado e seu conceito é classificado em uma das três situações:

- andamento adequado (a quantidade de realização corresponde ao consumo dos recursos);
- andamento com atenção (a quantidade de realização está parcialmente abaixo do consumo de recursos) e
- andamento com problemas (a quantidade de realização está significativamente abaixo do consumo de recursos, exigindo dedicação total da equipe – desenvolvedores e gerentes).

Embora a atenção gerencial recaia via de regra sobre os processos que estão apresentando desempenho abaixo do esperado tomando-se por base os projetos que estão em andamento, cabe à área da Qualidade se preocupar com os aspectos de melhoria contínua, ou seja, melhoria no desempenho dos processos de forma sistemática e duradoura.

Para tanto, duas vezes ao ano, todos os colaboradores (alta direção, gerências, engenheiros e terceiros) fazem uma votação de cada um dos processos em relação aos critérios indicados no quadro 5.

Quadro 5 – critérios para votação dos processos para programas de melhoria contínua

Critério	Detalhes
Impacto estratégico	Processos identificados como sendo estratégicos para a organização
Importância técnica	Processos identificados como sendo importantes tecnicamente
Urgência	Processos cuja melhoria é considerada urgente
Praticidade	Processos identificados como práticos, fáceis e exemplares para aplicação de melhorias
Disfunção	Processos problemáticos para a organização

Para cada processo e cada critério, o votante atribui uma nota de “zero” a “dez” indicando a intensidade do critério para a melhoria contínua. Além disso, a alta direção juntamente com a área de qualidade pode estabelecer um peso diferente (que varia de um a dez) para cada critério.

O quadro 6 mostra a estrutura de tabulação para cada um dos processos e as suas respectivas totalizações.

Quadro 6 – Estrutura de tabulação para melhoria dos processos

Processos	Critérios de análise do desempenho dos processos					Soma dos votos ponderados
	Impacto estratégico	Importância técnica	Urgência	Praticidade	Disfunção	
Processo 1	$\Sigma \text{votos} \times P_{ie}$	$\Sigma \text{votos} \times P_{it}$	$\Sigma \text{votos} \times P_u$	$\Sigma \text{votos} \times P_p$	$\Sigma \text{votos} \times P_d$	ΣP_1
Processo 2	$\Sigma \text{votos} \times P_{ie}$	$\Sigma \text{votos} \times P_{it}$	$\Sigma \text{votos} \times P_u$	$\Sigma \text{votos} \times P_p$	$\Sigma \text{votos} \times P_d$	ΣP_2
:	:	:	:	:	:	:
Processo n	$\Sigma \text{votos} \times P_{ie}$	$\Sigma \text{votos} \times P_{it}$	$\Sigma \text{votos} \times P_u$	$\Sigma \text{votos} \times P_p$	$\Sigma \text{votos} \times P_d$	ΣP_n

A alta direção determina junto com a área da qualidade a quantidade de processos que deverão fazer parte do programa de melhoria contínua no próximo semestre, seguindo a ordem de prioridade (quanto maior a quantidade de pontos obtidos por um processo, mais ele se torna prioritário para o programa de melhoria).

3.2 Resultados

A escolha dos processos a serem controlados estatisticamente não ocorreu de acordo com um critério de priorização, conforme sugere a literatura. No caso analisado, a criação da empresa ocorreu de forma planejada, sabendo a direção exatamente como queria controlar os negócios.

Conseqüentemente, a primeira hipótese (priorização dos processos para controle) está ligada à evolução dos negócios; no caso em estudo, a organização promove dois tipos de controle estatístico: um em curto prazo, considerando a carteira de projetos em andamento, procurando sanar mais os efeitos nefastos do desalinhamento entre o realizado e o planejado e outro, com o objetivo de melhoria contínua, identificado pela comunidade empresarial. É importante ressaltar que neste caso, diferentemente da literatura, a importância para o cliente é substituída pela importância técnica, ou seja, priorizando a visão interna da empresa.

A segunda hipótese foi confirmada totalmente, ou seja, a trílogia da gestão foca as três entidades envolvidas na produção de *software*: empresa (visão de custo), os engenheiros (visão de prazo) e o cliente (qualidade do produto).

4. Considerações finais

Para realizar o controle estatístico e analisar o desempenho de seus processos, as organizações devem definir medidas e coletar dados. O uso mais preciso do ferramental estatístico traz para a organização uma confiança nos resultados históricos praticados e mais clareza ao estipular sua política comercial baseada nos histórico da organização e na capacidade de suas equipes. As decisões se pautam em fatos e, portanto, pode ser sistematizada, e não de forma ad-hoc ou baseada em suposições ou experiência de um ou outro gerente.

Além disso, outros benefícios decorrem de ter processos organizados e controlados amiúde: oportunidades de melhoria tratadas de forma sistemática, mitigação dos riscos por uso de medidas e controles inadequados, aumento do conhecimento sobre a própria organização e seus processos.

Pode-se admitir ainda que cada organização determina como será o seu sistema de controle, o qual vai depender da história da empresa, do interesses da alta direção e, principalmente, da

evolução dos negócios. Por outro lado, as visões externas (alinhamento do negócio às condições de mercado) e internas (recursos, tecnologia e capacitação) devem estar alinhadas evitando-se situações de falta do controle necessário e existência de controles que não agregam valor.

Referências

- AMARAL, D. C.; ROZENFELD, H. ARAUJO, C.** *A case study about product development process evaluation.* In: LOUREIRO, G.; C.; CURRAN, R. (editors). *Complex systems concurrent engineering: collaboration, technology innovation and sustainability.* Springer – Verlag, London, 2007.
- BARCELLOS, M. P.;** *Uma Abordagem para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade, Engenharia de Sistemas de Computação Rio de Janeiro, Exame de Qualificação, PESC, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.*
- BIEHL, R.E.** *Six Sigma for software. Quality time.* IEEE Software. v.21, n.2, p. 68-70. Mar-Apr, 2004.
- CHRISISS, M. B., KONRAD, M., SHRUM, S.** *CMMI (2nd edition): Guidelines for Process Integration and Product Improvement,* Addison Wesley Professional, 2006.
- COSTA NETO, P. L. O.** *Estatística.* 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- DAVENPORT, T. H.** *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology,* Harvard Business Press, 1993.
- DeVOR, R. E.; CHANG, T. H.; SUTHERLAND, J. W.** *Statistical quality design and control: contemporary concepts and methods.* New York: MacMillan, 1992.
- DRUCKER, P. F.** *Administrando em tempos de grandes mudanças.* 3ª.ed. São Paulo: Pioneira Administração e Negócios, 1996.
- EWUSI-MENSAH, K.** *Software development failure.* Cambridge: MIT Press, 2003.
- FAN, M.; KUMAR, S.; WHINSTON, A.B.** *Short-term and long-term competition between providers of shrink-wrap software and software as a service.* European Journal of Operational Research. V.196, issue 2, p.661-671, jul 2009.
- FERREIRA, A.I.F.** *Seleção de processos de software para controle estatístico.* Coppe/UFRJ. Dissertação de Mestrado: orientação de Ana Regina Cavalcanti da Rocha. Rio de Janeiro, 2009.
- FLORAC, A.; CARLETON, A.** *D. Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement,* Addison-Wesley, 1999.
- GOH, T. N.; XIE, M.; XIE, W.** *Prioritizing Process in Initial Implementation of Statistical Process Control,* IEEE Transactions on Engineering Management, v.45, Issue 1, p. 66-72, 1998.
- GARVIN, D. A.** *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- HARRY, M, J.** *Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability.* Quality Progress. v.31, n. 5, May 1998.
- HUMPHREY, W. S.,** *Managing the Software Process, Software Engineering Institute.* Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- LIUKKONEN, T.; TUOMINEN, A.** *Decreasing variation in paste printing using statistical process control.* Microelectronics reliability. v.43, p.1157-1161, 2003.
- LOWRY, C.A.; CHAMP, C.W.; WOODALL, W.H.** *The performance of control charts for monitoring process variation.* Communications in Statistics: Computation and Simulation. v.21, 1995.
- MISTRÍK, I.; GRUNDY, J. HOEK, A.; WHITEHEAD, J.** *Collaborative Software Engineering. Cap. Outshore maturity model: assistance for software offshore outsourcing decisions.* Computer Science collection, p.329-341, 2010.
- MONTGOMERY, D. C.** *Introduction to Statistical Quality Control,* John Wiley & Sons, 2004.
- PRAHALAD, C.K.; ROSS, S.M; McCRACKEN P.; McCRACKEN R.** *A strategic perspective of innovation.* International Journal of Innovation Science. v.1, n.4, p.161-166, Dec, 2009.

- RAMOS, A. W.** *Controle estatístico de processo para pequenos lotes*. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.
- SARGUT, K. U.; DEMIRORS, O.** *Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions*, Software Quality Journal, p. 135-157, 2006.
- SHINGO, S.** *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SCHULTE, J.** *A software verification & validation management framework for the Space Industry*. Master Thesis in Software Engineering (MSE-2009:12). School of Engineering Blekinge Institute of Technology, Ronneby, Sweden, Sep 2009.
- WANG, H.; ZHOU, B.; LUO, W.** *Research on CMMI-based process performance models*. Jisuanji Gongcheng yu Sheji (Computer Engineering and Design). v. 30, n. 1, p. 110-112, 2009.
- WHELLER, E. F.**, 2000, *Practical Applications of Statistical Process Control*, IEEE Software, v. 17, Issue 3, p. 48-55.
- YIN, R. K.** *Estudo de caso: planejamentos e métodos*. 3ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.