



Controle Estatístico de Processos Aplicado a Processos de Software

Do “Chão de Fábrica” para as Organizações de Software

Os avanços tecnológicos e a alta competitividade do mercado estão, continuamente, aumentando a demanda para que os softwares produzidos sejam cada vez maiores, mais robustos e mais adaptáveis às mudanças dos ambientes em que operam. Mesmo diante de todos os avanços tecnológicos, os projetos de software ainda são caracterizados, em boa parte das organizações, por testes insuficientes, treinamento inadequado, cronogramas irrealistas e arbitrários, falta de controle de mudanças, orçamentos não cumpridos e estabelecimento e utilização de padrões de qualidade insuficientes. Isso faz com que a demanda pelo bom gerenciamento dos projetos e processos de software também aumente.

A medição é um dos caminhos que apóiam o gerenciamento dos processos e projetos de software. As medidas, ao serem coletadas e armazenadas, podem ser analisadas através de métodos e fornecerem, assim, informações importantes para a realização de ações corretivas e preventivas que orientem os projetos e processos a alcançarem seus objetivos.

Neste artigo veremos

Este artigo apresenta os principais conceitos e questões relacionadas ao controle estatístico de processos e sua utilização em processos de software.

Qual a finalidade

Fornecer conhecimento essencial sobre a utilização do controle estatístico de processos para organizações, pesquisadores, estudantes e profissionais de software envolvidos em atividades relacionadas aos níveis gerencial e/ou estratégico das organizações.

Quais situações utilizam esses recursos?

Para organizações que estão a caminho dos níveis mais elevados de maturidade de seus processos e precisam implantar o controle estatístico de processos; para organizações que estão iniciando o caminho de melhoria de processos e desejam, desde já, conhecer e se preparar para o que será necessário no futuro, nos níveis mais elevados; para profissionais envolvidos na implementação de programas de melhoria de processos de software; para estudantes e pesquisadores que desejam explorar o tema.



Monalessa Perini Barcellos

monalessa@inf.ufes.br

Doutoranda em Engenharia de Sistemas e Computação (COPPE/UFRJ), Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação (COPPE/UFRJ), Bacharel em Ciência da Computação (UFES). Professora do Departamento de Informática, área Engenharia de Software, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Atuante, desde 1999, em projetos, consultorias, treinamentos e pesquisas da área de Engenharia de Software.

A utilização do controle estatístico de processos, tema deste artigo, trata do que foi descrito no parágrafo anterior, considerando, nesse caso, que os métodos utilizados são métodos estatísticos. Ou seja, são utilizados métodos estatísticos específicos para analisar os dados coletados para medidas ao longo de projetos, a fim de analisar o comportamento dos processos e determinar seu desempenho para, a partir daí, fornecer diretrizes para, caso seja necessário, realizar ações corretivas e de melhoria que levem os processos a alcançarem os objetivos para eles estabelecidos. O desempenho de um processo pode ser definido como uma medida dos resultados atuais que o processo alcançou e pode ser caracterizado por medidas de processo (por exemplo: esforço, prazo e eficiência de remoção de defeitos) e por medidas de produto (por exemplo: confiabilidade e densidade de defeitos) (CMMI, 2006).

O controle estatístico de processos foi originalmente desenvolvido para implementar um processo de melhoria contínua em linhas de produção na área de manufatura, envolvendo o uso de ferramentas estatísticas e técnicas de resolução de problemas com o objetivo de detectar padrões de variação no processo de produção para garantir que os padrões de qualidade estabelecidos para os produtos fossem alcançados. É uma metodologia utilizada para determinar se um processo está sob controle, sob o ponto de vista estatístico.

O sucesso da aplicação do controle estatístico de processos na manufatura levou à sua aplicação em outras áreas, como química, eletrônica, alimentação, negócios, saúde e desenvolvimento de software, entre outras.

A principal diferença entre o controle estatístico de processos e a estatística clássica é que esta, tipicamente, utiliza métodos baseados em dados 'estáticos no tempo', ou seja, os testes estatísticos consideram um agrupamento de dados ignorando sua ordem temporal. Na maioria das vezes, independente da ordem em que esses dados forem analisados, o resultado da análise será o mesmo. Esses testes são relevantes especialmente quando se deseja comparar quão similares ou diferentes são dois grupos de dados, porém, não são capazes de, sozinhos, revelarem se houve melhoria ou não. Em contrapartida, o controle estatístico de processos combina o rigor da estatística clássica à sensibilidade temporal da melhoria pragmática, onde a ordem temporal dos dados é fator relevante para sua representação e análise. Assim, através da associação de testes estatísticos com análises cronológicas, o controle estatístico de processos habilita a detecção de mudanças e tendências no comportamento dos processos.

Estabilidade e Capacidade dos Processos

Considerando o comportamento dos processos, dois conceitos são importantes: estabilidade e capacidade.

Um processo é considerado estável se o mesmo é repetível. A estabilidade permite prever o desempenho do processo em execuções futuras e, com isso, apóia a elaboração de planos que sejam alcançáveis. Por outro lado, um processo é capaz se ele, além de ser estável, alcança os objetivos e metas da organização e do cliente.

Em relação à estabilidade, é importante destacar que é intrínseco aos processos apresentar variações em seu comportamento. Sendo assim, um processo estável não é um processo que não apresenta variações e, sim, um processo que apresenta variações aceitáveis, que ocorrem dentro de limites previsíveis, que caracterizam a repetitividade de seu comportamento.

As variações aceitáveis são provocadas pelas chamadas causas comuns. Elas provocam desvios dentro de um limite previsto para o comportamento do processo. São variações que pertencem ao processo, ou seja, é o resultado de interações normais dos componentes do processo: pessoas, equipamentos, ambientes e métodos. Considerando processos de software, um exemplo de causa comum pode ser a diferença de produtividade entre os membros de uma equipe relativamente homogênea. Cada membro executa um certo processo com uma determinada produtividade, sendo assim, as variações causadas no comportamento desse processo, por essa diferença de produtividade entre seus executores, são previsíveis.

Por outro lado, as chamadas causas especiais provocam desvios que excedem os limites de variação aceitável para o comportamento do processo, revelando um processo instável. As causas especiais são eventos que não fazem parte do curso normal do processo e provocam mudança no padrão de variação esperado. Considerando processos de software, a inclusão de um membro inexperiente na equipe poderá alterar o comportamento do processo além do esperado, caracterizando uma causa especial. Dificuldades na utilização de um novo aplicativo de apoio à execução do processo também podem levar a variações não previstas, sendo assim outra causa especial.

A estabilização de um processo depende da eliminação de suas causas especiais, ou seja, das causas das variações não aceitáveis para o comportamento do processo. Quando todas as variações no comportamento de um processo são aceitáveis, isto é, quando não há causas especiais, o processo é dito estar sob controle estatístico. Um processo sob controle estatístico é um processo estável.

A partir do momento que um processo torna-se estável, uma baseline que caracteriza o comportamento atual do processo pode ser definida. Esse comportamento descreve o desempenho com o qual as próximas execuções do processo serão comparadas.

Mas, como saber qual é a variação aceitável para o comportamento de um processo?

O comportamento de um processo é descrito através de medidas de produto e/ou de processo. Por exemplo, o comportamento do processo de Inspeção pode ser descrito através da medida densidade de defeitos, definida pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado. Para cada processo, os limites de variação são calculados aplicando-se métodos estatísticos como, por exemplo, gráficos de controle aos dados coletados para as medidas que o descrevem, que serão melhor descritos mais adiante neste artigo. Esses dados são coletados durante a execução do processo nos projetos da organização. A aplicação do(s) método(s) estatístico(s) adequado(s) determinará, a partir

desses dados, os valores dos limites de variação esperados. Em um processo estável, todos os valores considerados na análise do comportamento estarão dentro desses limites de variação que são uma baseline do desempenho do processo.

Considerando o processo de Inspeção citado anteriormente, suponha que tenha sido aplicado um método estatístico apropriado aos dados coletados para a medida densidade de defeitos, que foram obtidos os limites de variação 7 e 12, e que todos os valores analisados encontravam-se dentro desses limites. Isso quer dizer que os valores 7 e 12 compõem a baseline de desempenho do processo de Inspeção considerando a medida densidade de defeitos, e que esse é o comportamento esperado para o processo quando executado nos projetos da organização. Ao ser executado nos projetos, caso o processo apresente comportamento diferente do estabelecido pelos limites, deve ser feita uma investigação, pois alguma causa especial provocou esse comportamento.

É importante reforçar que a baseline só pode ser estabelecida para processos estáveis. Logo, ainda considerando o exemplo citado para o processo de Inspeção, caso a aplicação dos métodos estatísticos tivesse revelado dados fora dos limites, as causas desses pontos deveriam ser tratadas e o comportamento do processo deveria ser novamente analisado. Essas ações devem se repetir até que todos os dados considerados na análise estejam dentro dos limites estabelecidos, ou seja, até que o processo seja estabilizado. Nesse momento é determinada a baseline que descreve o desempenho previsto para o processo nos projetos da organização.

Uma vez estabilizado, a capacidade do processo deve ser analisada.

A capacidade descreve os limites de resultados que se espera que o processo alcance para atingir os objetivos estabelecidos. Caso o processo não seja capaz, ele deve ser alterado através da realização de ações de melhoria que busquem o alcance da capacidade desejada. Melhorar a capacidade de um processo significa diminuir os limites de variação que são considerados aceitáveis para seu comportamento, ou seja, consiste em tratar as causas comuns.

O processo de Inspeção do exemplo citado apresentou-se estável e com baseline definida pelos limites 7 e 12 para a medida densidade de defeitos. Suponha, agora, que o objetivo estabelecido para esse processo tenha sido apresentar uma densidade de defeitos entre 8 e 10. Nesse caso, apesar de estável, o processo de Inspeção não é capaz de atender ao objetivo para ele estabelecido. Para torná-lo capaz, são necessárias ações incidentes sobre as causas comuns (pessoas, equipamentos, ambiente), a fim de diminuir a variação esperada para o comportamento do processo.

A capacidade do processo é conhecida como voz do processo. Por outro lado, a capacidade desejada para o processo, estabelecida levando-se em consideração os objetivos da organização e do cliente, é chamada de voz do cliente. Obviamente é desejável que a voz do processo atenda a voz do cliente. Porém, isso nem sempre é possível.

É preciso considerar que, algumas vezes, a capacidade

desejada para o processo não é possível de ser obtida. Nesse caso, os objetivos estabelecidos devem ser revistos, pois não são realistas. Ou seja, algumas vezes é preciso rever a voz do cliente, considerando a voz do processo.

Bom, então é isso? Uma vez que os processos estão estáveis e são capazes, o papel do controle estatístico de processos se encerra?

Nada disso! Como comentado no início deste artigo, o controle estatístico de processos surgiu para apoiar a implementação de programas de melhoria contínua nos processos da manufatura. Logo, se o controle estatístico de processos apóia melhoria contínua, seu papel não se encerra quando processos capazes são obtidos.

Quando um processo torna-se capaz, um novo ciclo de melhoria pode (e normalmente deve) ser iniciado, estabelecendo-se novos objetivos para que o processo possa ser melhorado continuamente.

Muitas organizações conhecidas pela excelência de seus programas de qualidade estabelecem limites de variação bastante 'estritos' para os processos e, uma vez que estes são alcançados, a organização obtém processos estáveis, capazes e com um grau de variabilidade consideravelmente baixo.

Quanto menor a variação dos processos, menores são as chances de desvios entre os valores planejados e realizados nos projetos, ou seja, maior é a aderência dos projetos aos cronogramas, orçamentos e demais planejamentos estabelecidos. Consequentemente, melhor será a gerência dos projetos e processos.

Os princípios do controle estatístico de processos são encontrados em outras abordagens da indústria. O Six Sigma, por exemplo, que também teve sua origem na área de manufatura, é uma abordagem para melhoria de processos baseada na medição do desempenho dos processos. Ele foca a melhoria da satisfação do cliente através da prevenção e eliminação de defeitos e, consequentemente, melhoria dos processos organizacionais.

Então, recapitulando: considerando-se os conceitos relacionados ao comportamento de um processo (capacidade e estabilidade), no controle estatístico de processos, a análise do comportamento de um processo pode levar a três direções: (i) remover/tratar as causas especiais para tornar o processo estável; (ii) mudar o processo, quando este é estável, mas incapaz, para que o mesmo torne-se capaz de atender os objetivos do cliente e da organização; e, (iii) melhorar continuamente o processo, quando este é estável e capaz.

Métodos Estatísticos

Existe uma variedade considerável de métodos estatísticos que podem ser utilizados como ferramentas analíticas para representar e analisar os dados coletados para as medidas.

Exemplos de métodos estatísticos são os gráficos de barras, diagramas de tendências, histogramas e gráficos de controle, entre outros. Os gráficos de controle, muito utilizados no controle estatístico de processos, são capazes de medir a variação dos processos e avaliar sua estabilidade. Esses gráficos associam métodos de controle estatístico e representação gráfica

para quantificar o comportamento de processos auxiliando a detectar os sinais de variação no comportamento dos processos e a diferenciá-los dos ruídos. Os ruídos dizem respeito às variações que são aceitáveis e são intrínsecas aos processos (causas comuns). Já os sinais indicam variações que precisam ser analisadas (causas especiais).

Existem diversos tipos de gráficos de controle e cada um deles é melhor aplicável a determinadas situações. O primeiro passo para utilizar um gráfico de controle é selecionar o tipo adequado às medidas, dados e contexto a serem analisados. Em seguida, os dados devem ser plotados e os limites calculados.

A maneira como os dados serão plotados, se serão agrupados e como os limites de controle serão calculados, são definidos pelo tipo de gráfico de controle que será utilizado. Cada tipo possui um conjunto de métodos quantitativos e/ou estatísticos associados.

A representação gráfica facilita a percepção de valores fora dos limites esperados, ou seja, a presença de causas especiais. Porém, as causas especiais nem sempre aparecem fora dos limites, por isso, existem métodos de análise estatística que orientam sobre como identificar pontos que merecem atenção nos gráficos de controle, mesmo quando não estão fora dos limites permitidos à variação.

O layout básico de um gráfico de controle é ilustrado na **Figura 1**. Tanto a linha central quanto os limites superior e inferior representam estimativas que são calculadas a partir de um conjunto de medidas coletadas. Os limites superior e inferior ficam a uma distância de três desvios padrão em relação à linha central. A linha central e os limites não podem ser arbitrários, uma vez que são eles que refletem o comportamento atual do processo. Seus valores são obtidos aplicando-se as expressões e constantes definidas pelo tipo de gráfico de controle a ser utilizado.

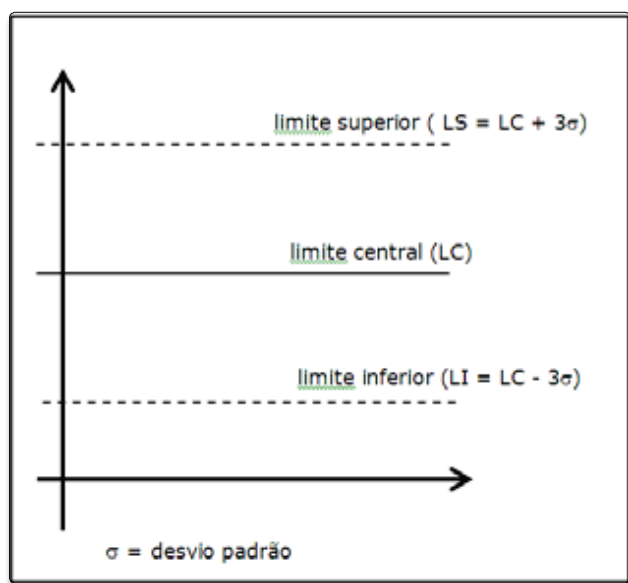


Figura 1. Layout básico de um gráfico de controle.

A **Figura 2** ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar as medidas coletadas em um

processo estável, ou seja, onde não há causas especiais. O gráfico representa a média diária de horas dedicadas a atividades de suporte por semana em uma determinada empresa.

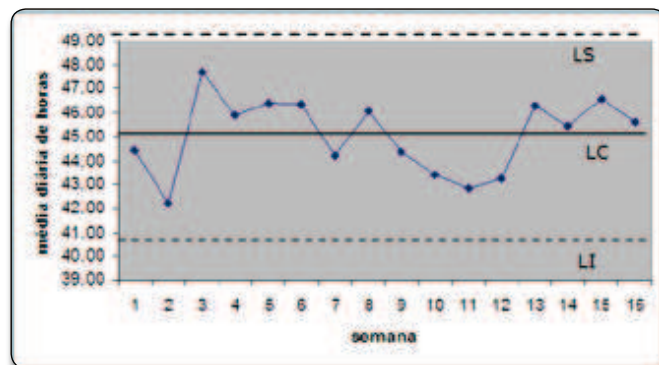


Figura 2. Processo estável.

Na **Figura 3** é apresentado um gráfico que ilustra um processo cujo comportamento extrapolou os limites de variação aceitáveis, sendo identificados pontos cujas causas de variação (causa especial) devem ser investigadas. O gráfico representa o número de problemas relatados pelos clientes diariamente à área de suporte de uma organização que não foram resolvidos (PNR).

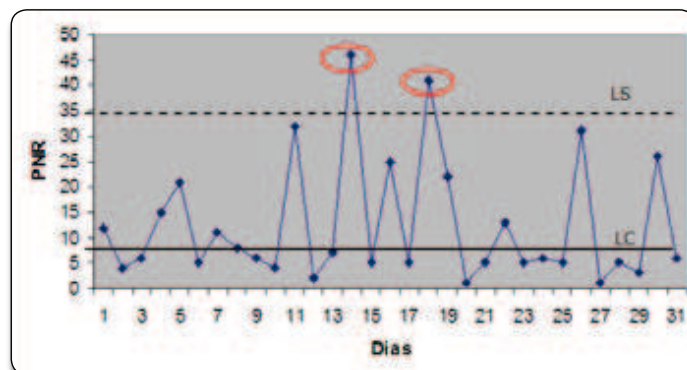


Figura 3. Processo com causas especiais explícitas.

Na **Figura 3**, os pontos que caracterizam a instabilidade do processo estão bastante explícitos, acima do limite superior de variação permitido. Porém, conforme mencionado anteriormente, os pontos de instabilidade, ou seja, aqueles gerados por causas especiais, nem sempre aparecem fora dos limites, existindo outros sinais que revelam a instabilidade de um processo. Para verificar a estabilidade de um processo, quatro testes podem ser aplicados (WHEELER e CHAMBERS, 1992):

Teste 1: presença de algum ponto fora dos limites de controle 3σ .

Teste 2: presença de dois ou três valores sucessivos do mesmo lado a mais de 2σ da linha central (chamada zona C).

Teste 3: presença de quatro ou cinco valores sucessivos do mesmo lado a mais de 1σ da linha central (chamada zona B).

Teste 4: presença de oito pontos sucessivos no mesmo lado da linha central.

A **Figura 4** ilustra um processo hipotético instável que apresenta as situações descritas nos quatro testes de WHEELER e CHAMBERS (1992).

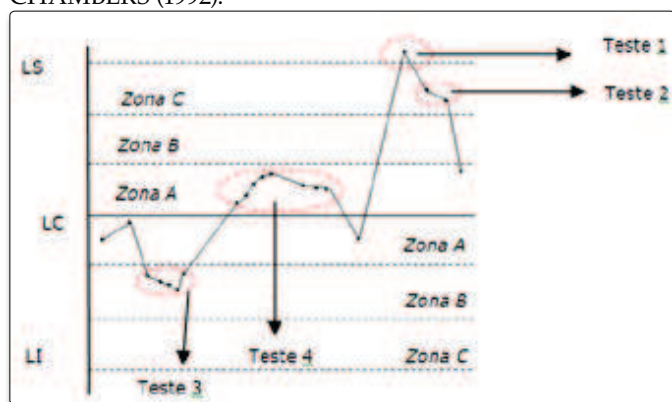


Figura 4. Testes para analisar estabilidade de processos.

Para exemplificar a utilização dos testes de estabilidade, considere o gráfico apresentado na **Figura 2**. Suponha que esse gráfico tenha sido gerado por um gerente que desejava analisar a quantidade de horas semanais dedicadas a atividades de suporte em sua empresa. Para isso, foram registradas as horas de trabalho despendidas com suporte diariamente e, em seguida, foram obtidas as médias diárias de cada semana e o gráfico foi plotado.

Percebendo a ausência de pontos fora dos limites de controle, mas desejando se certificar da aparente estabilidade do processo, o gerente decidiu dividir as distâncias dos limites de controle em três zonas (A, B e C) e aplicar todos os testes de estabilidade. A **Figura 5** apresenta o gráfico com as zonas A, B e C identificadas.

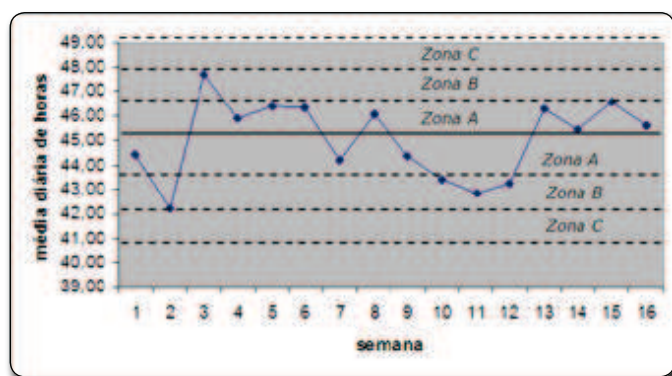


Figura 5. Gráfico com as zonas A, B e C identificadas.

Ao aplicar os testes 1, 2, 3 e 4, percebe-se que o processo realmente é estável.

Vale destacar que nem todos os testes são aplicáveis a todos os tipos de gráficos de controle. Os tipos de gráficos de controle, suas aplicações e particularidades são assuntos para outros artigos.

Cuidados para Realizar Controle Estatístico de Processos de Software

Considerando que a Engenharia de Software é uma área recente, a utilização do controle estatístico de processos em organizações de software pode ser encarada como uma área em seus passos iniciais.

Mas, apesar de ser bastante recente, a utilização do controle estatístico de processos tem sido impulsionada pelos principais modelos e normas de apoio à definição e melhoria de processos que orientam a melhoria de processos através de níveis de maturidade e capacidade. Exemplos notáveis desses modelos e normas de apoio são o MPS.BR - Melhoria de Processo de Software Brasileiro, o CMMI - Capability Maturity Model Integration e a norma internacional ISO/IEC 15504 - Avaliação de Processos de Software. Em todas essas iniciativas, o controle estatístico de processos é utilizado para atender as exigências dos níveis mais altos de maturidade, que incluem gerência quantitativa de projetos e melhoria contínua.

O movimento das organizações em direção à qualidade de software e, especialmente, à melhoria de processos é indiscutível. No Brasil, esse movimento tem recebido cada vez mais adeptos e, inclusive, possui um modelo próprio, o MPS.BR - Melhoria de Processo de Software Brasileiro, que foi elaborado considerando-se as características específicas das empresas brasileiras.

Apesar desses modelos e normas orientarem as organizações sobre o que é necessário realizar para alcançar os níveis mais elevados de maturidade, ainda há lacunas sobre como realizar as ações que levam a esses níveis. Com isso, muitos erros são cometidos durante o percurso dos níveis iniciais aos níveis mais elevados, prejudicando a realização do controle estatístico de processos.

Por exemplo, organizações que, durante a realização das atividades requeridas aos níveis iniciais, onde a medição começa a ser exigida, simplesmente se preocupam em atender os requisitos das áreas de processo, acabam criando um repositório de medidas inúteis ao pensamento estatístico exigido nos níveis superiores. Essas organizações, normalmente, acumulam dados incorretos, capturados em medidas inúteis, definidas sem visar utilização futura; não possuem dados suficientes registrados ou, quando possuem, são registrados de maneira inadequada.

Como consequência, essas organizações acabam tendo que desperdiciar tempo (e dinheiro!) para arrumar a casa antes de, efetivamente, realizar o controle estatístico de processos. O controle estatístico de processos requer uma fundação, ou seja, processos caracterizados por medidas válidas e dados de qualidade que possam ser utilizados para analisar a previsibilidade dos processos.

Além disso, é preciso conhecer e aplicar corretamente os métodos estatísticos. Mas, admitamos: a utilização desses métodos não é uma tarefa trivial e aplicá-los a processos de software envolve um pouco mais de critério do que aos processos da manufatura.

Sem dúvidas há diversos aplicativos disponíveis no mercado que realizam as operações estatísticas para um conjunto de dados oferecidos como entrada para um determinado método. Alguns exemplos desses aplicativos são Minitab e Excel (considerando a utilização de Macros para apoio ao controle estatístico de processos). Mas isso não é suficiente. Analisar estatisticamente o comportamento de um processo não consiste

apenas em jogar os dados coletados para as medidas em um aplicativo de representação e análise estatística e, como em um passe de mágica, obter os resultados desejados. Os aplicativos, sozinhos, não são capazes de analisar o contexto dos dados utilizados. Essa é uma tarefa que requer intervenção humana e conhecimento organizacional. A utilização dos métodos não apropriados, ou uma interpretação equivocada, podem revelar um comportamento irreal para os processos e, consequentemente, contribuir para o estabelecimento de metas não factíveis.

Então, quer dizer que todo aquele ‘papo’ de estabilidade, capacidade e melhoria contínua não funciona para processos de software?

Errado! Quer dizer que, para aplicar controle estatístico a processos de software é preciso começar a pensar nele desde as primeiras ações de definição e estabelecimento de um programa de medição. Quanto antes uma organização vislumbrar a realização do controle estatístico de processos menor será o custo de transição da melhoria de processos baseada em medição tradicional para a melhoria de processos através do controle estatístico de processos. Mas, atenção! Pensar no controle estatístico desde o início da implantação da medição não significa medir tudo ou qualquer coisa. É preciso identificar os processos da organização que são mais críticos para o alcance dos objetivos técnicos e de negócio e determinar como medir esses processos corretamente, através de medidas significativas.

E mais, é preciso que os gerentes de projetos sejam capazes de utilizar os métodos estatísticos, entendendo e interpretando sua representação e chegando às conclusões necessárias, considerando o contexto dos dados utilizados. Isso não quer dizer que o gerente precisa ser um expert em estatística. Se fosse assim, seria exigido um estatístico e não um gerente de projetos.

Exemplos de algumas empresas que implantaram programas de melhoria apoiados pelo controle estatístico de processos de software: IBM, Motorola, Hitachi Software Engineering, EDS, Tata Consultancy Services, Unisys, CPM Braxis e BRQ, entre outras.

Conclusão

As exigências cada vez maiores do mercado de software têm levado engenheiros e gerentes de software a atentarem, ainda mais, à necessidade de possuir processos de software maduros, capazes de atender às demandas de qualidade e produtividade.

A aplicação do controle estatístico de processos utiliza os dados coletados ao longo dos projetos para analisar o comportamento dos processos da organização e identificar as ações necessárias para sua melhoria. Além disso, estabelece baselines que refletem o comportamento dos processos nos projetos da organização e apóiam a previsão de seu desempenho em projetos futuros, a fim de que alcancem os objetivos para ele estabelecidos.

O controle estatístico de processos permite quantificar as características dos projetos, produtos e processos de software,

representando-as graficamente e propiciando uma análise mais objetiva e eficiente. Dessa forma, o desempenho das atividades que produzem os produtos pode ser previsto, controlado e guiado para alcançar os objetivos técnicos e de negócio.

E vale a pena quantificar?

Como disse Galileu Galilei: “meça o que é mensurável e torne mensurável o que não é”. ●

Referências

CMMI – Capability Maturity Model Integration, 2006, SEI – Software Engineering Institute, CMU - Carnegie Mellon University, v 1.2.

Fenton, N., Marsh W., Neil, M., Cates, P., Forey, S., Tailor, M., 2004, “Making Resource Decisions for Software Projects”, Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering - ICSE’04, pp. 397-406.

Florac, W. A., Carleton, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

ISO/IEC, ISO/IEC TR 15504-2003, 2003, Information Technology – Software Process Assessment, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

Kitchenhan, B., Kutay, C., Jeffery, R., Connaughton, C., 2006, “Lessons Learned from the Analysis of Large-scale Corporate Databases”, Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering – ICSE’06, pp. 439-444.

Komuro, M., 2006, “Experiences of Applying SPC Techniques to Software Development”, Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering - ICSE’06, pp. 577-584.
MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia Geral, v. 1.2, 2007.

MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia de Implementação – Parte 6: Nível B - v. 1.0, 2007.

Sargut, K. U., Demirors, O., 2006, “Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions”, Software Quality Journal, pp. 135-157.

Wheeler, D. J., Chambers, D. S., 1992, “Understanding Statistical Process Control”, 2nd ed. Knoxville, SPC Press.

Dê seu feedback sobre esta edição!

A Engenharia de Software Magazine tem que ser feita ao seu gosto. Para isso, precisamos saber o que você, leitor, acha da revista! Dê seu voto sobre este artigo, através do link:

www.devmedia.com.br/esmag/feedback

