

# Uma Abordagem de Apoio à Realização de Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade

Monalessa Perini Barcellos<sup>1,2</sup>, Ana Regina Rocha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Caixa Postal: 68511 – CEP: 21945-970 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> UFES - Universidade Federal do Espírito Santo – Centro Tecnológico  
Departamento de Informática, CEP: 29075-910 – Vitória, ES, Brasil  
monalessa@inf.ufes.br; darocha@entroun.com.br

**Resumo.** As exigências cada vez maiores do mercado de software levam as empresas a necessitarem de processos de software maduros, capazes de atender às demandas de qualidade e produtividade. A aplicação do controle estatístico na análise de desempenho de processos utiliza dados coletados ao longo dos projetos para analisar o comportamento dos processos da organização, identificando as ações necessárias para a estabilização e melhoria desses processos. Porém, a implementação do controle estatístico de processos em organizações de software não tem se mostrado uma tarefa trivial. Este artigo apresenta uma abordagem para apoiar a realização do controle estatístico de processos de software em organizações de alta maturidade.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico de Processos, Melhoria de Processos de Software, Análise de Desempenho de Processos de Software, Medição de Software.

## 1 Introdução

A utilização do controle estatístico de processos como instrumento para realização da análise de desempenho e melhoria dos processos não é novidade para a indústria em geral. Porém, no contexto das organizações de software, pode ser considerado algo relativamente recente, existindo, ainda, muitas dúvidas sobre sua aplicação [3] [11].

Mesmo sendo considerada recente, é possível encontrar relatos de experiência e estudos no contexto da aplicação do controle estatístico de processos de software [9] [11] [15] [16].

Analisando-se relatos e estudos registrados na literatura, identifica-se um *gap* entre os cenários organizacionais reais e os cenários desejáveis, propícios à implantação e realização efetiva do controle estatístico de processos. As experiências com a realização do controle estatístico de processos nas organizações têm revelado aos pesquisadores e profissionais de empresas um cenário caracterizado por problemas e situações não favoráveis ou impossibilitadoras da implantação/execução bem sucedida do controle estatístico de processos.

É importante perceber que a realização do controle estatístico de processos de software encontra-se, em um contexto mais amplo, no âmbito da alta maturidade organizacional, uma vez que sua utilização na análise de desempenho de processos é uma prática de organizações de alta maturidade. Entretanto, alcançar os mais altos níveis de maturidade e capacidade em processos de software não tem se mostrado uma tarefa fácil. Vários autores apontam dificuldades significativas para uma organização chegar a esses níveis de maturidade, destacando-se: (i) a não adequação das medidas coletadas pelas organizações à aplicação no controle estatístico de processos para que seja possível analisar o desempenho dos processos [2] [10] [15] [16]; (ii) a utilização inadequada dos métodos estatísticos necessários à estabilização e análise de desempenho de processos [5] [10]; e, (iii) as particularidades inerentes aos processos de software, o que exige uma adaptação dos conceitos do controle estatístico de processos tradicional (manufatura) à área de software [11] [13] [15].

Nesse contexto, este artigo apresenta uma abordagem para apoiar a realização do controle estatístico de processos que inclui um instrumento para avaliar bases de medidas considerando sua aplicabilidade ao controle estatístico dos processos, um catálogo de métodos estatísticos para auxiliar a utilização destes na análise do comportamento dos processos e um processo sistemático para análise e estabilização do comportamento dos processos. O artigo encontra-se assim organizado: na seção 2 é realizada uma breve fundamentação teórica sobre controle estatístico de processos; na seção 3 é apresentada a abordagem definida, descrevendo-se o instrumento de avaliação proposto e os resultados de sua aplicação às bases de medidas de duas organizações, o catálogo e processo definidos; e, na seção 4, são realizadas as conclusões do artigo.

## 2 Controle Estatístico de Processos

A crescente exigência do mercado por produtos e serviços cada vez melhores tem aumentado o interesse das organizações pela melhoria de processos. Para apoiar a avaliação e melhoria de processos, uma variedade de iniciativas tem proposto *frameworks* a serem seguidos. Exemplos notáveis são o CMMI [4], a ISO/IEC 15504 [8] e a série ISO 9000:2000 [7]. Em todas essas iniciativas a medição ocupa papel fundamental para garantir e institucionalizar programas de melhoria de processos.

Para utilizar a medição em um contexto de alta maturidade na melhoria de processos de software, novos conceitos e práticas devem ser adicionados aos programas de medição tradicionais, uma vez que a melhoria de processos em alta maturidade requer conhecimento consistente do comportamento dos processos em suas execuções nos projetos da organização, o que é possível através do uso do controle estatístico de processos.

O controle estatístico de processos foi originalmente desenvolvido para implementar um processo de melhoria contínua em linhas de produção na área de manufatura. É uma metodologia utilizada para determinar se um processo está *sob controle*, sob o ponto de vista estatístico [12].

Um processo está *sob controle* se seu comportamento é estável, ou seja, se suas variações encontram-se dentro dos limites esperados, determinados com base em

dados históricos. Um processo estável tem comportamento repetível, sendo possível prever seu desempenho em execuções futuras e, com isso, preparar planos que sejam alcançáveis e melhorá-lo continuamente. Por outro lado, um processo que apresenta variações que ultrapassam os limites esperados é instável e as causas dessas variações, chamadas causas especiais, precisam ser investigadas e tratadas através de ações de melhoria que visem à estabilização [6].

Ter estabilizado seus processos é uma característica das organizações que buscam ou encontram-se nos mais elevados níveis de maturidade, porém, como mencionado na introdução deste artigo, existem dificuldades que permeiam esse cenário.

### **3 Abordagem de Apoio à Realização de Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade**

A seguir, os componentes da abordagem de apoio à realização do controle estatístico de processos definida são descritos.

#### **3.1 Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando sua Aplicabilidade ao Controle Estatístico de Processos**

No contexto dos problemas relacionados à medição para a realização do controle estatístico de processos, foi realizado um estudo baseado em revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar os principais fatores relacionados ao processo de medição e às medidas que influenciam, positiva ou negativamente, na implementação do controle estatístico de processos e, a partir desses fatores, identificar um conjunto de requisitos necessários às medidas/base de medidas considerando sua utilização no controle estatístico de processos<sup>1</sup>. Baseando-se nos resultados do estudo, foi definido um instrumento para avaliação de bases de medidas considerando sua aplicabilidade para o controle estatístico de processos.

O estudo realizado e o instrumento definido são apresentados nas subseções 3.1.1 e 3.1.2. Na subseção 3.1.3 são apresentados, sucintamente, resultados de aplicação do instrumento a duas bases de medidas.

##### **3.1.1 Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura**

Para a realização do estudo foi utilizado o processo de apoio à condução de estudos baseados em revisão sistemática definido em [13]. Os principais resultados do estudo foram três listas de achados que são apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3. Nas tabelas 1 e 2 inclui-se o percentual de publicações em que cada achado foi citado.

---

<sup>1</sup> No estudo realizado, os fatores que contribuem negativamente para a implementação do controle estatístico de processos foram denominados “problemas” e os fatores que contribuem positivamente foram denominados “características”.

**Tabela 1.** Lista de achados do tipo Problemas.

<b>Id</b>	<b>Problema</b>	<b>%</b>
P1	Agrupamento de dados de projetos não similares.	6,45
P2	Base de medição mal estruturada.	3,23
P3	Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos.	3,23
P4	Dados agregados.	9,68
P5	Dados ambíguos.	6,45
P6	Dados armazenados em diversas fontes não integradas.	6,45
P7	Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes.	3,23
P8	Dados perdidos.	19,4
P9	Definição operacional deficiente das medidas.	29,0
P10	Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas.	19,4
P11	Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas.	29,0
P12	Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos.	12,9
P13	Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa).	3,23
P14	Medidas de alta granularidade.	19,4
P15	Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas.	22,6
P16	Medidas não alinhadas aos objetivos de negócio da organização.	12,9
P17	Medidas normalizadas incorretamente.	9,68
P18	Utilização de medidas de controle, ao invés de medidas de melhoria.	3,23

**Tabela 2.** Lista de achados do tipo Características.

<b>Id</b>	<b>Característica</b>	<b>%</b>
C1	Associação de medidas de processo com medidas de produto.	3,23
C2	Centralização dos dados coletados.	9,68
C3	Coleta automática das medidas.	3,23
C4	Coleta consistente das medidas.	45,2
C5	Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos.	16,1
C6	Definição e coleta de medidas de produto e processo.	6,45
C7	Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão.	3,23
C8	Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho de processos.	9,68
C9	Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes.	6,45
C10	Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos.	3,23
C11	Identificação dos relacionamentos entre as medidas.	12,9
C12	Medidas associadas a atividades que produzam itens tangíveis.	3,23
C13	Medidas associadas aos processos críticos.	3,23
C14	Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento.	6,45
C15	Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos.	3,23
C16	Medidas de controle e melhoria de processo.	3,23
C17	Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações.	3,23
C18	Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos.	3,23
C19	Registro preciso dos dados coletados para as medidas.	3,23
C20	Identificação de conjuntos de dados homogêneos.	3,23
C21	Utilização integrada de medidas de processo, projeto e produto.	6,45

**Tabela 3.** Lista de Requisitos identificados.

<b>Id</b>	<b>Requisito</b>
R1	Alinhamento a objetivo(s) do projeto e da organização.
R2	Apoio à melhoria de processo.
R3	Associação a atividade(s) que produz(em) item(ns) tangível(is).
R4	Associação a processo crítico.
R5	Baixa granularidade.
R6	Consistência dos dados coletados.
R7	Crítérios para agrupamento/comparação da medida definidos.
R8	Definição operacional correta e satisfatória.
R9	Existência das informações de contexto da medida.
R10	Localização conhecida e acessível dos dados coletados para a medida.
R11	Medidas correlatas definidas.
R12	Não existência ou irrelevância de dados perdidos.
R13	Não utilização de dados agregados.
R14	Normalização correta (se normalizada).
R15	Possibilidade de normalização (se aplicável).
R16	Precisão dos dados coletados.
R17	Relação com o desempenho do processo.
R18	Relevância para tomada de decisão.
R19	Validade das medidas correlatas.
R20	Volume suficiente de dados coletados.

Com base no conjunto de requisitos identificados foi definido um instrumento (*checklist*) para avaliação das bases de medidas. A figura 1 apresenta esse *checklist*.

Maiores detalhes sobre o estudo (tabulação dos dados, protocolo de pesquisa, seu teste, análises e a lista de publicações selecionadas) podem ser encontrados em [1].

Requisitos	Avaliação			
	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
A definição operacional da medida inclui:				
1.1 Definição da medida	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.2 Entidade medida	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.3 Atributo medido	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.4 Unidade de medida	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.5 Tipo de dados (real, inteiro, etc)	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.6 Intervalo esperado dos dados	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.7 Fórmula(s)	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.8 Descrição precisa do procedimento de coleta	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
1.9 Descrição precisa do procedimento de análise	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
2. A medida está alinhada a objetivo(s) do(s) projeto(s) e da organização.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
A medida está associada a:				
2.1 Objetivo do projeto	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
2.2 Objetivo da organização	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
4. A medida está relacionada ao desempenho de processo.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
5. A medida está associada a um processo crítico.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
6. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processo.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
7. A medida está associada a uma atividade que produz item(ns) tangível(is).	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
8. As medidas correlatas à medida estão identificadas.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
9. As medidas correlatas à medida são válidas.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
10. A medida possui baixa granularidade.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
11. A medida é passível de normalização (se aplicável).	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável).	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
13. A medida não considera dados agregados.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
14. Os critérios para agrupamento/comparação da medida estão definidos.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
15. As informações de contexto da medida estão armazenadas.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
É possível identificar:				
15.1 Momento da coleta	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
15.2 Condições da coleta (dados relevantes sobre a execução do processo/projeto no momento da coleta da medida)	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
15.3 Executor da coleta	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
15.4 Características do projeto no qual a medida foi coletada	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
16. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
17. Há volume suficiente de dados coletados.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
18. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos é irrelevante.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
19. Os dados coletados são precisos.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
20. Os dados coletados são consistentes.	( ) A	( ) NA	( ) AP	( ) NFPA
Características dos dados coletados:				
20.1 Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos.	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
20.2 Os dados foram coletados sob as mesmas condições.	( ) sim	( ) não		( ) NFPA
20.3 Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.	( ) sim	( ) não		( ) NFPA

Legenda: A = atende, NA = não atende, AP = atende parcialmente, NFPA = não foi possível avaliar.

Fig. 1. Checklist para avaliação de bases de medidas.

### 3.1.2 Experiência de Avaliação de Bases de Medidas

Após a elaboração do *checklist*, este foi utilizado em duas empresas do Rio de Janeiro (*organização A*, avaliada CMMI nível 2 e *organização B*, avaliada CMMI nível 3), como uma primeira avaliação de sua aplicabilidade e utilidade.

Na *organização A* foram analisadas 61 medidas e na *organização B* foram analisadas 124 medidas. Inicialmente, foi realizada uma análise geral do plano de medição das organizações. Então, o *checklist* foi aplicado individualmente a cada medida selecionada na base de medidas das organizações e, em seguida, as medidas foram agrupadas para uma análise por processo.

Os resultados da análise dos dados das bases de medidas das organizações *A* e *B* foram ao encontro da afirmação de alguns autores, como [4] e [14], de que as medidas utilizadas para atender os requisitos dos níveis iniciais do CMMI não são aplicáveis ao controle estatístico de processos. Ambas as bases de medidas eram aderentes aos

requisitos dos níveis CMMI nos quais foram avaliadas, porém, nenhuma das bases era adequada ao controle estatístico de processos. Foram identificadas diversas inadequações, destacando-se a alta granularidade das medidas utilizadas, a insuficiência de medidas e a ausência de informações de contexto para as medidas coletadas.

Os resultados detalhados da experiência de avaliação de bases de medidas podem ser obtidos em [1].

### 3.2 Catálogo de Métodos Estatísticos

Registros da literatura relatam que, apesar de existirem diversos métodos para a realização do controle estatístico de processos, distribuídos em muitas fontes de informação de diversas áreas de aplicação, ainda não há domínio, pelos profissionais de software, da aplicação desses métodos [3] [11].

Nesse contexto, foi realizado um estudo dos principais métodos estatísticos e os mesmos foram catalogados, a fim de comporem uma base inicial de conhecimento para apoiar a realização do controle estatístico de processos.

Atualmente, o catálogo conta com conhecimentos relacionados aos seguintes métodos: diagrama *Scatter*, *run charts*, gráficos de barras, diagrama de Pareto, gráficos de controle (incluindo: *X-bar R*, *X-bar S*, *XmR*, *individuals and median mR*, *mAmR*, *C-chart*, *U-chart* e *Z-chart*) [6] e CUSUM [14].

A figura 2 apresenta o exemplo de um item do catálogo de métodos estatísticos.

Nome	<b>CUSUM (Cumulative Sum Charts)</b>
Aplicação	Analisar a tendência de um processo estável tornar-se instável.
Descrição	O gráfico CUSUM plota a soma dos valores dos desvios de cada ponto em relação a um valor alvo (normalmente a média baseada em dados históricos ou metas).
Características dos dados aos quais se aplica	(i) dados contínuos; (ii) dados discretos, quando estes se referem a contagens de entidades que representam o tamanho total de uma população ou seu status; (iii) Valores individuais ou agrupados, medidos ao longo do tempo.
Fórmulas	$C(n) = \sum_{i=1}^n (x_i - y)$ <p>Onde:  <math>C(n)</math> = soma acumulada dos desvios até a <math>n</math>-ésima observação (Eq1)  <math>x</math> = valor alvo (média baseada em dados históricos ou metas)  <math>y_i</math> = valor da <math>i</math>-ésima observação</p>
Análise	Quando o gráfico CUSUM plota um processo de comportamento estável, os pontos ficam próximos ao valor zero, indicando que nenhuma mudança significativa ocorreu. O deslocamento dos pontos indica variações no comportamento do processo e, de acordo com a intensidade da variação, uma investigação é necessária. A análise do gráfico CUSUM pode levar a ações antes que o processo realmente se desestabilize.
Pontos de atenção	A percepção de tendências nas variações deve ser analisada, pois pode ser indicador de que o processo está caminhando para a desestabilização. Por exemplo: um gráfico com pontos que tendem a valores cada vez mais negativos indica que o processo vem atingindo continuamente valores acima do esperado.
Recomendações práticas	Originalmente o gráfico CUSUM não utiliza limites de controle, porém, a associação destes ao gráfico CUSUM auxilia na identificação das variações realmente significativas, que devem ser investigadas. Os limites podem ser estabelecidos nos pontos $\pm h\sigma$ , onde $\sigma$ é o desvio padrão e $h$ pode variar, normalmente, de 1 a 5, sendo tradicionalmente sugeridos os valores entre 3 e 5 como capazes de detectar deslocamentos relevantes. Quanto menor for o valor de $h$ , mais sensível às variações o gráfico será. O valor de $h$ deve, então, ser determinado de acordo a qualidade necessária na detecção de variação.
Referências	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CORBETT, C. J., PAN, J., 2002, "Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques", European Journal of Operational Research, nº 139, pp. 68-83.</li> <li>- LUCAS, J.M., 1982, "Combined Shewhart-CUSUM Quality Control Schemes", Journal of Quality Control, Volume 14, pp. 51-59.</li> <li>- PHILIPS, T. K., YASHSHIN, E., STEIN, D. M., 2003, "Using Statistical Process Control To Monitor Active Managers", Quality &amp; Productivity Research Conference, pp. 1-35.</li> <li>- OWEN, N. R. H., TOWELL, D. R., 2006, "CUSUM Modelling the Dynamics of Process Performance Improvement Programmes", International Journal of Productivity and Performance Management, Volume 55, nº 2, pp. 99-117.</li> </ul>
Exemplo	Um gerente, considerando o processo Resolução de Problemas, até então estável, ao realizar o monitoramento do número de problemas não resolvidos (NPNR) nas últimas 11 semanas, percebe que em 5 delas o NPNR excedeu o valor médio até então registrado (16,58 NPNR/semana). Para verificar se esses valores indicam que o processo caminha para a desestabilização, o gerente constrói o gráfico CUSUM. NPNR das últimas semanas = 15, 15, 16, 18, 16, 17, 20, 16, 17, 20, 15. O gráfico obtido é apresentado a seguir.

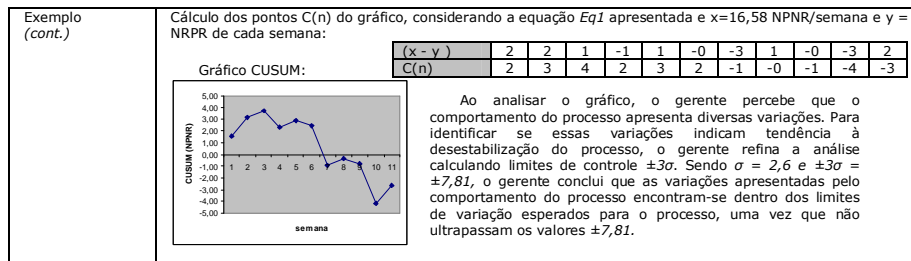


Fig.2. Método CUSUM catalogado.

### 3.3 Processo Sistemático para Análise e Estabilização do Comportamento de Processos

O processo para análise e estabilização do comportamento de processos definido parte do princípio que os processos que serão submetidos ao controle estatístico de processos (e medidas associadas) já foram selecionados pela organização, devendo ter sido selecionados os processos cuja análise de desempenho é necessária para que seja possível identificar se os objetivos estabelecidos serão alcançados.

O processo foi proposto é composto por três subprocessos: (i) *preparar controle estatístico dos processos*, que inclui a avaliação e adequação das medidas para aplicação no controle estatístico de processos; (ii) *estabilizar processos*, que inclui a análise do comportamento dos processos e identificação das ações necessárias para sua estabilização, bem como definição de *baselines*, ou seja, as medidas e limites de controle dos processos estáveis; e, (iii) *realizar melhorias*, que consiste na realização das ações de melhoria necessárias à estabilização dos processos.

Vale ressaltar que, no contexto do processo sistemático definido, o instrumento de avaliação de medidas apóia o subprocesso *preparar controle estatístico de processos* e o catálogo de métodos estatísticos apóia o subprocesso *estabilizar processos*.

A seguir o processo proposto é descrito.

#### (i) Preparar Controle Estatístico de Processos

- Avaliar Medidas:** Nesta atividade as medidas selecionadas para a realização do controle estatístico de processos dos componentes de processo<sup>2</sup> devem ser avaliadas segundo sua aplicabilidade ao controle estatístico de processos. Critérios como volume de dados coletados e granularidade das medidas devem ser analisados para determinar se as medidas selecionadas podem ser aplicadas eficientemente no controle estatístico dos processos. Um diagnóstico da avaliação das medidas deve ser elaborado incluindo a identificação das medidas adequadas e inadequadas e, para estas, as adequações necessárias.
- Adequar Medidas:** Caso as medidas não sejam adequadas à aplicação do controle estatístico de processos, as adequações necessárias identificadas no

<sup>2</sup> Este processo considera que os processos organizacionais e dos projetos são definidos a partir da associação de diversos componentes de processo que encontram-se disponíveis em uma base de componentes de processo da organização.

diagnóstico de avaliação das medidas devem ser realizadas, incluindo, se preciso, a coleta de novos dados e/ou atualização do plano de medição. Após serem realizadas as adequações, as medidas devem ser, novamente, submetidas à avaliação (atividade a).

(ii) *Estabilizar Processos*

- a) Conhecer Comportamento dos Componentes de Processo: Nesta atividade os dados das medidas relacionadas aos componentes de processo selecionados, que foram coletados ao longo dos projetos executados na organização, são analisados através dos métodos do controle estatístico para que o comportamento dos componentes de processo seja conhecido e sua estabilidade seja verificada.
- b) Investigar Causas Assinaláveis: Caso o comportamento do componente de processo não seja estável, as variações de comportamento que caracterizaram a instabilidade devem ser investigadas a fim de identificar suas causas. Modelos causais baseados nos fatores de influência e nas relações entre eles são úteis para guiar a investigação. Durante esta atividade novos fatores de influência e/ou novas relações entre fatores podem ser identificados.
- c) Identificar Ações Corretivas: Nesta atividade as ações corretivas necessárias para estabilizar o comportamento dos componentes de processo são identificadas e registradas em um plano de ação para estabilização.
- d) Estabelecer Baseline de Desempenho: Os componentes de processo que apresentam comportamento estável ao serem submetidos à atividade *Conhecer Comportamento dos Componentes de Processo* devem ter suas *baselines* de desempenho estabelecidas nesta atividade. *Baselines* de desempenho caracterizam os resultados que foram alcançados até o momento pelos componentes de processo. Ao ser estabelecida uma *baseline*, é importante que informações de contexto também sejam registradas, como, por exemplo, quando a *baseline* foi estabelecida e por quem. As *baselines* de desempenho serão utilizadas na gerência quantitativa dos projetos.

(iii) *Realizar Melhorias*

- a) Realizar Ações Corretivas: Nesta atividade as ações corretivas identificadas no plano de ação para estabilização dos componentes de processo a atividade *Identificar Ações Corretivas* do subprocesso *Estabilizar Processos* são executadas. Os componentes de processo alterados serão, então, executados em projetos da organização e terão suas medidas coletadas para, novamente, serem submetidos ao controle estatístico de processos.

O processo definido considera a existência de cinco repositórios:

- *Repositório Organizacional:* armazena os dados referentes à organização, como, por exemplo, dados do planejamento estratégico e características da organização.
- *Repositório de Projetos:* armazena os dados dos projetos da organização, como, por exemplo, as características do projeto e sua equipe.
- *Base de Medidas:* armazena os dados relacionados às medidas coletadas na organização, por exemplo, a definição operacional das medidas, dados coletados e *baselines*.



- *Repositório de Componentes de Processo Reutilizáveis*: tem como objetivo armazenar componentes de processo da organização, reutilizáveis e que devem ser utilizados para compor os processos definidos para os projetos.
- *Base de Modelos de Desempenho*: armazena os modelos de desempenho dos componentes de processo, bem como os fatores de influência suas relações.

A figura 3 ilustra o processo proposto, incluindo as atividades que compõem cada subprocesso e os repositórios considerados.

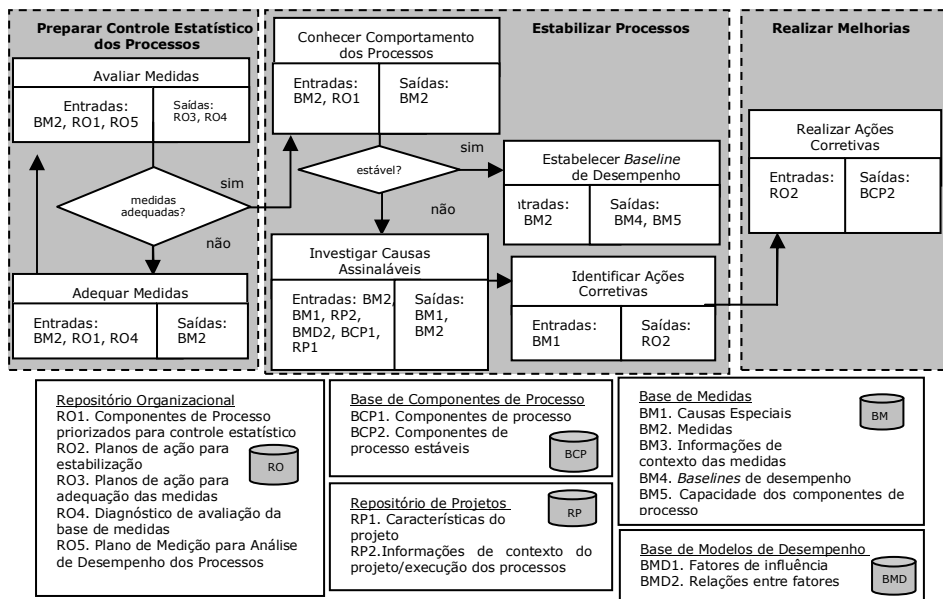


Fig. 3. Processo sistemático para análise e estabilização do comportamento de processos.

## 4 Conclusão

Este artigo apresentou uma abordagem para apoiar organizações que buscam alta maturidade em seus processos na realização do controle estatístico.

O trabalho descrito encontra-se em evolução e alguns dos próximos passos incluem: (i) evolução do instrumento de avaliação de bases de medidas proposto incluindo a avaliação das medidas no contexto dos processos e da base de medidas como um todo, bem como a definição do procedimento formal a ser utilizado para concluir, a partir dos resultados da avaliação, se uma medida é aplicável ou não ao controle estatístico de processos. Além disso, a evolução do instrumento incluirá uma definição detalhada de cada requisito, bem como orientações sobre como cada um deles deve ser avaliado e ações de adequação possíveis. (ii) evolução do catálogo de métodos estatísticos em um corpo de conhecimento, incluindo não só as informações relevantes sobre cada método, mas, também, conhecimento para guiar a utilização desses métodos, determinando qual(is) o(s) método(s) mais adequado(s) a uma

determinada situação e orientando como utilizá-lo(s). (iii) implementação de apoio computacional para o processo sistemático proposto, incluindo a integração do instrumento de avaliação de bases de medidas e do corpo de conhecimento. O apoio computacional, após ser avaliado, poderá ser disponibilizado para a indústria.

## 5 Referências

1. Barcellos, M. P.: Uma Abordagem para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade. Exame de Qualificação para o Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil (2008).
2. Boria, J. L.: What's Wrong With My Level 4?. Comunicação Pessoal (2007).
3. Caivano, D.: Continuous Process Improvement Through Statistical Process Control. Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, pp. 288-293 (2005).
4. CMMI – Capability Maturity Model Integration. SEI – Software Engineering Institute, CMU - Carnegie Mellon University, v 1.2 (2006).
5. Eickelmann, N., Anant, A.: Statistical Process Control: What You Don't Measure Can Hurt You. IEEE Software, Volume 20, Issue 2, pp. 40 – 51 (2003).
6. Florac, W. A., Carleton, A. D.: Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement. Addison Wesley (1999).
7. ISO 9000, Quality Management Systems – Fundamental and Vocabulary. International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland (2000).
8. ISO/IEC, ISO/IEC TR 15504-2003: Information Technology – Software Process Assessment. International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland (2003).
9. Kilpi, T.: Implementing a Software Metrics Program at Nokia. IEEE Software, Volume 18, Issue 6, pp. 72-77 (2001).
10. Kitchenham, B., Kutay, C., Jeffery, R., Connaughton, C.: Lessons Learnt from the Analysis of Large-scale Corporate Databases. Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering, pp. 439-444 (2006).
11. Komuro, M.: Experiences of Applying SPC Techniques to Software Development. Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering, pp. 577-584 (2006).
12. Lantzy, M. A.: Application of Statistical Process Control to the Software Process. Proceedings of the 9th Washington Ada Symposium on Empowering Software Users and Developers, ACM Press, pp. 113-123 (1992).
13. Montoni, M.: Uma Abordagem para Condução de Iniciativas de Melhoria de Processos de Software. Exame de Qualificação para o Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil (2007).
14. Owen, N. R. H., Towell, D. R.: CUSUM Modelling the Dynamics of Process Performance Improvement Programmes. International Journal of Productivity and Performance Management, Volume 55, nº 2, pp. 99-117 (2006).
15. Sargut, K. U., Demirors, O.: Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions. Software Quality Journal, pp. 135-157 (2006).
16. Tarhan, A., Demirors, O.: Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control. Lectures Notes in Computer Science, Volume 4257/2006, pp. 88-99 (2006).