

Considerações para a personalização de um processo de desenvolvimento de componentes embarcados

Considerations for Customizing a Process of Development of Embedded Components

Magda A. Silvério Miyashiro

Maurício G. V. Ferreira

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais

Resumo: É crescente o número de produtos eletrônicos oferecidos no mercado que utiliza algum componente embarcado; da mesma forma, é crescente o número de falhas identificadas em tais produtos. No entanto, o empenho realizado até o momento não é suficiente para garantir que os componentes embarcados possam ser construídos sem falhas. Uma abordagem é buscar a qualidade do produto através da qualidade do processo de produção, prevenindo as falhas no processo, em vez de consertá-las no produto final. Com base em modelos de qualidade, e em fatores que influenciam a qualidade dos produtos e processos de desenvolvimento de software, foram elaboradas ações para adaptação do processo, que foram aplicadas no “Processo Cíclico”. Como resultado, foi elaborado um conjunto de ações genéricas para personalizar um processo de desenvolvimento de componente embarcado. Podemos concluir que é possível definir um processo adaptado a partir de um processo padrão e, assim, atender suas individualidades.

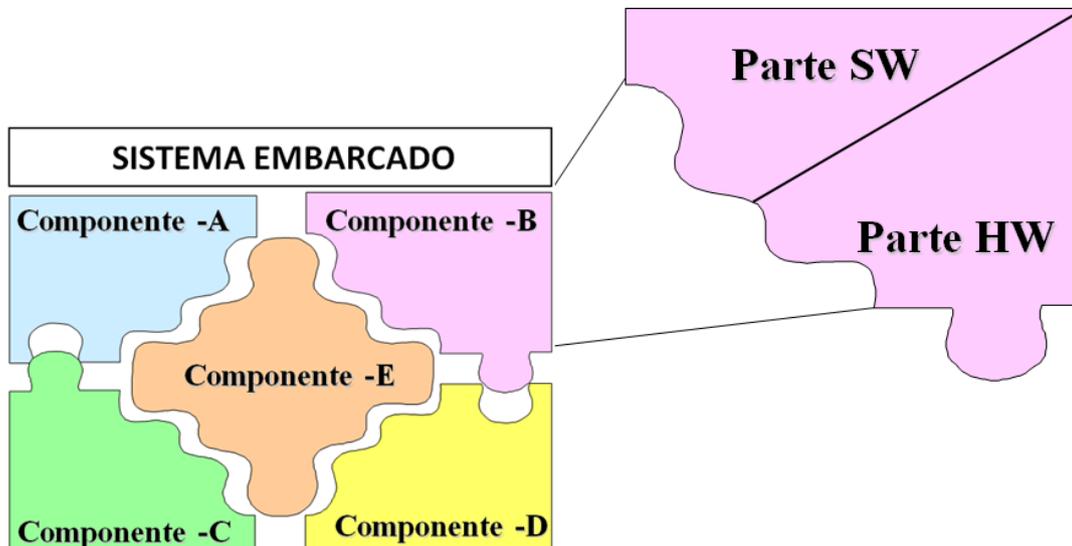
Palavras-chave: Adaptação; Componentes Embarcados; CMMI; Personalização; Processo de Software.

Abstract: There are a growing number of electronic products offered in the market that use some embedded component. The number of failures identified in such products is increasing. However, the commitment to date is not enough to ensure that the embedded components can be built without fail. One approach is to seek product quality through the quality of the production process, preventing flaws in the process rather than repairing them in the final product. Based on quality models and factors that influence the quality of products and software development process, actions were developed to adapt the process and applied to the "Cyclic Process". As a result, a set of generic actions has been developed to customize an embedded component development process. We can conclude that it is possible to define a process adapted from a standard process and, thus, to attend to its individualities.

Keywords: Adaptation; Embedded Components; CMMI; Customization; Software Process.

Introdução

Um componente embarcado é um dispositivo instalado em um produto, geralmente destinado à realização de um conjunto de tarefas predefinidas com requisitos específicos. São formados pela partes hardware e software intimamente relacionadas. O hardware é a parte física do componente e o software é a parte computacional, ou seja, a parte lógica, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1: Representação das partes de um sistema.

Fonte adaptada:(MIYASHIRO, 2015)

Os sistemas embarcados surgiram com a função de executar, com eficiência, uma única tarefa de forma contínua, sem pausas ou interrupções indevidas.

Em consequência da dependência do uso de sistemas de softwares em produtos e bens de consumo, atualmente, é grande a aplicação de componentes embarcados em diversas áreas da indústria, como as de sistemas automotivos, periféricos computacionais, robôs, aeronaves e sistemas espaciais (LABROSSE, 2001; MIYASHIRO, 2015), assim como em equipamentos para uso na medicina, equipamentos domésticos e dispositivos pessoais. Com o desenvolvimento e a evolução da tecnologia, os sistemas embarcados têm-se tornado cada vez mais sofisticados e complexos, o que influencia diretamente seu processo de desenvolvimento, tornando-o uma atividade custosa e propensa a erros (MIYASHIRO, 2015).

Diversos acidentes atestam que componentes embarcados desenvolvidos para desempenhar sistemas críticos muitas vezes falham, como nos casos do foguete Ariane 5 (LACAN *et al.*, 1998), que explodiu 37 segundos após o lançamento, e da máquina de radioterapia Therac-25 (LIM, 1998), que fez seis vítimas fatais, entre outros exemplos.

A crescente utilização de sistemas embarcados e a identificação de diversos acidentes provocados por falhas em tais sistemas estimularam o estudo e a pesquisa de propostas que pudessem contribuir para suprimir tais falhas ou, pelo menos, minimizá-las.

Sistemas Embarcados

O aumento do uso de sistemas embarcados deu-se, especialmente, em dispositivos que realizam funções críticas em sistemas que afetam diretamente a vida das pessoas, como é o caso de softwares utilizados na aviação, de equipamentos médicos e de outros tipos dos quais dependem vidas.

Um produto de software é considerado crítico quando, em caso de falha, pode levar um sistema a um estado perigoso, isto é, quando o software pode provocar desastres ou fatalidades (PÁSCOA, 2002).

A importância de softwares de computador na nossa sociedade continuará seu crescimento sem paralelo, com potencial prejuízo e insatisfação do cliente, também sem paralelo, gerado por um processo de qualidade pobre (SICKLE, 1997).

Este cenário avança com o início da Internet das Coisas (IoT), que se refere à interligação em rede de objetos do cotidiano conectados por meio de sistemas embarcados que utilizam a internet e se comunicam com os seres humanos e outros dispositivos (XIA *et al.*, 2012).

Segundo Spínola, estudos relativos à caracterização e ao desenvolvimento desses sistemas têm evoluído desde o início dos anos 1980, iniciando-se com os equipamentos militares, integrando-se aos sistemas de supervisão e controle de processos, e generalizando-se nos últimos anos para as mais diversas aplicações cotidianas (MIYASHIRO, 2015; SPINOLA, 1998). Tal fato implica em exigências cada vez maiores e diferenciadas, o que amplia de forma geral as dificuldades de desenvolvimento de sistemas embarcados, tanto em quantidade quanto em importância (SPINOLA, 1998).

Qualidade de Software e o CMMI

De maneira geral, quando falamos em qualidade de software, estamos nos reportando a um conjunto de modelos, técnicas e metodologias para serem aplicados

no processo de desenvolvimento. Quando falamos em processos para o desenvolvimento de componente embarcado significa um processo que permita o desenvolvimento das partes software e hardware juntas, portanto, questiona-se: como integrar essas duas realidades garantindo a qualidade? (BARROSO, 2010).

Pesquisas realizadas revelam que mesmo atualmente ainda existe carência de processos, métodos, técnicas e ferramentas para que se avalie a qualidade de componentes de software, de forma especial para os softwares embarcados (CARVALHO *et al.*, 2009; SOMMERVILLE, 2007).

Os processos de desenvolvimento de software e os modelos de qualidade de software, em geral, são descritos de forma abrangente para atender a todas as categorias, e recomendam que sejam feitas adaptações ou ajustes para que determinadas características sejam incorporadas. Apesar de modelos de qualidade terem sido desenvolvidos e estarem sendo utilizados para resolver essa situação, uma de suas principais desvantagens é a de que eles apresentam diretrizes muito genéricas, tornando, assim, tais modelos difíceis de serem aplicados em atividades específicas, como o desenvolvimento de softwares embarcados.

O Software Engineering Institute (SEI), utilizando os conceitos de qualidade total, desenvolveu o Capability Maturity Model Integration – CMMI V1.3, um modelo de qualidade que se baseia no conceito de maturidade dos processos de software, e é compatível com as normas ISO/IEC 15505 e ISO/IEC 12207. O CMMI é organizado em cinco níveis de maturidade, em uma escala crescente de classificação de processos (MIYASHIRO, 2015; SEI, 2010).

Procedimentos metodológicos

Para a realização deste estudo, foi apreciado um conjunto de fatores obtidos de trabalhos de pesquisa acadêmica, de elementos do modelo CMMI, das normas ISO e de fatores de qualidade. Foram classificadas, também, as características de componentes embarcados de forma geral, bem como a dificuldade de uso e adaptação de processos para desenvolvimento de componentes com tais características, conforme apresenta a figura 2.

Figura 2: Procedimentos metodológicos de pesquisa

Fonte adaptada: (MIYASHIRO, 2016)

De forma adaptada, está sendo utilizado o modelo de pesquisa apresentado por Creswell (2012) por meio da realização das seguintes atividades: identificação do problema a ser pesquisado, revisão da literatura, definição do escopo da pesquisa, estudo dos modelos de qualidade e proposta.

Este artigo apresenta considerações que devem ser observadas para adaptação de um processo para o desenvolvimento de componentes.

Situação Atual

O crescimento da utilização de componentes embarcados e o reconhecimento de diversos acidentes, promovidos por falhas em componentes com essas características, estimularam o estudo e a pesquisa de propostas que pudessem contribuir para suprimir tais falhas ou pelo menos minimizá-las. Sendo assim, é necessária a aplicação de um tratamento nos processos de desenvolvimento de software que conduza à observação das características e peculiaridades dos componentes embarcados.

Em pesquisas realizadas, foi observado que o aumento do uso de componente embarcado influencia diretamente no aumento da demanda por soluções e serviços que atendam a tais sistemas (MIYASHIRO, 2015).

Tais pesquisas mostraram também que a parte software do componente embarcado é a que consome a maior parte do recurso que, em geral, é distribuído em 62% do orçamento de pesquisa e desenvolvimento e 67% do custo (MIYASHIRO, 2015). Esta pesquisa apontou que 33% dos componentes produzidos não atendem

aos requisitos de funcionalidade e desempenho do produto, e que 80% do esforço de desenvolvimento são utilizados na correção de erros não identificados durante o seu desenvolvimento (MIYASHIRO, 2015). Além disso, 80% dos motivos de falha em sistemas embarcados advêm de problemas no software, e não no hardware (GOMES, 2010).

A indústria de hardware (manufatura), por ser mais antiga e com processos mais consolidados, há muito já tem maior nível de maturidade para o desenvolvimento de seus produtos, enquanto a produção de software, apesar da evolução, ainda está no início do desenvolvimento; precisa de mais estudos e aplicações para conseguir atingir a maturidade (MIYASHIRO, 2015). Podemos considerar também que os hardwares, em geral, são módulos genéricos, enquanto que os softwares implementam os requisitos mais específicos (SPINOLA, 1998).

O grande número de problemas apresentados em softwares de componentes complexos sinaliza que, apesar dos esforços realizados, tais softwares ainda são desenvolvidos com falhas que comprometem seu desempenho (SPINOLA, 1998).

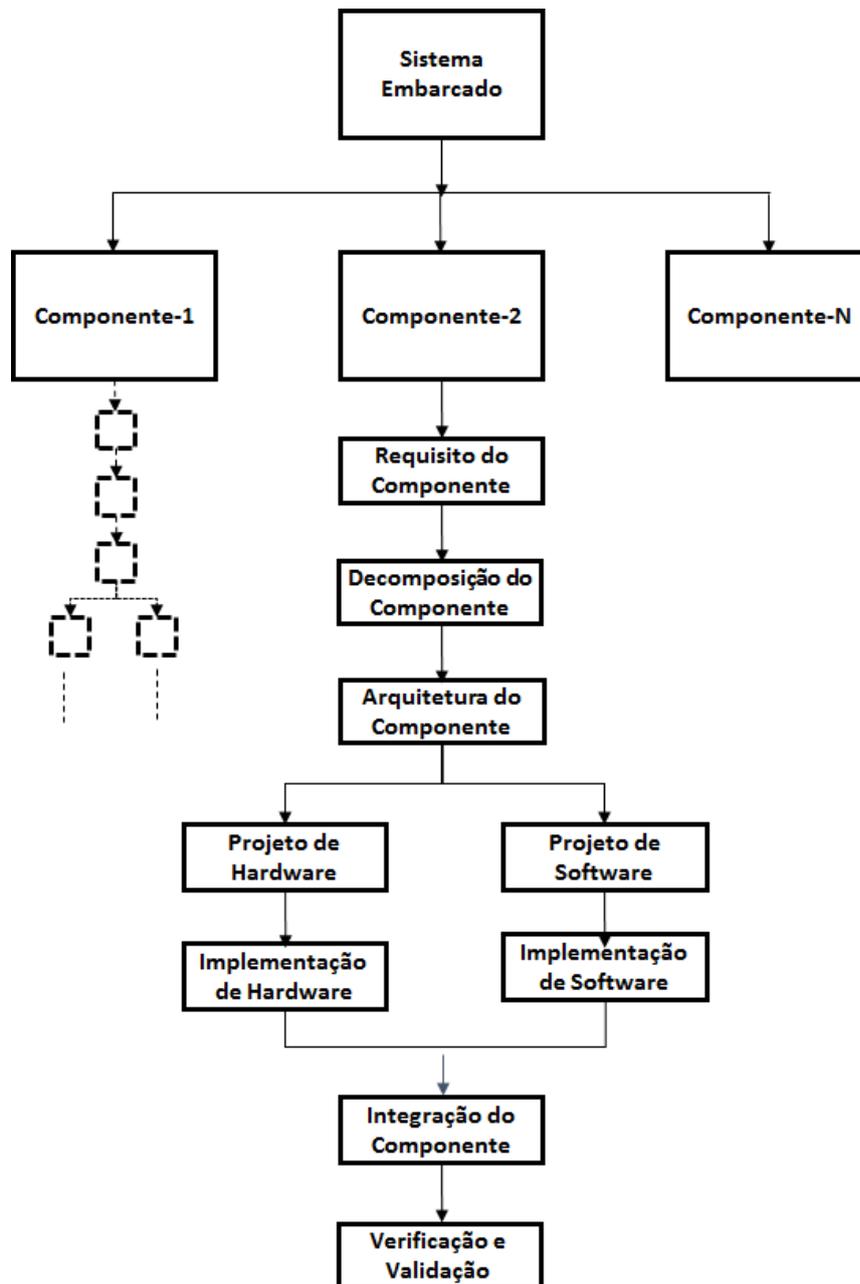
O “Processo Cíclico”

O projeto de desenvolvimento de um componente para sistema embarcado deve seguir um ciclo de vida especializado, uma vez que tais componentes realizam atividades especializadas. Para isso, foram examinados os modelos de qualidade, em especial o CMMI-DEV. Constatou-se que a aplicação de suas recomendações na preparação de um processo de desenvolvimento que atenda às características do componente de sistema embarcado pode contribuir para o aumento da qualidade do produto a ser concebido. Tais recomendações devem ser executadas de forma apropriada para cada componente e, assim, garantir a evolução de seu desenvolvimento.

Neste estudo está sendo utilizado o “Processo Cíclico”, que foi organizado em fases nas quais suas atividades foram concebidas para serem aplicadas de forma independente e compartilhadas entre as partes software e hardware do componente embarcado. A execução de cada ciclo completo oferece como resultado um componente embarcado. O processo é denominado cíclico, pois cada componente do sistema embarcado a ser desenvolvido segundo suas especificações deve passar

por todas as fases e atividades do processo, formando assim um ciclo completo de desenvolvimento de componentes para sistema embarcado. Esse funcionamento é representado na figura 3 (MIYASHIRO, 2015).

Figura 3: Funcionamento do “Processo Cíclico”.



Fonte: (MIYASHIRO, 2015)

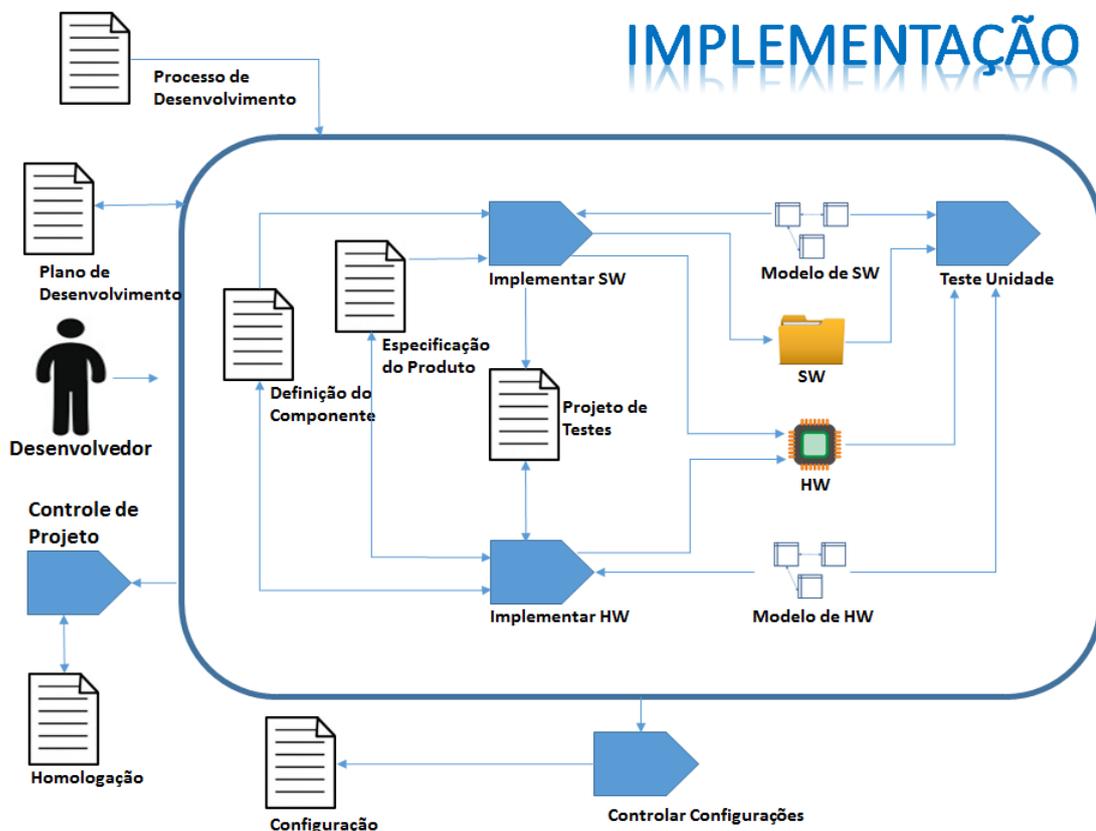
Ciclo de desenvolvimento é a execução linear de todas as fases e atividades do ciclo de vida, em que cada ciclo de desenvolvimento terá como resultado um componente e todos os documentos produzidos durante seu desenvolvimento. Em

geral, um sistema embarcado é composto por diversos componentes. Para cada componente, de forma individual, deverão ser executados diferentes ciclos de desenvolvimento.

As fases do “Processo Cíclico” são compostas por atividades realizadas por meio de ações dirigidas por procedimentos e documentos (modelos) que resultam em artefatos compartilhados, os quais compõem o componente embarcado (programas e sua documentação), sendo elas: a) Atividades comuns; b) Engenharia; c) Análise de requisitos; d) Análise e projeto; e) Implementação e integração; f) Verificação e validação do sistema; g) Avaliação do ciclo. Como exemplo, a figura 4 apresenta a fase de Implementação (MIYASHIRO, 2015).

Assim como na Engenharia de Software, no “Processo Cíclico”, todas as atividades a serem realizadas, os atores e os artefatos produzidos (documentos, códigos de programa, protótipos, modelos etc.) são chamados de “componente do processo”.

Figura 4: Fase de Implementação.



Fonte: (MIYASHIRO, 2015)

Pelas características específicas dos componentes embarcados, eles demandam de processos específicos para o seu desenvolvimento. O referido “Processo Cíclico”, que foi elaborado especialmente para o desenvolvimento de componentes embarcados, não atende a todos os componentes e deve permitir a adaptação de suas atividades, para serem realizadas no desenvolvimento de cada novo componente. O “Processo Cíclico” direciona o ajuste das suas atividades para cada componente a ser produzido, porém, não apresenta critérios e diretrizes para serem seguidos na realização de tais adaptações, sendo assim, necessita de procedimentos claros para sua adaptação.

O “Processo Cíclico” apresentado está sendo utilizado para identificação e definição dos procedimentos para a adaptação apresentada parcialmente por este artigo.

Proposta para personalização de um processo

Um processo ideal para o desenvolvimento de componentes embarcado é aquele que induz os desenvolvedores à observação de todas as características do componente a ser desenvolvido, bem como dos fatores que devem ser seguidos para garantir sua qualidade.

Tabela 1: Características de Sistemas / Componentes Embarcados.

Sistemas embardados: fatores diferenciadores	
Componentes de hardware e software	Quantos e quais componentes de hardware e software são pré-definidos? Qual grau de reuso requerido?
Distribuição	O sistema é distribuído? Qual o grau de distribuição do sistema?
Concorrência	Qual o grau de concorrência do sistema?
Confiabilidade	Qual o grau de confiabilidade requerido?
Interface homem-máquina	Qual o grau da exigência da interface homem-máquina requerido?
Segurança	Qual o grau de segurança operacional requerido?
Desempenho	Qual o desempenho requerido?
Forma	Quais as exigências relativas a tamanho e peso?
Consumo	Quais as restrições referentes a consumo e dissipação de energia?
Condições ambientais	Quais as exigências referentes a condições ambientais de operação?
Manutenção	Qual a natureza e qual a frequência de alterações requeridas? Qual a facilidade requerida para alteração do sistema?
Custo	Quais as restrições de custo requeridas?

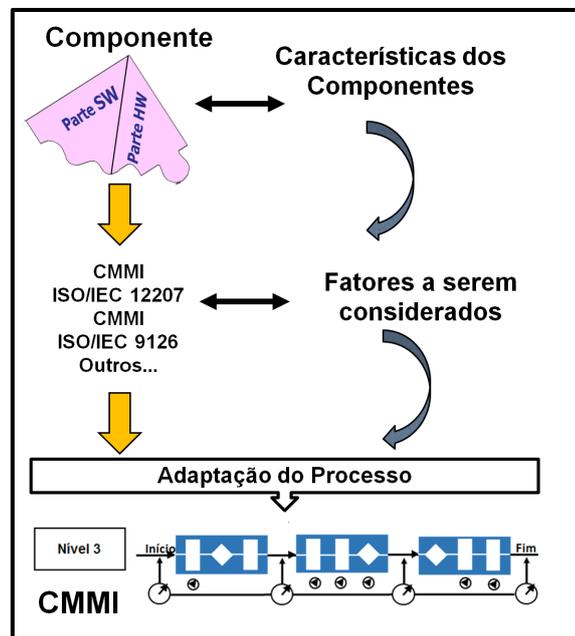
Fonte: Adaptada de SPINOLA, 1998.

Para que isso ocorra, o processo deve ser capaz de ser ajustado às necessidades do componente a ser desenvolvido. A tabela 1 apresenta um grupo de fatores diferenciadores que determinam as características de componentes embarcados e que devem ser consideradas durante a realização de um processo de desenvolvimento.

Diferentes processos foram elaborados para aumentar a qualidade dos produtos os quais, de forma geral, possuem estrutura básica original que necessita de adaptação para cada projeto realizado e, assim, atender às especificidades do componente a ser produzido pelo projeto.

A figura 5 apresenta a organização das atividades dessa adaptação, a qual, baseada nas características e requisitos do componente a ser produzido, identifica os fatores que devem ser considerados para garantir a qualidade do produto, direcionando os ajustes do processo de desenvolvimento para atender tais particularidades.

Figura 5: Representação da personalização de um processo.



Fonte: do autor

Os ajustes a serem realizados devem contemplar os requerimentos do modelo de qualidade que norteiam o processo original.

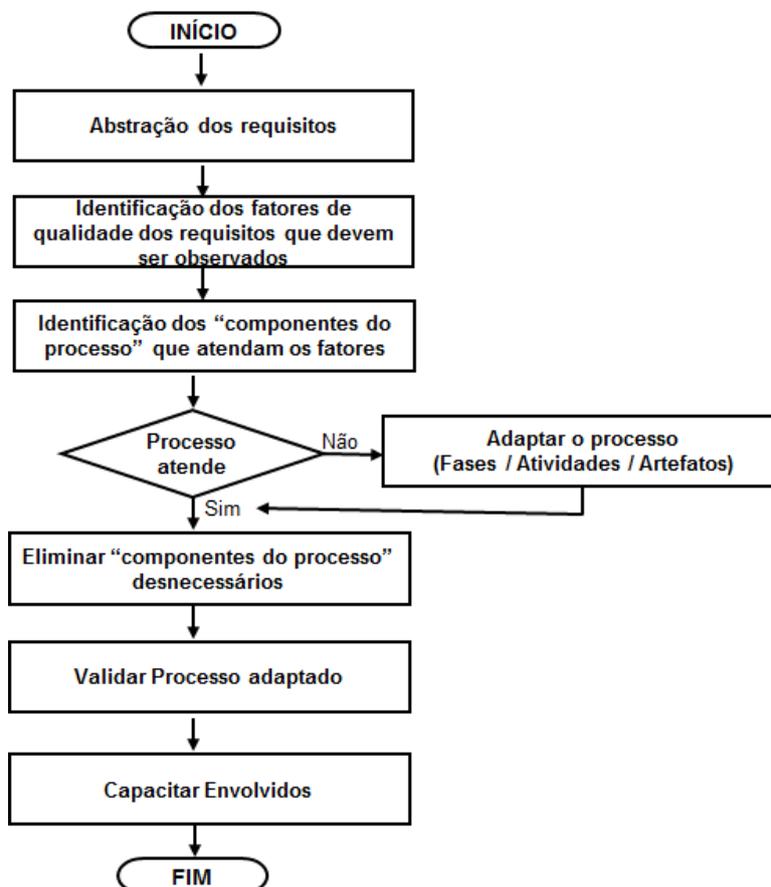
De forma especial, todo processo de desenvolvimento, particularmente, os que atende o modelo CMMI, seguem padrões, procedimentos, ferramentas e métodos que devem ser empregados na sua elaboração. Sendo assim, a adaptação desses

processos deve manter os padrões originais para preservar o cumprimento dos requisitos do modelo utilizado no processo. No caso do “Processo Cíclico”, o modelo utilizado é o CMMI.

Todo componente, de forma especial, os componentes embarcados, necessitam, para sua produção, do emprego de mecanismos que favoreçam o acompanhamento do atendimento de seus requisitos. Dessa forma, é extremamente relevante conhecer todos os requisitos do componente, bem como os parâmetros que estabeleçam seu absoluto funcionamento. Portanto, deve-se realizar a identificação e os ajustes do processo de desenvolvimento por meio da especificação dos limites aceitáveis da solução proposta para o componente a ser produzido. Estes limites são especificados de acordo com os fatores de qualidade identificados na tabela 1 e devem ser resultado de um processo bem elaborado, cuidadosamente adaptado e documentado.

A figura 6 apresenta uma sequência possível de atividades a serem realizadas na adaptação do processo.

Figura 6: Atividades para adaptação.



Fonte adaptada: (MIYASHIRO 2016)

Para a adaptação do processo é necessário, além dos requisitos do componente, levar em consideração o ambiente em que ele está inserido como parte do requisito.

Conclusão

As empresas que desenvolvem softwares para produtos embarcados, em geral, encontram dificuldades para a utilização de processos para tais atividades, em especial processos que atendam um modelo de qualidade. Os requerimentos exigidos por tais modelos muitas vezes são julgados como burocráticos ou com excesso de atividades e de documentação a serem realizadas. Somado a isso, a característica individual de cada componente torna sua produção quase que artesanal, contribuindo para o abandono da realização de tais práticas (MIYASHIRO, 2015).

É inegável que a utilização de um processo de desenvolvimento específico para as particularidades de cada componente embarcado contribui para o aumento da qualidade do componente, em especial, quando se realiza tratamentos distintos para a parte software e para a parte hardware do componente, como ocorre no “Processo Cíclico”. No entanto, um mesmo processo, de forma estática, não atende suficientemente as particularidades de cada componente a ser produzido. Sendo assim, torna-se necessária adaptação que atenda suas restrições de desenvolvimento e operação e, também, que leve em conta as características especiais do componente a ser desenvolvido.

Este artigo não tem como objetivo apresentar um processo adaptado, mas, sim, apresentar passos e ações que devem ser realizadas para a adaptação e uso de um processo para o desenvolvimento de componentes embarcados, induzindo os desenvolvedores a considerar todas as características do novo componente.

Este artigo é parte de trabalho de pesquisa em pós-doutorado realizado no curso de pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espacial, área de concentração Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, no INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em continuidade ao trabalho de pesquisa em doutorado realizada na mesma instituição (MIYASHIRO, 2015). O presente texto

por objetivo conduzir os desenvolvedores a encontrar a melhor forma de adaptação de um processo.

Por meio desta pesquisa objetiva-se contribuir também com a comunidade científica no sentido de:

- *Viabilizar o aumento da qualidade dos componentes embarcados.*

Com o uso de um processo completo de desenvolvimento, adaptado de acordo com as necessidades e particularidades do componente a ser desenvolvido / produzido, a responsabilidade da qualidade do produto é distribuída no processo como um todo em vez de ser postergada para o momento de avaliação do produto final.

- *Viabilizar aumento da qualidade dos produtos de software.*

Os critérios de adaptação apresentados para processos de componente embarcado são pertinentes para serem aplicados a todo tipo de processo.

- *Estimular o uso de processos para o desenvolvimento de software.*

Um dos fatores que inibem o uso de processos de desenvolvimento é a impossibilidade do uso de um mesmo processo para todos os produtos. Sendo assim este trabalho estimula o uso de processos pois auxilia os desenvolvedores na adaptação do processo de desenvolvimento apresentando um roteiro simplificado para ser considerado em tal atividade.

Referências

BARROSO, M. A. **Um processo de desenvolvimento para sistemas computacionais aderente ao MPS.BR Nível G**. 2010. Dissertação. Mestrado em Informática Aplicada, Centro de Ciências Tecnológicas. Universidade de Fortaleza. Fortaleza, CE, 2010.

CARVALHO, F. **An Embedded Software Component Quality Verification Framework**. 2010. Tese. Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, PE, 2010.

CARVALHO, F. *et al.* **A Research of Embedded Software Component Quality and Certification**. In: 11th BRAZILIAN WORKSHOP ON REAL-TIME AND EMBEDDED SYSTEMS (WTR). Recife, PE, 2009.

CRESWELL, John W., **Educational Research: Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research**. 4.ed., Boston: Pearson Education, 2012.

GOMES, H. V. **Metodologia de projeto de software embarcado voltado ao teste. Dissertação** Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2010.

LABROSSE, J. J. **Embedded Systems Building Blocks: Complete and Ready-to-Use Modules in C.** 2.ed. San Francisco, CA: CMP, 2002.

LACAN, P. *et al.* **Ariane 5: The Software Reliability Verification Process.** DASIA 98 - DATA SYSTEMS IN AEROSPACE. Proceedings of the conference held 25-28 May, 1998 in Athens, Greece. Edited by B. Kaldeich-Schürmann. ESA SP-422. Paris: European Space Agency, 1998, p.201.

LIM J. October. **"An Engineering Disaster: Therac-25"**. 1998, pp.1-2.

MIRACHI, S.; CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento de sistemas embarcados para aplicações espaciais.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP, 2009.

MIYASHIRO, *et al.* **Customization process of the process for the development of embedded components for the aerospace industry.** APMS - Advances in Production Management Systems. Foz do Iguassu, Brasil, 2016. e IFIP Advances in Information and Communication Technology. ISSN 1868-4238.

MIYASHIRO, M. A. S, FERREIRA, M.G.V. **Process for the Development of Embedded System Following the Practices of CMMI Level 2.** In: SCIENCE AND INFORMATION CONFERENCE. London, 2014a.

MIYASHIRO, M. A. S, FERREIRA, M.G.V. **One Approach to the Use of the Practices of CMMI-DEV V1.3 level 2 in a Process of Development of Embedded Systems.** In: THE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION, INTELLIGENCE, SYSTEMS, AND APPLICATIONS –IISA. Greece. 2014b.

MIYASHIRO, M. A. S. **Uma abordagem para o processo de desenvolvimento de sistema embarcado que atende ao nível 2 de maturidade do CMMI-DEV. 2015.** Tese. Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2015.

MIYASHIRO, M. A. S.; FERREIRA, M.G.V. **Factors to be Considered for the Adaptation of "Cyclic Process" (CMMI-DEV Level 2) in the Development of Embedded Components Processes Development of Critical Embedded Systems.** In: SCIENCE AND INFORMATION CONFERENCE (SAI2016), 2016, Londres

MIYASHIRO, M. A. S.; FERREIRA, M.G.V. SANNT'ANA, N. **Viability of Application of the Process Areas of CMMI-DEV Processes Development of Critical Embedded Systems.** In: SCIENCE AND INFORMATION CONFERENCE (SAI2015), 2015, Londres.

PÁSCOA, J. E. P. **Fatores e subfatores para avaliação da segurança em software de sistemas críticos**. Dissertação. Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2002.

SEI - SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE. **CMMI for Development, Version 1.3 CMMI-DEV, V1.3 - CMMI Product Team - Improving Processes for Developing Better Products and Services**. Technical Report. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, November 2010.

SICKLE, T. V. **Reusable Software Components: Object-Oriented Embedded Systems Programming in C**. Upper Daddle River, NJ: Prentice Hall, 1997. (Prentice Hall Series on Programming Tools and Methodologies).

SOMMERVILLE, I. S. **Engenharia de Software**. 8. ed., São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

SPINOLA, M. **Diretrizes para o desenvolvimento de software de sistemas embarcados**. 1998. Tese. Doutorado. Universidade de São Paulo, SP, 1998.

XIA, Feng, *et al.* Internet of Things. **International Journal of Communication Systems**. 25 set. 2012, p.1101.