

O impacto da adoção dos modelos de maturidade TMMi e MPT.Br na gestão de projetos de software

Fábio Pereira da Silva

Escola de Artes, Ciências e Humanidades -
Universidade de São Paulo
Email: fabio.dasilva@usp.br

Marcos Lordello Chaim

Escola de Artes, Ciências e Humanidades -
Universidade de São Paulo
Email: chaim@usp.br

Abstract—Software quality is defined as a set of characteristics that the final product should satisfy to meeting the users needs. Despite the increase of its importance, especially in the last two decades, projects still fail frequently because they don't deliver the required quality standards, making many systems quickly obsolete or useless. In this context, maturity models such as the CMM, CMMI and MPS.Br, at national level, were proposed to help companies evaluate and improve their software process. One problem with these models is that they don't provide adequate attention to testing processes which represent one of the most expensive tasks of the life cycle of a system. This paper presents the results of a systematic review conducted to assess the state of art about TMMi and MPT.Br maturity models, proposed to cover the gap of traditional models regarding the testing process, and their impact in the management of software projects by organizations. The results presented in this article demonstrate that use of TMMi and MPT.Br in addition to other maturity models can bring significant improvements to organizations in the software projects management, improving the quality of products developed and customer satisfaction.

Index Terms—Software Testing, Maturity Model, TMMi and MPT.Br

I. INTRODUÇÃO

Diante do aumento da complexidade dos sistemas computacionais, crescimento da demanda por novas aplicações e baixa qualidade dos produtos existentes, na década de 1970 tornou-se evidente que o desenvolvimento de software vivia uma crise devido a inexistência de padrões que pudessem auxiliar as organizações no processo de desenvolvimento e na evolução de um produto de software. Frequentemente, os prazos não eram cumpridos, o custo superava os valores estipulados e muitos projetos falhavam por oferecerem sistemas que não atendiam aos requisitos acordados.

A Engenharia de Software foi criada com o objetivo de solucionar esses problemas, aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos desenvolvidos. Ela relaciona-se com todos os aspectos de produção de software [1] e evoluiu significativamente nas últimas décadas procurando estabelecer técnicas, critérios, métodos e ferramentas para a produção de aplicações, resultante do aumento significativo da utilização de sistemas computacionais em praticamente todas as áreas, o que provoca uma crescente demanda por qualidade e produtividade [2].

Na década de 1990, a preocupação com a qualidade cresceu significativamente com a criação de modelos de maturidade

como o CMM (*Capability Maturity Model*) em 1991, CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) em 2000 e a nível nacional o MPS.Br (Melhoria do Processo de Software Brasileiro) proposto em 2003, tendo como objetivo auxiliar as organizações a identificar, avaliar e melhorar os seus processos de softwares, partindo do contexto das metodologias tradicionais em que a qualidade do produto é dependente da qualidade do processo.

Entretanto, mesmo depois de várias décadas e das evoluções ocorridas na criação de padrões que auxiliem na construção de softwares, muitos dos aspectos da crise ainda são vistos atualmente como atrasos nos projetos, estouro de orçamentos e baixa qualidade nos sistemas desenvolvidos pelas organizações, medida por fatores como o número de defeitos encontrados ao longo do ciclo de vida do sistema. Além disso, os modelos tradicionais oferecem atenção limitada a processos específicos voltados para a atividade de teste.

Com base neste problema foram criados, dentre outros, os modelos TMM (*Test Maturity Model*), TMMi (*Test Maturity Model Integration*) e MPT.Br (Melhoria do Processo de Testes Brasileiro) em complemento aos modelos citados anteriormente, visando oferecer subsídios para as organizações avaliarem o seu processo de teste, identificando a sua situação atual e como ele deve ser melhorado com o objetivo de aumentar a qualidade no produto final.

Qualidade de Software é a conformidade do produto desenvolvido com todos os requisitos funcionais e de desempenho explicitamente declarados, padrões de desenvolvimento claramente documentados, bem como características implícitas que são esperadas de todo software profissionalmente desenvolvido, criando um produto útil que forneça valor mensurável [3]. Teste de software é o processo de executar um software de uma maneira controlada com o objetivo de avaliar se ele se comporta conforme o especificado [1]. Estima-se que 50 a 70% do esforço de desenvolvimento de software é despendido após a sua entrega ao cliente, ou seja, na fase de manutenção [4].

Porém, para conseguir uma certificação, há a necessidade de grandes mudanças, além da dificuldade de obter materiais que possam auxiliá-las em avaliações preliminares. Embora o número de organizações certificadas em modelos voltados para a melhoria do processo de software tenha crescido nos últimos anos, apenas uma pequena parcela das empresas do mundo conseguiram obtê-las e, quando considerado o uso de modelos voltados para a melhoria do processo de testes,

encontrar empresas que possuam certificações é ainda mais raro [5].

Entre os motivos estão o desconhecimento das melhorias que eles podem trazer para o aumento da qualidade dos sistemas desenvolvidos, os altos custos para implantá-los e a ausência de informações que possam auxiliar a própria organização a avaliar e melhorar continuamente o seu processo de testes, afastando as empresas de realizar este investimento [5].

Nota-se, portanto, a necessidade da adoção de modelos de maturidade que possam auxiliar as empresas a identificar, avaliar e melhorar o seu processo de testes para a diminuição dos riscos de falhas gerais do projeto, bem como aumentar a qualidade do produto final e da satisfação do cliente [5].

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática cujo objetivo é a identificação de estudos relacionados à adoção dos modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de testes TMMi e MPT.Br, bem como o impacto que eles podem trazer para a melhoria da qualidade dos softwares desenvolvidos pelas organizações.

Buscou-se também trabalhos que apresentassem comparações entre os dois modelos, aspectos da gestão de projetos que podem ser beneficiados com a sua utilização, conciliação com métodos ágeis, identificação de lacunas e criação de modelos híbridos, voltados para as necessidades específicas das organizações em determinado segmento.

A principal contribuição deste trabalho é fornecer uma visão abrangente do estado da arte dos modelos de maturidade voltados para a atividade de teste, identificação das principais dificuldades enfrentadas para implantá-los e o impacto que eles podem causar à qualidade dos produtos de software.

O restante deste artigo está organizado da forma a seguir. A Seção II apresenta conceitos básicos sobre o uso de modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de software e testes. A seção III apresenta uma breve comparação do TMMi e o MPT.Br. Os materiais e métodos utilizados são apresentados na Seção IV. A Seção V dedica-se à contextualização dos resultados obtidos na revisão sistemática. A Seção VI dedica-se a discussões sobre as questões abordadas neste estudo. Ao final, na Seção VII, são apresentadas as considerações finais deste trabalho, bem como suas contribuições e limitações.

II. BACKGROUND

Em uma definição apresentada por Glenford Myers em 1979, teste de software é o processo de executar um programa ou sistema com a finalidade de encontrar defeitos. Na época a atividade correspondia a metade dos custos totais de um projeto; entretanto mais de três décadas depois este cenário pouco mudou. O custo com a correção de defeitos cresce aproximadamente 10 vezes a medida que o projeto avança [6]. Na década de 1990 as principais empresas reconheceram que bilhões de dólares eram desperdiçados por ano em softwares por não atenderem as funcionalidades prometidas ou ainda eram liberados para uso com uma quantidade significativa de defeitos acarretando em altos custos durante o processo evolutivo do sistema [7].

Com base nesta situação surgiu uma grande preocupação com a melhoria da qualidade do processo de software. Em 1991 foi publicada a primeira versão do CMM pelo Software Engineering Institute que visa guiar as organizações a conhecer e melhorar a qualidade de seus processos de software, a partir do princípio que a qualidade ou produto é altamente influenciada pelo processo adotado [7]. Ele descreve os principais elementos de um processo de software efetivo, caracterizando-o como praticado, documentado, indispensável e passível de melhoria [8]. Cada modelo CMM é dividido em cinco níveis de maturidade que representam um estágio evolutivo bem definido na busca de um processo de software cada vez mais aprimorado, tendo como consequência o aumento da qualidade no produto final [9].

O CMMI surgiu em 2000 com o objetivo de realizar a integração dos modelos CMMs que limitavam a capacidade das organizações em ampliar com sucesso a abrangência de suas melhorias devido a necessidade de treinamentos, avaliações e atividades distintas para cada modelo. O CMMI também é dividido em cinco níveis de maturidade e permite a acomodação das múltiplas disciplinas dos modelos existentes na época [10].

O MPS.Br criado em 2003 pela Softex com base na realidade de empresas brasileiras visa definir e aprimorar um modelo de melhoria e avaliação do processo de software. O modelo é adequado ao perfil de empresas de diferentes tamanhos, sejam elas instituições públicas ou privadas; mas oferece atenção especial as micro, pequenas e médias empresas. Ele é dividido em sete níveis de maturidade que caracterizam estágios de melhoria na implementação de processos na organização, auxiliando a empresa na criação de estimativas em relação ao seu desempenho futuro e na identificação do que precisa ser melhorado para que ela alcance níveis maiores de maturidade [11].

No CMM e no seu sucessor CMMI o conceito de maturidade de testes não era abordado, sendo oferecida apenas uma limitada atenção as tarefas de verificação e validação. Para cobrir a lacuna existente no CMM o Illinois Institute of Technology criou em 1996 o TMM visando auxiliar as organizações a avaliar e melhorar continuamente o seu processo de testes [12]. No ano de 2005 em complemento ao CMMI que apresenta o mesmo problema de seu antecessor foi criado o TMMi pela TMMI Foundation com o objetivo de abranger todas as atividades relacionadas a qualidade de um produto de software de modo independente do teste realizado [13]. Ainda seguindo as ideias do autor acima citado, ele é dividido em cinco níveis de maturidade que refletem a situação atual que o processo de testes adotado pela organização se encontra, começando por um processo de testes caótico em que não há qualquer distinção entre testes e depuração até o nível otimizado em que a atividade de testes não é mais realizada somente para a localização e remoção de defeitos, o foco passou a estar na prevenção ao longo de todo o seu ciclo de vida.

O MPT.Br foi criado em 2010 pela Alats em parceria com a RioSoft visando garantir com baixo custo que as áreas de teste de software de tamanho reduzido possam ser avaliadas e estimuladas a alcançarem níveis maiores de maturidade, voltado

para empresas de qualquer porte, mantendo a compatibilidade com o MPS.Br e com o CMMI [14]. Tal como o TMMi ele é dividido em cinco níveis de maturidade; entretanto o primeiro nível do modelo já indica a existência de alguma padronização no processo de teste.

III. TMMi E O MPT.Br

Nesta seção será realizada uma breve comparação do TMMi com o MPT.Br com base nas informações dos sites oficiais dos modelos, juntamente com a apresentação do número de empresas certificadas em cada nível de maturidade dos modelos.

A. Estrutura do TMMi e do MPT.Br

Neto et al. [15] apresentaram um estudo comparando os modelos de maturidade TMMi e MPT.Br. Foi realizado um mapeamento para subsidiar a criação de modelos híbridos combinando as suas principais características. Foi possível perceber que eles possuem muito mais semelhanças do que diferenças em praticamente todos os níveis de maturidade, áreas de processos, objetivos e práticas adotadas, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

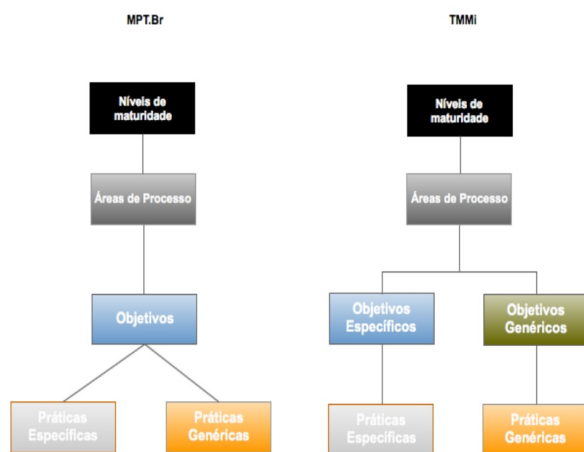


Fig. 1. Estrutura dos modelos de maturidade TMMi e MPT.Br. Retirado de [15].

O TMMi possui cinco níveis de maturidade, compostos por áreas de processos que por sua vez possuem objetivos que podem ser específicos ou genéricos, caso pertençam a mais de uma área. Os objetivos são compostos por um conjunto de práticas que também podem ser específicas ou genéricas e cada uma delas contém várias subpráticas responsáveis por oferecer uma orientação para a sua interpretação e avaliação. O MPT.Br é também composto por cinco níveis de maturidade, porém, diferentemente do TMMi, não há objetivos genéricos.

Os níveis de maturidade do TMM e do seu sucessor TMMi refletem a evolução que ocorreu na atividade de teste de software. O primeiro denominado como “Orientação para Depuração” corresponde ao nível inicial no qual não há uma distinção clara entre testes e depuração. O período de “Orientação para Demonstração” corresponde ao nível Gerenciado em que o objetivo do teste é demonstrar que o

software funciona de acordo com a sua especificação. O terceiro nomeado como “Orientação para Destruição” corresponde ao nível Definido no qual o objetivo do teste é encontrar defeitos de implementação. No quarto período chamado de “Orientação para avaliação”, relacionado ao nível Gerenciado Quantitativamente ou Mensurado, a atividade de teste passa a fazer parte de todo o ciclo de vida do software. Por último, no quinto período, denominado como “Orientação para Prevenção”, a atividade de teste é realizada ao longo da evolução do sistema com revisões constantes para a descoberta de defeitos.

O MPT.Br foi construído utilizando como referência o TMMi; porém, o seu primeiro nível já indica que a organização possui alguma maturidade no processo de teste, adotado atendendo às necessidades de micro, pequenas e médias empresas que muitas vezes não conseguem cumprir todos os requisitos do modelo para o alcance do segundo nível. A Figura 2 demonstra a estrutura dos níveis de maturidade do TMMi e do MPT.Br.



Fig. 2. Níveis de maturidade do TMMi e MPT.Br. Retirado de [16].

B. Empresas certificadas no TMMi ou MPT.Br

Atualmente há apenas 9 empresas certificadas em seu quinto nível de maturidade. No MPT.Br esta situação é ainda pior, embora ele esteja começando a ser introduzido no mercado, somente duas empresas possuem certificação no quinto nível do modelo. A Figura 3 mostra a distribuição das organizações certificadas em cada um deles com base em informações oficiais dos sites da TMMI Foundation e MPT.org referenciados ao final deste trabalho. É importante considerar que não há organizações certificadas no primeiro nível do TMMi por ele indicar um processo de testes caótico, ou seja, todas as empresas de software são no mínimo aderentes a ele.

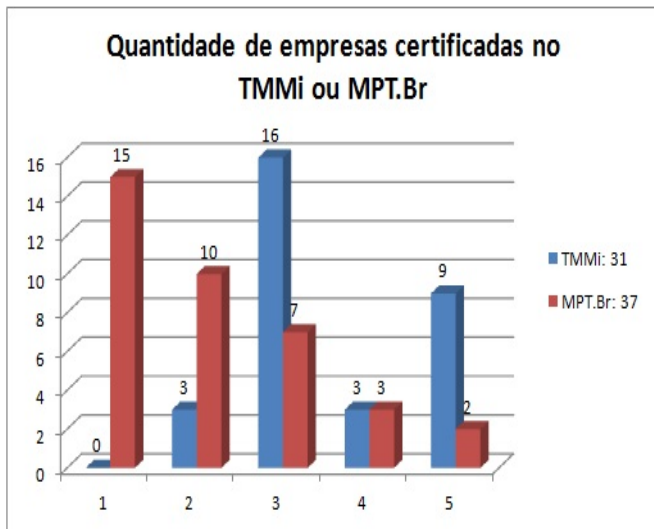


Fig. 3. Empresas certificadas nos modelos

Além do número baixo de organizações certificadas, grande parte das dificuldades apresentadas por Burnstein, Suwannasart e Carlson [12] publicado em 1996 por pessoas que participaram diretamente da proposta inicial do modelo TMM são vistas atualmente.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

As revisões sistemáticas são desenhadas para ser metódicas, explícitas e passíveis de reprodução. Esse tipo de estudo serve para nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações através da identificação de quais métodos de pesquisa foram utilizados em uma área [17].

Uma revisão por ser um método explícito requer a definição de uma estratégia de busca clara, de modo que só sejam incluídos trabalhos que realmente tiverem relação com os objetivos propostos, devendo ocorrer uma avaliação rigorosa dos artigos retornados na busca em propriedades como a sua aderência ao tema proposto e o conteúdo apresentado [17].

Ainda seguindo as ideias do autor acima citado, uma revisão sistemática se difere dos modelos tradicionais utilizados, porque ela visa responder uma ou mais perguntas pontualmente.

A. Protocolo da Revisão Sistemática

Esta revisão tem como objetivos a identificação das evoluções ocorridas nos últimos anos no desenvolvimento de modelos de maturidade focados na melhoria do processo de teste, benefícios que eles podem trazer na gestão de projetos de software e avaliar se eles diminuem o número de defeitos, melhoram a qualidade do produto desenvolvido e aumento da satisfação do cliente.

Buscamos nesta revisão sistemática responder às seguintes questões.

- 1) Quais são os principais benefícios e lacunas dos modelos de maturidade avaliados?
- 2) Qual a relação custo benefício de sua adoção?

- 3) De que forma a inclusão de processos específicos, voltados para a atividade de teste, podem melhorar o gerenciamento de projetos de software?
- 4) Quais aspectos podem ser melhorados no TMMi e MPT.Br com a criação de modelos híbridos?
- 5) De que forma o uso de métodos ágeis pode contribuir para a gestão do processo de testes?

Para a realização da pesquisa e elaboração das *strings* de buscas foram consideradas as seguintes palavras chaves: “modelos de maturidade” relacionada aos termos TMMi, MPT.Br, CMMI e MPS.Br, “qualidade de software” associada aos termos “software testing” e “software quality”, “desenvolvimento de software” associada ao termo “software development”, “métodos ágeis” associada ao termo “agile” e “gestão de projetos” associada ao termo “project management”.

Foram considerados os artigos publicados em português ou inglês, com base nos critérios de inclusão e exclusão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Trabalhos que estabeleçam uma relação custo-benefício do uso de modelos de maturidade no gerenciamento de projetos de software.	Trabalhos com ano de publicação inferior a 1996.
Trabalhos que tragam propostas de utilização dos modelos de maturidade TMMi e MPT.Br no processo de desenvolvimento e teste de software.	Trabalhos que não estejam disponibilizados em meio eletrônico.
Trabalhos que realizem estudos comparativos entre os modelos de maturidade voltados para a atividade de testes e/ou para o processo de desenvolvimento.	Trabalhos que não apresentem o uso de modelos de maturidade no processo de desenvolvimento, teste de software ou gestão de projetos.
Trabalhos que introduzam propostas de melhorias aos modelos existentes.	Trabalhos que não apresentem comparativos, propostas de melhorias e lacunas nos modelos avaliados.

B. Condução da Revisão Sistemática

Seguindo o protocolo apresentado, a revisão foi conduzida por um período de dois meses (abril/2016 a junho/2016). Para a obtenção dos estudos primários, foram formadas várias *strings* de buscas individuais submetidas nos repositórios da IEEE, ACM, Scopus, Research Gate, Google Scholar e Springer no dia 14/05/2016.

Ao todo foram retornados 73 trabalhos na pesquisa, excluindo os repetidos o número caiu para 57 trabalhos e 15 deles foram incluídos na revisão sistemática considerando os critérios de inclusão e exclusão.

Obteve-se por utilizar Strings individuais por repositório visando diminuir a quantidade significativa de trabalhos repetidos encontrados na revisão sistemática e também maior aderência as questões de pesquisa mencionadas. Tais resultados não seriam possíveis se tivesse utilizado apenas uma única string de busca e aplicada em todos os repositórios.

A Tabela 3 demonstra os trabalhos incluídos na revisão sistemática. Na próxima seção, será apresentada uma visão detalhada dos artigos, como eles foram distribuídos e a relevância apresentada para os resultados desta revisão.

Tabela 2. Strings de buscas por repositório

String	Base	Trabalhos retornados	Trabalhos incluídos
(TMM or TMMi or MPT.BR) and (SOFTWARE TESTING and MATURITY MODEL)	IEEE	12 trabalhos	3 trabalhos
(TMM or TMMi or MPT.BR)	ACM	10 trabalhos	2 trabalhos
(TMM or TMMi)	Scopus	22 trabalhos	5 trabalhos
(TMMi or MPT.BR) and (AGILE or (MATURITY MODEL and TESTING PROCESS IMPROVEMENT))	Research Gate	10 trabalhos	1 trabalho
(TMMi AND MPT.BR) and (MODELO DE MATURIDADE or MATURITY MODEL) and (TESTE or TESTING)	Google Scholar	17 trabalhos	3 trabalhos
((TMM and TMMi)	Springer	2 trabalhos	1 trabalho

Tabela 3. Artigos incluídos na revisão da sistemática

Título	Ano	Autores
Developing a Testing Maturity Model for software test process evaluation and improvement	1996	Ilene Burnstein, Taratip Suwannasart e C.R. Carlson
Towards a metrics based verification and validation maturity model	2002	Jef Jacobs e Jos Trienekens
A Framework for the Vamp,V Capability Assessment Focused on the Safety-Criticality	2005	Kyung-A Yoon, Saung-Hun Park, Doo-Hwan Bae, Hoon-Seon Chang e Jaa-Chaon Jung
Maturity Level Assessment in Software Testing in Small and Medium-Sized Enterprises of the State of Goiás	2015	Adailton F. Araújo, Cassio L. Rodrigues, Auri M.R. Vincenzi e Celso G. Camilo
An analysis Instruments for Assessing Adherence to level 2 TMMi in Small Enterprises	2015	Daniela Oliveira Costa, Plínio de As Leitao Junior e Fabio Nogueira de Lucena
Software quality control with the usage of ideal and TMMi models	2015	Petr Bris, Michal Frantis e Monika Kolkova
Improving test process for test organization assessed with TMMi based on TPI NEXT	2014	Kidu Kim e R. Young Chul Kim
An initial proposal for a test governance framework in business organizations	2013	Michal Doležel
Hybridizing CMMI and Requirement Engineering Maturity Capability Models: Applying the LEGO approach for improving estimates	2009	Monique Blaschka, Michael Philipp e Tomas Schweigert
Towards Agile Implementation of Test Maturity Model Integration (TMMi) Level 2 using Scrum Practices	2015	Ahmed B. Farid, Enas M. Fathy e Mahmoud Abd Ellatif
A Atividade de Teste sob a Perspectiva de Qualidade de Software	2014	Olavo Nylander Brito Neto, Rodrigo Lisboa Pereira, Emerson Rios e Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira
Metodologia para configuração de instrumentos para auxiliar iniciativas de melhoria do processo de teste de software multimodelos baseadas no MPT.Br e TMMi	2013	Olavo Nylander Brito Neto, Lilian Santos Ferreira, Emerson Rios e Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira
Improve the test process - The SPICE4TEST approach	2009	Monique Blaschka, Michael Philipp e Tomas Schweigert
Uma pesquisa qualitativa sobre o perfil de uma amostra das organizações certificadas no MPT.BR	2013	Olavo Nylander Brito Neto, Rodrigo Lisboa Pereira, Emerson Rios e Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira
Characterising the state of the practice in software testing through a TMMi-based process	2015	Kamilla G Camargo, Fabiano C Ferrari e Sandra CPF Fabbri

V. RESULTADOS

Esta seção dedica-se à apresentação dos resultados obtidos na revisão sistemática em relação a cada uma das questões de pesquisa consideradas neste estudo.

A. Benefícios e aumento da competitividade organizacional

Embora modelos de maturidade voltados para o processo de teste ainda não estejam sendo utilizados pela grande maioria das empresas a sua implantação pode trazer inúmeros benefícios a elas. Modelos como o TMMi podem representar muito mais do que a diminuição do número de defeitos encontrados. O foco está em preveni-los ao longo de todo o processo evolutivo do sistema e no papel que eles podem representar para o alcance dos objetivos estratégicos das organizações.

Bris, Frantis e Kolkova [18] apresentam que com poucas modificações na estrutura do segundo nível do TMMi uma empresa conseguiu expandir rapidamente o número de vendas de um produto que havia acabado de ser introduzido no mercado norte-americano, auxiliando-a com o aumento da qualidade do sistema desenvolvido, no ganho de novos nichos de mercado, aumento da satisfação do cliente e a obter vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. Além disso, com seis meses de uso não foram mais reportados defeitos no sistema por seus usuários e a quantidade de correções necessárias também caiu proporcionalmente.

Tal característica traz uma contribuição importante para o resultado final desta revisão sistemática, pois, mesmo não conseguindo alcançar o terceiro nível de maturidade do TMMi, a sua utilização contribuiu significativamente tanto para o aumento da qualidade do produto quanto para a sua ascensão rápida no mercado.

A adoção de modelos de maturidade não está restrita a fornecedores. Doležel [19] apresenta um novo modelo baseado no TMMi implantado em uma grande instituição financeira da República Tcheca. O resultado foi que o processo de testes pôde ser gerenciado pelo cliente dividindo as responsabilidades com os fornecedores, partindo da premissa de que aspectos técnicos não são mais importantes que as pessoas envolvidas.

Utilizar modelos de maturidade de maneira simultânea com métodos ágeis também pode auxiliar as organizações a obterem vantagens competitivas. Embora Bris, Frantis e Kolkova [18] tenham indicado que os métodos ágeis sejam incompatíveis com o TMMi, Farid, Fathy e Ellatif [20] apresentam um mapeamento das práticas do Scrum com as práticas específicas do segundo nível do TMMi, sendo verificado que a maioria delas são cobertas pelo Scrum tornando viável que as organizações conciliem a sua utilização. Além disso, em comparações realizadas de como era a situação antes e após a adoção em conjunto dos dois modelos, aspectos como a qualidade da entrega, produtividade da equipe, comunicação com o cliente, satisfação dos funcionários e cumprimento dos prazos estipulados aumentaram demonstrando a eficiência de conciliá-los.

Considerando o MPT.Br, voltado para pequenas e médias empresas de âmbito nacional, Pereira et al. [21] exemplificam o baixo custo que o modelo oferece para as empresas de pequeno e médio porte em relação ao TMMi. Apesar do número baixo de empresas certificadas, o MPT.Br pode representar um diferencial para as organizações.

A utilização de multimodelos também pode auxiliar as empresas a obterem vantagens competitivas. Embora o TPI Next

não esteja no objetivo desta revisão. K., Kidu e K., Young [22] abordam os benefícios que ele pode trazer para uma avaliação das práticas internas adotadas pelas empresas, auxiliando na definição de um guia de atividades em cada nível do TMMi em especial nas fases iniciais.

Apenas Neto et al. [15] abordaram a criação de um modelo híbrido com base nas características do TMMi e do MPT.Br por meio de um mapeamento completo, revisado por pares, das práticas do MPT.Br no TMMi em todos os níveis, identificando as diferenças e similaridades entre eles.

Dos 15 trabalhos selecionados na revisão sistemática somente 20% deles abordaram diretamente o quanto a utilização do TMMi, do MPT.Br ou de outros modelos de maturidade pode auxiliar as organizações a aumentar sua competitividade, utilizando-os para o ganho de novos mercados, conforme demonstrado na Figura 4. Esta característica reflete as dificuldades enfrentadas pelas empresas na implantação de modelos de maturidade voltados para o processo de teste que não ocorre apenas em âmbito nacional e a inexistência de mecanismos adequados para a realização de um melhor gerenciamento das atividades realizadas.

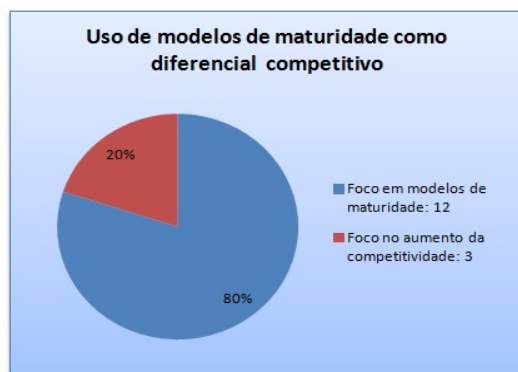


Fig. 4. Uso de modelos de maturidade para a obtenção de vantagens competitivas

B. Dificuldades enfrentadas para a adoção de modelos de maturidade

De acordo com informações obtidas no site da *TMMi Foundation* e *MPT.Org*, em todo o mundo há apenas 31 empresas certificadas no TMMi, sendo 9 delas no quinto nível do modelo. Considerando o MPT.Br, há somente 37 empresas certificadas no Brasil; porém, somente duas alcançaram o quinto nível do modelo.

Jacobs e Trienekens [23] exemplificam como principais problemas no TMMi: descrição ineficiente de suas metas; falta de representação contínua dos processos, o que não permite que seja definido o nível de capacidade de cada processo empregado; e ausência de atividades relacionadas à gestão de pessoas e ao ambiente de teste.

O TMMi também é considerado um modelo bastante generalista. Yoon, Park e Bae [24] detalham que esta situação é demonstrada em sistemas de segurança crítica em que foi avaliado que o TMMi possui práticas voltadas para o processo

de verificação e validação; porém, não é capaz de acomodar atividades de um segmento específico.

Além disso, a falta de documentações com exemplos práticos que auxiliem as organizações a entender como está o seu processo de teste atual de acordo com os princípios do modelo representa um fator adicional para que as empresas desistam de realizar a sua implantação. Araujo et al. [25] apresentam o problema da falta de instrumentos públicos que possam auxiliar as organizações a avaliar o seu processo de teste no TMMi e MPT.Br. Refletindo esse cenário no estudo, somente uma de dez empresas que participaram da avaliação conseguiram alcançar o segundo nível do TMMi. Costa, Júnior e Lucena [26] apresentam dois instrumentos criados para realizar avaliações de aderência ao segundo nível do TMMi pelas organizações, entretanto, ambos demonstraram ser de difícil entendimento.

Outra dificuldade apresentada no TMMi é a falta de avaliação do ambiente interno da empresa. K. Kidu e K. Young [22] descrevem esta dificuldade.

Muitas vezes as atividades do processo de software são compostas por tarefas rígidas, com pouca acomodação a mudanças que podem ocorrer, o que é uma característica geral da maioria dos modelos de maturidade existentes. Farid, Fathy e Ellatif [20] demonstram o quanto o processo de testes pode melhorar com o uso de métodos ágeis mesmo em seus níveis iniciais.

C. Categorização dos artigos selecionados

Dos trabalhos selecionados 27%, tiveram como objetivo principal abordar o uso TMMi na melhoria da qualidade de produtos de software, a apresentação de estudos que verifiquem a aderência de pequenas e médias empresas ao modelo e a identificação de lacunas e dos benefícios que ele pode trazer para avaliar e melhorar o processo de teste adotado. Trabalhos que realizaram comparações entre modelos tiveram o mesmo percentual. Artigos que abordaram o papel da adoção do TMMi e do MPT.Br como vantagem competitiva para as organizações e a apresentação de novos modelos obtiveram o percentual de 20% para cada uma das categorias. Em todas as buscas realizadas só foi encontrado um único artigo totalmente voltado para o MPT.Br representando o percentual de 6%. A distribuição completa dos trabalhos pode ser visualizada na Figura 5

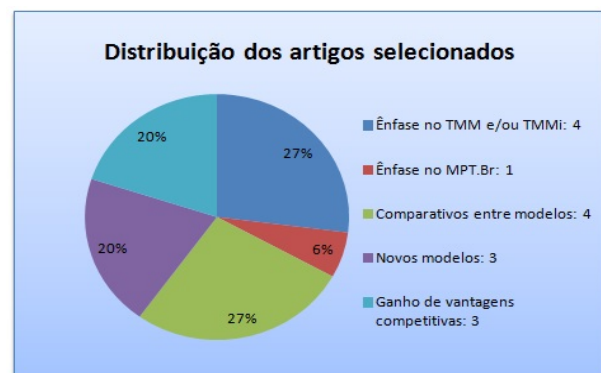


Fig. 5. Distribuição dos artigos selecionados

D. Técnicas utilizadas nos trabalhos

Nos artigos, as técnicas mais utilizadas foram a apresentação de dificuldades no TMMi/TMMi e comparações em sua grande maioria do TMMi e/ou MPT.Br em relação a modelos voltados para a melhoria do processo de software como o CMMI e o MPS.Br.

Além disso, foram realizadas entrevistas nos trabalhos de Pereira et al. [21] e Neto et al. [15] para a identificação do perfil de empresas certificadas no TMMi e MPT.Br em âmbito nacional. Um estudo etnográfico foi proposto por Doležel [19] em uma instituição financeira da República Tcheca. Métodos estatísticos foram utilizados com ênfase somente nos trabalhos de K. Kidu e K. Young [22] para a realização de um mapeamento detalhado dos elementos do TPI Next no TMMi e por Farid, Fathy e Ellatif [20] visando identificar por meio de testes de hipóteses o quanto a utilização do Scrum com o TMMi pode trazer melhorias para o processo de teste. A Figura 6 demonstra a distribuição das técnicas utilizadas nos trabalhos.

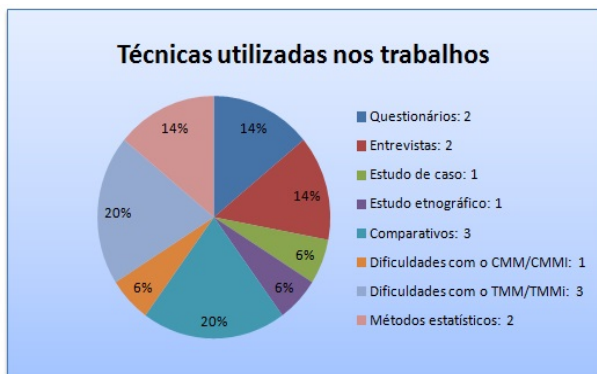


Fig. 6. Distribuição das técnicas utilizadas

E. Análise do período e idioma dos artigos

Foram considerados no desenvolvimento desta revisão sistemática artigos publicados a partir do ano de 1996, quando houve um aumento significativo de pesquisas relacionadas ao uso de modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de testes.

Dos 15 artigos selecionados 73% deles foram publicados entre 2012 e 2015, 13,5% entre 2004 a 2011 e 13,5% entre 1996 a 2003, acarretando em uma diferença significativa de trabalhos publicados em especial nos últimos quatro anos que representou mais do que o dobro de publicações dos outros 16 anos considerados na pesquisa. Considerando apenas o ano de 2015 foi responsável por 33,3% do total de trabalhos quantidade correspondente ao período de 1996 a 2012. A Figura 7 apresenta os artigos publicados no período considerado excluindo os anos em que não houve publicações incluídas nesta revisão.



Fig. 7. Artigos publicados no período considerado

Em relação ao idioma dos artigos, 67% dos trabalhos incluídos foram elaborados na língua inglesa e 33% deles foram desenvolvidos em português. Com base nisso, é importante verificar o baixo número de trabalhos publicados que abordam o uso do MPT.Br justificando-se por ele ter sido proposto somente no ano de 2010 e ainda ser pouco conhecido pela maioria das organizações.

F. Outras considerações importantes

Neto et al. [15] apresentaram uma comparação detalhada do TMMi com o MPT.Br, reforçando as dificuldades enfrentadas para a utilização de um modelo híbrido pelas organizações que será discutido na próxima seção. Outros trabalhos realizaram comparações que envolvem o TMMi e o MPT.Br; porém, em sua maioria com outros modelos de maturidade.

VI. DISCUSSÃO

Nesta seção, serão discutidos os resultados obtidos na revisão sistemática. Este tópico dedica-se à apresentação de considerações sobre os benefícios e lacunas do TMMi e MPT.Br, relação custo benefício de sua utilização, melhorias que podem ser obtidas no gerenciamento de projetos de software com a inclusão de processos específicos voltados para a atividade de teste e contribuição que o uso de métodos ágeis pode trazer quando utilizados simultaneamente com eles.

A. Benefícios e lacunas do TMMi e MPT.Br

Com relação à primeira questão desta revisão sistemática, a adoção de modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de testes pode contribuir para: diminuição do número de defeitos e de custos; gerenciamento de incidentes e do ambiente de teste; cumprimento dos prazos definidos; satisfação do cliente; qualidade no produto final entregue; diminuição de riscos; aumento de sua competitividade; e ganho de novos mercados.

Dentre as lacunas dos modelos avaliados, foram mencionados como principais problemas: o custo necessário para implementar e manter o TMMi e o MPT.Br, mesmo este sendo voltado para pequenas e médias empresas; ausência de materiais que auxiliem as organizações a avaliar em que estágio o seu processo de testes se encontra; dificuldade de utilização em determinados segmentos por não permitirem a inclusão de

novos processos de verificação e validação, de acordo com a necessidade das organizações; baixa flexibilização a mudanças; ausência de processos para a priorização do lado interno da empresa; e falta de atividades relacionadas a gestão de pessoas.

B. Custo-benefício dos modelos de maturidade estudados

Em uma avaliação do custo benefício dos modelos de maturidade voltados para teste, observou-se que eles trazem vantagens competitivas como maior qualidade e crescimento de vendas das aplicações desenvolvidas, trazendo um rápido retorno ao investimento realizado. Nesse sentido, os modelos vão além da prevenção de defeitos ao longo do ciclo de vida do sistema, constituindo-se em um diferencial para as empresas que os adotam em relação aos seus concorrentes.

Embora o número de trabalhos publicados tenha crescido significativamente nos últimos anos, grande parte deles focam em aspectos técnicos dos modelos e não avaliam o impacto que eles podem trazer para o aumento da competitividade e ganho de novos mercados pelas organizações. Tal característica só foi abordada por Bris, Frantis e Kolkova [18], Doležel [19] e Farid, Fathy e Ellatif [20] que apresentaram o papel que uma gestão adequada possui para a melhoria dos processos de testes, demonstrando o retorno financeiro que eles podem trazer.

C. Melhorias com os processos voltados para a atividade de teste

A inclusão de processos para a atividade de teste diminuí os riscos de falhas gerais do projeto e o tempo necessário para a entrega final do produto, bem como os custos de desenvolvimento e manutenção do sistema, trazendo melhor relacionamento entre clientes e fornecedores. Doležel [19] apresenta que as responsabilidades no gerenciamento do processo de teste podem ser divididas entre clientes e fornecedores. Em resumo, os princípios propostos pelo TMMi podem ser utilizados também por clientes interessados em ter maior participação em todas as atividades realizadas.

D. Criação de modelos híbridos TMMi e MPT.Br

A criação de modelos híbridos pode trazer melhorias ao TMMi e ao MPT.Br por meio da combinação de seus principais benefícios, da redução das lacunas existentes e da adequação às necessidades específicas das empresas. Na revisão sistemática, apenas Neto et al. [15] relacionam de maneira detalhada o TMMi com o MPT.Br, desenvolvendo um material de apoio para a criação de novos modelos.

Além disso, uma característica importante apresentada por Buglione et al. [27] é a utilização em conjunto de inúmeros modelos de maturidade que podem auxiliar nas mais variadas situações, tanto para a gestão de projetos quanto para a melhoria da capacidade dos processos de software e teste, diminuindo as dificuldades enfrentadas para realizar a implantação de vários modelos separados e mantendo os processos em conformidade com os seus requisitos.

E. Métodos ágeis e gestão do processo de teste

O uso de métodos ágeis pode contribuir no gerenciamento do processo de testes com melhorias na qualidade da entrega, correção rápida de defeitos, acomodação de mudanças, maior comunicação e participação das partes interessadas, entusiasmo da equipe, satisfação dos funcionários, maior produtividade, cumprimento dos prazos estipulados e aumento da satisfação do cliente. Tais características foram mencionadas por Farid, Fathy e Ellatif [20] que apresentaram um estudo estatístico detalhado dos benefícios que o uso simultâneo do TMMi com o Scrum pode trazer a todo o gerenciamento do processo de testes.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática apresentou os principais benefícios e dificuldades enfrentadas pelas organizações na adoção de modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de teste. Muitos modelos de maturidade voltados para a melhoria do processo de software foram propostos como o CMM, CMMI e o MPS.Br.

Todavia, todos eles apresentam o mesmo problema: não incluem atividades específicas de verificação e validação voltadas para avaliar e melhorar o processo de teste adotado pelas empresas. Essa dificuldade possui como principal consequência a diminuição da qualidade do produto final entregue, aumento do número de defeitos encontrados ao longo do ciclo de vida do sistema, altos custos de manutenção e maior risco de o sistema rapidamente se tornar obsoleto trazendo prejuízos a todos os envolvidos.

Diante desse cenário, foram propostos os modelos TMM, TMMi e o MPT.Br, voltados para a melhoria do processo de teste, visando complementar as lacunas existentes nos modelos descritos.

A leitura das obras possibilitou a identificação de trabalhos relevantes ao objetivo proposto nesta revisão. Auxiliando a identificar os principais benefícios e dificuldades enfrentadas pelas organizações para implantar modelos de maturidade voltados para a avaliação e melhoria do processo de teste. O papel que eles podem representar para a obtenção de vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. Comparações entre os modelos de maturidade estudados e a criação de modelos híbridos que combinem os seus principais benefícios e minimizem as lacunas existentes.

Este trabalho possui como principal ameaça a validade a ausência de trabalhos relacionados ao uso do MPT.Br em âmbito nacional que impossibilitou uma comparação mais aprofundada com o TMMi.

A principal contribuição desta revisão sistemática é que os modelos de maturidade voltados para o processo de teste vão além da redução do número de defeitos. Eles possuem papel importante dentro da visão estratégica das empresas como um diferencial em relação aos seus concorrentes. Entretanto, sua adoção possui dificuldades tanto em aspectos técnicos como organizacionais. Um exemplo de aspecto organizacional é a dificuldade das empresas entenderem o papel que os

modelos podem representar para o aumento da qualidade de seus sistemas.

A revisão sistemática pode ser utilizada por pesquisadores interessados em melhorar os modelos de maturidade existentes, bem como por profissionais interessados em uma gestão adequada de seus processos de testes.

REFERENCES

- [1] L. SOMMERVILLE, *Engenharia de Software*, 8th ed. Saulo: Pearson Education, 2007.
- [2] J. C. Maldonado, E. F. Barbosa, A. M. R. Vicenzi, M. E. Delamaro, S. do Rocio Senger de Souza, and M. Jino, "Introdução ao teste de software," 2007. [Online]. Available: <http://www.labes.icmc.usp.br/sites/default/files/NotaDidatica65.pdf>
- [3] R. Pressman, *Engenharia de Software*, 6th ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2006.
- [4] B. V. Mazzola, "Engenharia de software," 2011. [Online]. Available: http://www.pucrs.br/edipucrs/online/projetoSI/6-Engenharia/ESoft_01.pdf
- [5] MPT.ORG, "Melhoria do processo de testes brasileiro," 2010. [Online]. Available: http://www.mpt.org.br/wp-content/uploads/2010/12/MPT_BR_Nivel_1_v_2.2.pdf
- [6] G. J. Myers, T. Badgett, and C. Sandler, *The Art of Software Testing*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [7] D. A. Rezende, *Engenharia de Software e Sistemas de Informação*, 3rd ed. Editora Brasport, 2005.
- [8] R. D. Queiroz, "Adoção das praticas de testes do modelo cmmi na melhoria da qualidade dos produtos e serviços de teste de software em instituições financeiras," 2005. [Online]. Available: http://www.bdt.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2008-08-14T120806Z-1587/Publico/DISSERTACAO%20RONI%20DIAS.pdf
- [9] B. Mezzena and R. Zwicker, "Benefícios e dificuldades do modelo cmm de melhoria do processo de software," 2007. [Online]. Available: <http://www.revistas.usp.br/rege/article/view/36608/39329>
- [10] C. M. S. E. Institute, "Cmmi para desenvolvimento versão 1.2," 2006. [Online]. Available: http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/cmmi-dev_1-2_portuguese.pdf
- [11] Softex.MPS-BR, "Softex. mps.br - melhoria do processo de software brasileiro," 2012. [Online]. Available: http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/MPS_BR_Guia_Geral_Software_2012.pdf
- [12] I. Burnstein, T. Suwannasart, and C. Carlson, "Developing a testing maturity model: Part i," *Crosstalk*, 1996. [Online]. Available: https://www.sysqa.nl/wp-content/uploads/2011/12/crosstalk_tmm_part_1.pdf
- [13] E. V. Veenendaal, "Test maturity model integration (tmmi)," 2012. [Online]. Available: <http://www.tmmi.org/pdf/TMMi.Framework.pdf>
- [14] MPT.BR, "Mpt.br empresas certificadas," 2016. [Online]. Available: <http://mpt.org.br/mpt/empresas-certificadas/empresas-certificadas-lista/>
- [15] O. N. B. Neto, L. S. Ferreira, E. Rios, and S. R. B. Oliveira, "Metodologia para configuração de instrumentos para auxiliar iniciativas de melhoria do processo de teste de software multimodelos," *Periodicos PUC Minas*, 2013. [Online]. Available: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2013v2n1p3/5780>
- [16] S. C. P. F. Fabbri, F. C. Ferrari, and K. G. Camargo, "A atividade de teste sob a perspectiva de qualidade de software," *Revista TIS - Tecnologias Infraestrutura e Software*, 2014. [Online]. Available: <http://revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/view/59/55>
- [17] R. Sampaio and M. Mancini, "Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica," *Brazilian Journal of Physical Therapy*, vol. 11, pp. 83 – 89, 02 2007. [Online]. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552007000100013&nrm=iso
- [18] P. Bris, M. Frantis, and M. Kolkova, "Software quality control with the usage of ideal and tmmi models," *MM SCIENCE JOURNAL*, 2015. [Online]. Available: http://www.mm-science.eu/content/file/MM_Science_201565.pdf
- [19] M. Doleel, "An initial proposal for a test governance framework in business organizations," *Information Technology, Human Values, Innovation and Economy (IDIMT 2013)*, 2013. [Online]. Available: http://mb.vse.cz/~qdolm05/files/DolezelM-IDIMT_2013_An_Initial_Proposal_for_a_Test_Governance_Framework_in_Business_Organizations.pdf
- [20] A. B. Farid, E. M. Fathy, and M. A. Ellatif, "Towards agile implementation of test maturity model integration (tmmi) level 2 using scrum practices," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 2015. [Online]. Available: http://thesai.org/Downloads/Volume6No9/Paper_31-Towards_Agile_Implementation_of_Test_Maturity_Model_Integration.pdf
- [21] O. N. B. Neto, R. L. Pereira, E. Rios, and S. R. B. Oliveira, "Uma pesquisa qualitativa sobre o perfil de uma amostra das organizações certificadas no modelo mpt.br," *Perios PUC Minas*, 2014. [Online]. Available: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2014v2n2p3/6402>
- [22] K. Kim and R. Y. C. Kim, "Improving test process for test organization assessed with tmmi based on tpi next," *International Journal of Software Engineering & Its Applications*, 2014. [Online]. Available: http://www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol8_no2_2014/7.pdf
- [23] J. Jacobs and J. Trienekens, "Towards a metrics based verification and validation maturity model," *International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security*, 2002. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45732-1_18
- [24] K.-A. Yoon, S.-H. Park, and D.-H. Bae, "A framework for the v&v capability assessment focused on the safety-criticality," *13th IEEE International Workshop on Software Technology and Engineering Practice (STEP'05)*, 2005. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/7fda/e1bd3fa14f47a299928d9ae0ce1e8d760e45.pdf>
- [25] A. F. Araujo, C. L. Rodrigues, A. M. Vincenzi, and C. G. Camilo, "Maturity level assessment in software testing in small and medium-sized enterprises of the state of goias," *XI Brazilian Symposium on Information System*, 2015. [Online]. Available: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2015/056.pdf>
- [26] D. de Oliveira Costa, P. de Sa LeitJunior, and F. N. de Lucena, "An analysis instruments for assessing adherence to level 2 tmmi in small enterprises," *Proceedings of the XI Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI 2015)*, 2015. [Online]. Available: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2015/054.pdf>
- [27] L. Buglione, J. C. R. Hauck, C. G. von Wangenheim, and F. M. Caffery, "Hybridizing cmmi and requirement engineering maturity & capability models," *Proceedings of the 7th International Conference on Software Paradigm Trends*, 2012. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/1bc4/19c91408f79637c1c76083b04b023a017c1d.pdf>