

A MPS Validation and Verification process focused on multi-model implementation

ABSTRACT: According to the literature, software companies have increasingly sought to adhere to the use of standards to improve processes in order to generate higher quality for their products. Also according to the literature, the Validation and Verification processes are important ways to ensure the quality of the products delivered to customers. As there are several quality standards, organizations tend to adopt more than one of these to meet the structure and specifics of the business. This work aims to present the construction of a software validation and verification process based on the harmonization of assets between the ISO / IEC / IEEE 29119 test standard and the CMMI-DEV standard, as well as to show the similarities between such standards.

Keywords: Software Validation and Verification, Multi-model Implementation, Software Testing, Process Quality

Um processo de Validação e Verificação em MPS com foco na implementação multi-modelo

RESUMO: De acordo com a literatura, as empresas de software têm buscado cada vez mais aderir ao uso de normativos para melhoria de processos com a finalidade de gerar uma qualidade maior para seus produtos. Ainda de acordo com a literatura, os processos de Validação e Verificação são importantes vias para a garantia da qualidade dos produtos entregues aos clientes. Como existem diversos normativos de qualidade, as organizações tendem a adotar mais de um desses para atender a estrutura e as especificidades do negócio. Este trabalho tem como objetivo apresentar a construção de um processo de validação e verificação de software baseado na harmonização dos ativos entre a norma de teste ISO/IEC/IEEE 29119 e o normativo CMMI-DEV, bem como apresentar as semelhanças entre tais normativos.

Palavras-chave: Validação e Verificação de Software, Implementação Multi-modelo, Teste de Software, Qualidade do Processo

Agradecimentos: A equipe agradece ao CAPES pelo incentivo financeiro à realização desta pesquisa a partir da concessão institucional de Bolsa de Mestrado ao PPGCC/UFPA. Este trabalho faz parte do projeto SPIDER/UFPA (<http://www.spider.ufpa.br>).

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um grande aumento da necessidade de produtos de software nas diversas áreas da vida humana, fato que provocou um grande avanço nas técnicas, critérios de avaliação e ferramentas para o desenvolvimento de produtos de software. Diante desse contexto, a demanda tanto em relação à qualidade quanto em relação ao processo de produção cresceu (Maldonado *et al.*, 2004) Portanto, desenvolver produtos com qualidade tornou-se pilar fundamental para que empresas que trabalham com a produção de software consigam manter um grau elevado de competitividade no mercado (Júnior, 2010)

Com a finalidade de garantir qualidade, garantir que o produto seja desenvolvido em conformidade com o que foi especificado e evitar que existam erros no produto final, existe um conjunto de atividades incorporadas no processo de software que são agrupadas nos conceitos de Validação, Verificação e Teste (Delamaro; Jino; Maldonado, 2013). A maioria das grandes empresas, cientes dos benefícios que o processo de validação e verificação trazem para seus produtos, já adotam a prática de apresentar equipes especializadas para lidar com essas ferramentas de garantia de qualidade (Júnior, 2010).

Além das estratégias de teste de software, diversas empresas também adotam práticas que são descritas nos modelos de melhoria de processo disponíveis no mercado tais como MPS.br, o CMMI-DEV ou as normas da ISO (Oliveira, 2007). Estes modelos ajudam a prover o desenvolvimento de um software que esteja de acordo com suas especificações, prazos e custos. Assim, a implementação de processos aderentes às normas e aos modelos de qualidade é um ponto muito requisitado na busca pela qualidade da produção e dos produtos de software.

Segundo Araujo *et al.* (2004), a elaboração de um escopo para aplicação de melhoria de um processo de software vai além da simples escolha de um determinado modelo ou norma de referência, por diversas vezes, é necessário haver uma combinação de modelos entre si para atender de forma completa as necessidades específicas de cada organização. A grande dificuldade que reside nessa combinação de modelos são as diferenças que cada um apresenta no que diz respeito à estrutura, forma de aplicação e especificidades. Este fato, por vezes, colabora para o não entendimento do que será implantado (Garcia *et al.*, 2016).

1.1 Problema

A indústria de software é um dos pontos estratégicos para o desenvolvimento de um país. Em geral, esse setor concentra um grande volume de micro e pequenas empresas, isso pode ser observado no próprio mercado brasileiro que abriga muitos pequenos negócios de software. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Software - ABES (2018) o Brasil manteve a nona posição no *ranking* mundial na área de empresas de software com o total de 17000 empresas nas áreas de software e serviços.

A internacionalização representa uma grande forma de crescimento para esse setor de produção, por isso existem diversos estímulos para a adesão de produtores emergentes no processo de internacionalização. No entanto, as empresas ainda apresentam certa dificuldade na inserção nesse processo, uma vez que as pequenas empresas, em sua maioria, contam com pouco recurso, pouca informação e não apresentam controles básicos de custo, gasto e nem processos de qualidade de produção (Herranz e Machado, 2019).

Garantir a qualidade do software é o cerne da produção de produtos na área tecnológica. As empresas, de modo geral, enfrentam desafios para que recursos funcionais e não funcionais de um produto estejam de acordo com as especificações de seus clientes.

Este fato faz com que as organizações estejam sempre adotando inovações nas suas estratégias de teste para prover qualidade para seus produtos e processos. A validação e verificação são técnicas que tem por objetivo assegurar a qualidade aos produtos de software (Reddy e Prasad, 2006).

Com a grande variedade de modelos e guias para a melhoria de processo, as organizações tendem a implantar mais de um modelo para a execução das melhorias nessa área de produção, isso se justifica pelo fato de que, em geral, um único modelo não consegue atender a organização em todos os seus aspectos e especificidades. Porém, como existem diferenças fundamentais entre modelos, a aplicação de mais de um normativo para um único processo pode acarretar em problemas de qualidade (Garcia *et al.*, 2016).

Baseado no contexto apresentado acima, a principal problemática que motiva essa pesquisa, portanto, é a inexistência de um modelo para validação e verificação de software que dê suporte para a implementação multi-modelo de normativos de modo a fornecer um material de apoio bem ajustado e evitar retrabalho.

1.2 Justificativa

A Validação e a Verificação (V&V) contam com uma ampla gama de atividades que têm como principal objetivo garantir a qualidade do software que é produzido e assegurar que esse produto será entregue de acordo com as especificações do cliente. Embora as atividades sejam de extrema importância para os processos de validação e verificação, ainda existem diversas práticas, que vão para além dos testes, para a execução desses processos (Pressman, Maxin, 2016). Assim, os processos e técnicas de validação e verificação são um aspecto importante no que tange a qualidade dos produtos de software gerados (Reddy e Prasad, 2006).

O fato da implantação de mais de um modelo para a melhoria de processos atender um contexto específico de uma empresa de uma forma melhor não significa necessariamente que terá resultados eficazes. Como cada modelo possui especificidades de utilização, estruturação e implantação, o uso de mais de um modelo pode acarretar problemas nos processos de produção da empresa que vão, desde repetições de atividades até aumento de esforço para a execução de tarefas e, em casos críticos, uma piora nos processos que são executados (Garcia *et al.*, 2016).

Para solucionar esse problema, usa-se uma técnica que tem por objetivo identificar as semelhanças que existem entre os modelos bem como, acentuar as suas diferenças, esta técnica é conhecida como harmonização entre modelos (Araújo, 2014).

Portanto, a pesquisa aqui apresentada justifica-se pela necessidade de apresentar um material para os processos de validação e verificação que seja baseado no modelo para V&V apresentado pelo CMMI-Dev e pelas normas de teste que são dispostas na norma da ISO/IEC/IEEE-29119. A pesquisa ainda visa acentuar aqui a equivalência e diferenças nas atividades e nos artefatos entre os guias de melhoria de processo por meio da execução de um mapeamento.

A norma ISO/IEC/IEEE-29119 foi selecionada por se tratar de um conjunto de padrões internacionalmente definidos para a implantação de processos de teste por qualquer organização em qualquer tipo de teste de software (ISO, 2013). O CMMI-Dev foi selecionado por apresentar um amplo uso no mercado e indústria, incluindo a indústria aeroespacial, bancária, hardware, software, defesa, fabricação de automóveis e em telecomunicações, além do que o modelo cobre atividades tanto do desenvolvimento de produtos e serviços (SEI, 2015). Além disso, o CMMI-Dev apresenta metas e objetivos para a definição, execução e análise dos processos de Validação e Verificação.

1.3 Objetivos

O principal objetivo dessa pesquisa é apresentar um processo para validação e verificação de software baseado nas atividades especificadas na norma para processos de teste ISO/IEC/IEEE-29119 (ISO, 2013) e nas práticas específicas de Validação e Verificação apontadas no normativo do CMMI-Dev (CMMI, 2010), para assim fornecer um material para V&V aderente a ambos os guias de qualidade. Para atingir o objetivo principal os seguintes objetivos específicos tiveram que ser concluídos:

- a) Identificar as semelhanças entre as atividades e os artefatos gerados no que é descrito pelos normativos ISO/IEC/IEEE-29119 e o CMMI-Dev.
- b) Mapear as atividades do normativo da ISO/IEC/IEEE-29119 com as práticas específicas dos processos de Validação e Verificação do CMMI-Dev.
- c) Mapear os artefatos gerados nas atividades da ISO/IEC/IEEE-29119 e nas práticas específicas de V&V do CMMI-Dev.
- d) Propor um processo baseado nos mapeamentos desenvolvidos.
- e) Validar o processo e o mapeamento por meio de uma revisão por pares, realizando os devidos ajustes nos documentos.

Além desta seção introdutória, o restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 tem como objetivo apresentar os conceitos utilizados para o levantamento dos dados e criação da pesquisa, tais como V&V, os guias utilizados e os trabalhos relacionados a pesquisa; a Seção 3 é responsável por apresentar como o mapeamento multi-modelo foi realizado, seu processo de avaliação e apresentar os mapeamentos gerados; a Seção 4 tem como objetivo apresentar o processo de V&V gerado a partir dos mapeamentos, bem como apresentar a metodologia e uma análise de aderência desse processo; por fim, a Seção 5 objetiva apresentar as conclusões desta pesquisa, relatar as limitações e comentar as próximas etapas da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A qualidade é um dos pontos chave na construção dos sistemas de softwares atuais uma vez que este ponto está intimamente relacionado com a percepção que os usuários possuem dos sistemas providos. Atentas a esse ponto, várias empresas que trabalham na área de software têm buscado melhorar seus processos, métodos e ferramentas para que possam fornecer produtos com a qualidade exigida pelo mercado (Júnior, 2010).

Devido a atenção que se tem dado para a qualidade dos produtos, as empresas de software passaram a investir na melhoria do processo como resposta para essa preocupação. A melhoria de processos, em uma produtora de software, implica na compreensão dos processos que já existem e na sua mudança para que se possa gerar produtos com maior qualidade e menor custo, tempo e esforço (Sommerville, 2011).

Segundo Delamaro, Jino e Maldonado (2013), por se tratar de uma tarefa que, eventualmente, pode se tornar complexa, a produção de um software está sujeita a diversos problemas que dão origem a um produto totalmente diferente do esperado. Ainda segundo os autores, existem fatores que podem ser pontados como causadores de tais problemas, mas, o principal fator tem origem no agente humano.

Nesse sentido, para que os produtos de software atinjam o objetivo de satisfazer as exigências dos usuários, existem diversas atividades providas pela engenharia de software que maximizam a probabilidade do produto gerado satisfazer tais exigências, essas práticas são englobadas pelos processos de Validação e Verificação (Collofello, 1988), atividades

essas que não devem ser conduzidas e aplicadas apenas no produto final mas durante todo o processo de produção do software.

2.1 Validação e Verificação

Existem diversas definições na literatura para os processos de Validação e Verificação. Segundo o CMMI (SEI, 2010), validação e verificação são processos similares, porém tratam problemáticas distintas:

- **Validação** conta com um conjunto de atividades que visa especificar se o produto final (ou o que será construído) cumprirá com o uso para o qual foi destinado. Em outras palavras, o processo de validação visa garantir que se “está fazendo a coisa certa”;
- **Verificação** corresponde ao conjunto de atividades que têm por objetivo apontar se o produto desenvolvido está corretamente ajustado aos requisitos especificados para a sua construção. Em outras palavras, as atividades de verificação vão indicar se “construiu o certo”.

Os processos de validação e verificação são abordagens bem definidas para acessar o produto durante todo o seu ciclo de vida e apresentam uma ligação estreita entre si portanto, são executadas, por vezes, em conjunto sendo difícil determinar onde começa uma e onde o outro finaliza (SOFTEX, 2016). Além disso, as falhas detectadas no produto de software encontradas durante a aplicação do processo de validação levam à execução das atividades relacionadas a verificação (Reddy e Pasad, 2006).

A Validação e a Verificação contam com uma ampla gama das atividades que são feitas para garantir a qualidade de software: revisões técnicas, auditoria de qualidade e de configuração, monitoramento de desempenho, estudo de viabilidade, revisão de documentação, entre outras atividades. Ainda que a aplicação de práticas de teste seja de significativa importância para a aplicação de validação e verificação, ainda existem diversas atividades necessárias para que a execução desses processos seja completa (Pressman e Maxim, 2016).

O aumento da complexidade dos softwares e a constante busca por qualidade de seus produtos motiva muitas organizações a investir em melhorias para seus processos de produção de software, bem como adotarem estratégias inovadoras que visem facilitar a prática de teste sobre os produtos. Segundo Oliveira (2007), o aumento da preocupação com a qualidade leva as organizações a seguir as recomendações descritas em normativos e padrões de qualidade do processo, tais como a ISO 90003, CMMI, ISO/IEC 12107, entre outros.

Tendo em vista esse cenário, os processos de validação e verificação passaram a ter um destaque maior dentro do ciclo de vida do software fazendo com que os profissionais busquem uma especialização mais aprofundada na área. Diversas empresas já apresentam times especializados nas atividades correspondentes as estratégias de teste e garantia de qualidade (Júnior, 2010). Vale notar ainda que, teste de software é uma etapa fundamental da engenharia aplicada para garantir a qualidade uma vez que esta etapa consome 40% a 50% dos esforços dos desenvolvedores (Reddy e Prasad, 2006).

2.2 Estratégia de teste na ISO/IEC/IEEE 29119

A norma ISO/IEC/IEEE 29119 teve sua origem na combinação de pontos fortes de várias normas existentes com o objetivo de gerar uma norma orientadora internacional para o processo de teste de software. O propósito que rege a série de teste de software dessa norma em questão é o de definir um conjunto de padrões, determinados

internacionalmente, para que procedimentos de teste de software possam ser usados por qualquer organização quando estiver executando qualquer tipo de teste de software. (ISO, 2013)

A série da norma ISO/IEC/IEEE 29119 conta com cinco partes, cada uma abordando um ponto relacionado a aplicação e execução de práticas de teste de software. A ISO/IEC/IEEE 29119-1 trata de uma terminologia para maiores explicações sobre as áreas e tipos de testes de software, a ISO/IEC/IEEE 29119-2 trata do processo de teste que deve ser aplicado e executado em uma organização, a ISO/IEC/IEEE 29119-3 indica quais os principais artefatos que devem ser gerados durante a aplicação e execução das atividades de teste.

A ISO/IEC/IEEE 29119-4 trata das técnicas de *design* de teste que podem ser aplicadas durante a definição do processo de teste e, por fim, ISO/IEC/IEEE 29119-5 trata de uma abordagem unificada para descrever casos de teste de maneira modular visando auxiliar na criação de testes orientados por palavra chave e estruturas de automação de teste. Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar as atividades, tarefas e artefatos gerados durante a realização do processo de software portanto, a atenção será dada à segunda e terceira parte da norma.

O processo de teste apresentado pela ISO/IEC/IEEE 29119-2 consiste em um conjunto de atividades de teste que estão agrupadas em três grupos de processos, a saber: o processo de teste organizacional, o processo de gerência de teste e o processo de teste dinâmico. A norma descreve cada um dos processos dentro destes grupos por meio do seu propósito, resultados esperados, atividades e tarefas que devem ser executadas para a aplicação eficaz do processo de teste na organização. A norma conta com o total de trinta e duas atividades descritas por meio de diversas tarefas.

O processo de testes organizacional tem como foco desenvolver e gerenciar as especificações de teste no nível de organização, não levando em conta as especificidades dos projetos que são desenvolvidos. Este processo conta com o total de três atividades (ISO, 2013).

O processo da camada de gerência de teste cobre as atividades relacionadas ao planejamento, o monitoramento e controle e a conclusão das atividades de teste. Vale ressaltar que esta etapa pode ser aplicada a nível de projeto, para processo de gerência de diferentes fases do teste e para gerência de vários tipos de teste (ISO, 2013), este processo conta com dezessete atividades.

A camada de processo de teste dinâmico tem como objetivo executar o teste dinâmico em uma fase particular do processo de teste ou para um tipo de teste específico, esta camada conta com quatro processos de teste (design e implementação de teste, levantamento e manutenção de ambiente de teste, execução de teste e relatório de incidentes) e treze atividades descritas na norma.

Cada uma das atividades, descritas no normativo, é composta por um conjunto de tarefas que devem ser executadas para que as atividades relacionadas possam ser consideradas concluídas. As tarefas são nucleares e devem ser executadas na ordem disposta na norma.

A execução dos processos, dispostos na segunda parte da norma, aponta a informações que devem ser devidamente documentadas, esta documentação é melhor relatada na parte três da norma. A ISO/IEC/IEE 29119-3 especifica os *templates* da documentação de software que é gerada como saída do processo definido na segunda parte e tem como objetivo orientar o uso e a construção dessa documentação durante a implantação da norma em uma organização. A norma conta com o total de dezesseis

documentos que podem ser usados em qualquer organização, projeto ou atividade de teste (ISO, 2013).

2.3 A Validação e Verificação no CMMI-DEV

O *Capability Maturity Model Integrated* (CMMI, 2002) foi desenvolvido por meio da união de diversos modelos de maturidades que cobriam a melhoria de processos em várias áreas distintas de produção tais como a engenharia de sistemas, a engenharia de software, a aquisição de software, entre outros.

O *CMMI for Development* consiste no conjunto de melhores práticas para atividades relacionadas ao desenvolvimento de um produto ou um serviço, abordando as práticas que vão desde a concepção, entrega até a manutenção do produto. O foco principal é construir e manter o produto final.

O CMMI-DEV conta com vinte e duas áreas de processo, e cinco níveis de maturidade utilizados para caracterizar a performance da organização na implantação do modelo, a saber: o nível inicial, gerenciado, definido, quantitativamente gerenciado e em otimização. Os processos de Validação e Verificação, no CMMI-DEV, são implementados no terceiro nível de maturidade.

A Validação (VAL) conta com atividades que têm como principal objetivo demonstrar que o produto, ou componente de produto atende as especificações do uso para o qual produto este foi destinado quando alocado no ambiente pretendido. As atividades de Verificação (VER) têm como principal objetivo assegurar que o produto ou componente do produto selecionado está devidamente ajustado aos seus requisitos especificados (CMMI, 2010).

O processo de Validação conta com dois objetivos específicos bem definidos para a sua implementação. Esses objetivos são compostos por práticas específicas que, quando executadas, dão origem a artefatos conhecidos como produtos de trabalho. O primeiro objetivo da Validação está relacionado ao planejamento da validação, ou seja, suas práticas específicas vão desde a seleção do produto que será validado, levantamento de ambiente até definição de critérios e procedimentos de validação.

O segundo objetivo específico diz respeito a execução da validação sobre o produto selecionado alocado no ambiente predefinido. Assim, as práticas específicas associadas dizem respeito a execução dos procedimentos de validação e análise dos dados gerados.

Já o processo de Verificação conta com três objetivos específicos sendo que dois desses objetivos são muito semelhantes aos objetivos específicos da validação, se diferenciando apenas pela prática da revisão por pares. Logo, o primeiro objetivo diz respeito ao planejamento da Verificação, ou seja, as práticas vão de seleção do produto, levantamento de ambiente de verificação, até definição de procedimentos e critérios.

O segundo objetivo específico trata da prática da revisão por pares sobre produtos e produtos de trabalho selecionados, esse procedimento observa as questões de qualidade e de confiabilidade sobre o que é gerado e especificado na produção do produto. As práticas específicas vão desde o planejamento, execução até a análise dos dados da execução da revisão. O último objetivo específico está voltado para a execução da Verificação planejada, assim as práticas específicas tangem a execução e análise dos dados do processo em questão sobre os produtos definidos.

2.4 Trabalhos Relacionados

A seguir são apresentados outros trabalhos que se aproximam do tema de validação e verificação, porém não demonstraram nenhuma espécie de mapeamento entre modelos ou

não apresentaram uma proposta de processo baseado em harmonização de modelos para validação e verificação.

No trabalho de (Monteiro, Machado e Kazman, 2009) a proposta principal da pesquisa é gerar uma forma de implantar os processos de validação e verificação em organizações que não enxergam vantagens em aplicar o nível de maturidade 2 do CMMI-DEV, uma vez que este nível não conta com esses processos. Para tal o autor faz um levantamento dos impactos de se aplicar V&V enquanto se aplica o nível de maturidade 2 do CMMI. A pesquisa se propõe a avaliar os processos de V&V tendo como base a ISO/IEC/IEEE 29119 no que diz respeito a área de processo, uma vez que a ISO cobre todo o ciclo de vida de teste de software. Apesar do trabalho fazer o uso de dois normativos conceituados, utilizados amplamente no mercado e tentar aplicar V&V para que as empresas possam reduzir custo enquanto aplicam o CMMI-DEV, os autores não apresentam nenhum tipo de mapeamento entre modelos e não se propõem a gerar nenhum novo processo para validação e verificação aderente a dois normativos para avaliação de software.

O trabalho de (Hrabovská *et al.*, 2019) nos introduz ao conceito de *smart grid* afirmando que, a princípio, é um sistema ciber-físico que tem como objetivo principal alcançar a eficiência energética ideal. Para tanto, esta precisa de diversos componentes para funcionar (hardware, software, redes de comunicação, entre outros). Na literatura existem diversas formas de se modelar *smart grids*, porém existem poucas formas de garantir, por meio de testes, a confiabilidade desses sistemas. Por isso, a pesquisa tem como principal objetivo identificar, dentro dos modelos para teste de software, aqueles que se encaixam melhor para realização de testes em *smart grids* dados os requisitos destes sistemas. Apesar de realizar um estudo com dezessete modelos de teste para fazer essa avaliação, os autores não apresentam nenhum mapeamento entre normativos nem entre produtos de trabalho para o processo de testes.

A pesquisa de Silva (2015) apresenta como proposta principal a definição de um modelo de maturidade de teste apropriado para as MPEs (micro e pequenas empresas) de desenvolvimento de software. Também estabelece uma abordagem para que os processos de teste desse modelo possam ser implantados e melhorados continuamente no âmbito dessas organizações. A construção do modelo proposto foi iniciada a partir do mapeamento das equivalências identificadas entre o Método *Freetest*, o MPT.BR e a ISO/IEC/IEEE 29119-2. Ainda que com todo o esforço dos autores seja gerado um modelo robusto para o processo de teste e ainda que o trabalho use como base normativos reconhecidos pelo mercado, o modelo ainda é oneroso para aplicação em pequenas empresas, uma vez que esse apresenta 10 áreas de processo com 74 práticas específicas.

O trabalho de Neto Nylander (2014) objetiva apresentar um mapeamento dos modelos MPT.Br e TMMi que auxilie organizações testadoras de software a implementar ou avaliar melhorias de teste através de iniciativas multi-modelos. O mapeamento aqui gerado é baseado na identificação de pontos similares entre os modelos citados, o que possibilita a aplicação um benefício na implantação conjunta desses modelos. O trabalho faz o uso de um modelo de teste reconhecido pelo mercado atualmente e apresenta um benefício no custo para a implantação de ambos os modelos. Em contraste, a pesquisa apresenta também um modelo não tão reconhecido pelo mercado e não apresenta uma verificação do que é proposto junto a um cenário real de execução.

A pesquisa de Eira *et al.* (2018) tem como objetivo apresentar a aplicação do normativo da ISO/IEC/IEEE 29119-3 no contexto de uma empresa de pequeno e médio porte. Por se tratar de um modelo longo, extenso e pesado para a aplicação em empresas

com esse padrão, os autores propõem um processo de interligação interativo e iterativo entre os processos de teste da empresa participante e dos documentos apontados pelo normativo. No final a pesquisa consegue reduzir os documentos indicados pela norma para quatro documentos. Ainda que o trabalho faça uso de um normativo reconhecido internacionalmente e ainda faça um mapeamento documental entre as atividades da empresa e o normativo, ainda não apresenta nenhum mapeamento entre atividades de teste bem como não apresenta um processo voltado para a validação e a verificação.

A pesquisa de Munir e Runeson (2015) tem como proposta principal a de identificar as atividades de testes que são realizadas em uma alternativa que testa o construtor e avaliador de código *Jerkins* utilizando para tal, o normativo da ISO 29119-2 como processo de teste base na identificação dos principais pontos que não permitem que os normativos de teste existentes estejam corretamente alinhados com os procedimentos da inovação aberta. Os autores realizam entrevista com os principais colaboradores do repositório para obter o processo de teste feito sobre o *Jerkins* e fazem o comparativo das atividades de teste providas pelas entrevistas e pelo normativo da ISO. Embora os autores se utilizem de um normativo específico para teste de software para elaborar a pesquisa, ainda não existe um mapeamento entre as atividades que deem origem a uma harmonização, a pesquisa está contida apenas na busca por atividades que são atendidas, além disso, não existe mapeamento entre artefatos e nem uma proposição de modelo baseado em uma harmonização.

A proposta principal do trabalho de Chen, Chen, Chen (2018) recai na análise do normativo ISO/IEC/IEEE 29119 e em como ele pode ser integrado com as práticas de desenvolvimento ágil levando em conta as partes do normativo que trata de processo, documentação e teste dirigidos por palavras chave. Além disso o trabalho se propõe a adaptar essa integração para entrar em conformidade com um nível de maturidade do TMMi. Embora exista uma identificação de atividades integradas e ainda um relacionamento entre normativos, o trabalho ainda não apresenta um mapeamento de atividades nem produtos de trabalho, também não trata dos processos de validação e verificação para software.

O trabalho de Ahmad, Qamar e Hassan (2015) apresenta como objetivo principal analisar um conjunto de técnicas de validação e verificação e, por meio de questionários, destinados a especialista no desenvolvimento e teste de sistemas de softwares para operações críticas, apontar as práticas que mais se adéquam a esse cenário (o de verificação e validação para componentes de software críticos). Ainda que trate dos processos de validação e verificação, o trabalho se propõem a selecionar práticas que melhor atendem o cenário de componentes de software crítico não fazendo o uso de nenhum normativo específico para teste de software, também não apresenta um modelo para os processos de validação e verificação de software nem um mapeamento para identificação de atividades e artefatos para validação e verificação.

3 MAPEAMENTO DA NORMA ISO/IEC/IEEE 29119 E O CMMI-DEV

Como relacionado anteriormente, a execução do mapeamento entre a norma ISO/IEC/IEEE 29119 e o CMMI-DEV teve como foco principal identificar as semelhanças existentes no que tange as estratégias de teste específica de cada modelo e os artefatos que são produzidos com a execução dessas estratégias, tendo como objetivo principal o de gerar um processo de validação e verificação aderente aos dois guias tanto nos procedimentos e atividades quanto na documentação gerada.

3.1 Metodologia do mapeamento

O mapeamento ocorreu de forma sistemática por meio de atividades bem definidas indicadas na Figura 1. A execução dessas atividades deu bases para a execução de análise sobre os modelos bem como, identificar a semelhança entre os guias, o que permitiu a execução do mapeamento de atividades e documentação que possuíam grau de semelhança. Assim, cada etapa da construção deste mapeamento está relacionada na Figura 1 e será explicada com mais detalhes no decorrer da seção.

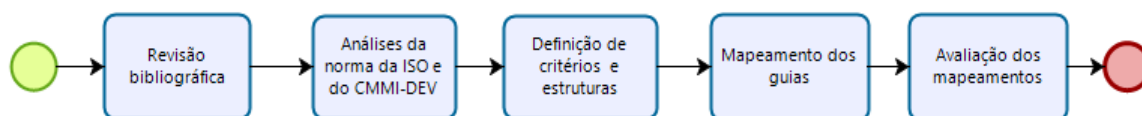


Figura 1 – Etapas do mapeamento entre os guias

Fonte: Elaboração própria (2019).

A atividade de **revisão bibliográfica** teve como objetivo realizar uma revisão em busca de trabalhos relacionados, com o intuito de entender como andam as pesquisas sobre os assuntos validação e verificação, teste de software, estratégias de aplicação multimodelo e harmonização entre modelos de qualidade do processo de software. Para a execução da revisão bibliográfica foram utilizadas as máquinas de busca do ACM Digital Library, IEEE Xplore e o Google acadêmico.

Além disso, a revisão bibliográfica deu bases para a seleção da norma ISO/IEC/IEEE 29119 como o normativo específico para processo de teste e o CMMI-DEV como o normativo orientador das atividades de V&V.

Após um entendimento maior do contexto das pesquisas realizadas sobre validação e verificação, propostas de harmonização entre modelos, teste de software e da seleção dos normativos que iriam compor o mapeamento desejado, iniciou-se a segunda atividade da metodologia. A **análise da norma da ISO/IEC/IEEE e do normativo CMMI-DEV** teve como principal objetivo entender como as estratégias de teste são apresentadas em cada um dos normativos, entender suas especificidades, suas estruturas e observar os pontos de semelhança entre estes normativos para o melhor desenvolvimento do mapeamento.

Finalizada a etapa de entendimento dos dois normativos, iniciou-se a **definição de critérios e estruturas** as quais os normativos seriam submetidos a fim de gerar o mapeamento. A primeira etapa dessa atividade foi a de definir critérios para avaliar o relacionamento entre as atividades e práticas específicas dos normativos, visto que essa seria a base principal do processo de validação e verificação que se objetiva propor. Assim três níveis de correspondência foram definidos: Totalmente aderente, que indica que as práticas do CMMI-DEV atendem todas as tarefas relacionadas na norma da ISO/IEC/IEEE 29119; Parcialmente aderente, indicando que o CMMI-DEV atende algumas ou várias das tarefas da norma para teste de software; Não aderente, apontando que o CMMI-DEV não atende nenhuma das tarefas relacionadas na norma.

Após a definição desses níveis de relacionamento entre as informações analisadas, estruturas base para padronizar a avaliação e o armazenamento das informações dos normativos foram desenvolvidas.

Como se tratam de dois mapeamentos distintos, duas estruturas foram definidas, uma destinada ao mapeamento de atividade e práticas específicas, como apresentado no

Quadro 1 e outra estrutura destinada a armazenar informações da relação entre documentação de teste e produtos de trabalho, como indicado no Quadro 2.

Quadro 1 – Estrutura do mapeamento entre atividade e práticas dos guias

ID	Atividades da ISO/IEC/IEEE 29119-2	Práticas específicas para V&V do CMMI-DEV	Nível	Justificativa
Identificador utilizado para melhor captura de dados do mapeamento	Atividade relacionada na ISO/IEC/IEEE para o processo de teste	Prática(s) específicas do CMMI-DEV para os processos de V&V que se relacionam com a atividade da ISO	Nível de aderência entre a atividade e a prática específica apontados. Este nível está de acordo com os níveis definidos anteriormente	Uma justificativa indicando o porquê de a prática apresentada atender a atividade da ISO

Fonte: Elaboração própria (2019).

Quadro 2 – Estrutura do mapeamento entre a documentação e os produtos de trabalho dos guias.

Documentação de teste gerada pela execução do processo ISO/IEC/IEE 29119	Produtos de trabalhos oriundos da execução das práticas específicas de V&V do CMMI-DEV
Nome do documento conforma definido na terceira parte da norma.	Nome do produto de trabalho sugerido pelo CMMI-DEV que melhor cumpre o papel do documento da ISO

Fonte: Elaboração própria (2019).

Após a definição das estruturas e critérios as quais as informações dos guias seriam submetidas, a atividade do **mapeamento dos guias** foi executada. Para maior facilidade na harmonização entre a norma ISO/IEC/IEEE 2911 e o normativo do CMMI-DEV, definiu-se um dos guias como sendo o ponto de partida, portanto suas atividades foram fixadas não existindo repetição, e outro como ponto de destino.

Assim, a norma da ISO/IEC/IEEE foi selecionada como ponto de origem, visto que a sua estrutura é maior e mais rigorosa se comparada com as práticas específicas do CMMI-DEV, portanto, o CMMI-DEV foi selecionado para ser o normativo de destino. Os normativos foram submetidos aos critérios definidos na atividade anterior e os resultados foram registrados conforme indicado nas estruturas apresentadas. Os resultados dos mapeamentos completos se encontram melhor descritos na subseção seguinte.

A última atividade executada foi a **avaliação dos mapeamentos** propostos. Essa avaliação da conformidade dos mapeamentos entre a norma ISO/IEC/IEEE 29119 e do normativo do CMMI-DEV foi realizada de maneira sistemática utilizando a técnica de revisão por pares. A revisão por pares contou com a participação de um revisor que possui mais de cinco anos de experiências em modelos de qualidade de software e apresenta uma ampla experiência em ambos os modelos de qualidade. Maiores informações sobre a revisão por pares bem como os resultados da avaliação dos mapeamentos será descrito nas subseções que seguem.

3.2 Resultados dos Mapeamentos

Tendo como base a estrutura de armazenamento de dados, bem como os níveis de aderência entre os modelos definidos, o mapeamento pode ser realizado. As atividades da

ISO/IEC/IEEE 29119-2 foram fixadas e comparadas com as quinze práticas específicas dos processos de Validação e Verificação apontados no normativo do CMMI-DEV.

É importante ressaltar que, por apresentar um número menor de práticas quando comparado com as atividades e tarefas da norma 29119-2, as práticas específicas do CMMI-DEV acabaram, por diversas vezes, aparecendo em mais de uma atividade distinta da norma de origem nesse mapeamento.

Dos trinta e dois casos de análise executados durante a construção do mapeamento obteve-se cinco casos com o nível de total aderência, dezenove casos foram de nível parcialmente aderente e dez foram de não aderente. As informações registradas na estrutura definida seguem abaixo.

3.2.1 Desenvolver especificação organizacional de teste (M1)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.2 Monitorar e controlar o uso das especificações (M2)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.3 Atualizar as especificações organizacionais de teste (M3)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.4 Entender o contexto (M4)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que, a prática tem como objetivo selecionar produtos para a validação baseado no relacionamento deste aos usuários finais. É nesta prática que é coletado o contexto do produto para a aplicação da validação.

VER – SP 1.1 uma vez que, a prática objetiva selecionar o produto que passará pelo processo de verificação, assim especificando e coletando o contexto do produto para o processo de verificação.

3.2.5 Organizar o desenvolvimento do plano de teste (M5)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.2 visto que, os procedimentos dispostos nessa prática específica são baseados nos requisitos de validação que foram definidos na prática VAL – SP 1.1, assim esses procedimentos visam completar o planejamento de teste baseado nos requisitos de validação.

VER – SP 1.2 uma vez que, a prática conta com atividades que precisam ser realizadas para a conclusão do planejamento da revisão sobre os produtos de trabalho produzidos pelo projeto. Além disso, esta prática ainda conta com a definição de *stakeholders* responsáveis para a execução de determinadas atividades dentro da revisão.

VER – SP 2.1 visto que, esta prática conta com atividades de organização do desenvolvimento de testes pois, tal atividade determina as tarefas que devem ser realizadas para que o plano de teste possa ser concluído. (definição de pessoal, escalonamento, checagem e atualização de documentos, entre outros).

3.2.6 Identificar e analisar riscos (M6)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.7 Identificar mitigação de riscos (M7)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.8 Design de estratégias de teste (M8)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que esta prática específica tem como um dos objetivos principais o de selecionar o método, as fases e os princípios chave para a execução da validação, além do que conta com a aprovação de *stakeholders* relevantes para todos os elementos gerados.

VAL – SP 1.2 pois, esta prática específica corresponde a identificação dos requisitos de ambiente e as ferramentas necessárias para o ambiente de validação.

VAL – SP 1.3 uma vez que, esta prática se relaciona com a atividade da ISO/IEC/IEEE pois gera e especifica: os procedimentos de validação que serão performados e os critérios de aceitação para cada procedimento.

VER – SP 1.1 visto que, a prática específica em questão tem como objetivo definir o método de verificação que será utilizado sobre o produto selecionado qualificando tal procedimento como design da estratégia de teste.

VER – SP 1.2 uma vez que, esta prática específica corresponde a identificação dos requisitos de ambiente, bem como as ferramentas necessárias para realizar a verificação. Assim como ocorre na validação.

VER – SP 1.3 pois, esta prática específica de verificação especifica quais os procedimentos que serão executados durante a verificação, bem como os critérios para a verificação. Além disso, os dados dos testes são identificados nessa tarefa como é indicado em uma das tarefas da atividade especificada no normativo da ISO/IEC/IEEE 29119-2.

3.2.9 Determinar pessoal e escalonamento (M9)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.2 visto que, esta prática conta com a definição de recursos que serão necessários para definir e manter o ambiente de validação, assim, tanto os recursos humanos e não humanos são definidos nesta etapa.

VER – SP 1.2 uma vez que, assim como na validação, esta prática defini tanto os recursos humanos e não humano que serão utilizados para construir e manter o ambiente de verificação.

VER – SP 2.1 pois, a prática específica trata especificamente da identificação do pessoal e dos papéis que serão desempenhados por estes dentro do processo de avaliação.

3.2.10 Registrar plano de teste (M10)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que esta prática específica conta com uma sub prática de registrar o método, o produto e os componentes selecionados, bem como os pontos validáveis do produto selecionado.

VAL – SP 1.2 pois, a prática registra questões sobre requisitos de ambiente, recursos (humanos e não humanos) e a forma de manter o ambiente de validação, ao plano de teste.

VAL – SP 1.3 uma vez que, a prática conta com a definição dos procedimentos de validação, a definição de critérios para a avaliação dos resultados da validação, e com o registro dessas definições ao plano de teste.

VER – SP 1.1 visto que, a prática conta com o registro dos produtos selecionados, os métodos de verificação escolhidos e os requisitos verificáveis do produto selecionado ao plano de verificação.

VER – SP 1.2 uma vez que, esta prática específica corresponde a identificação dos requisitos de ambiente e as ferramentas necessárias para realizar a verificação. Assim como ocorre na validação.

VER – SP 1.3 pois, a prática conta com a definição de procedimentos e critérios que serão utilizados para verificar, de forma correta, o produto de trabalho selecionado, conta também com o registro dessa definição ao plano de verificação.

VER – SP 2.1 pois, dentro do contexto de revisão de pares, a prática indica a definição de passos preparatórios para revisão que será realizada (documentos, pessoal, escalonamento, entre outros) que, também, devem ser registrados no plano de verificação.

3.2.11 Obter consenso do plano de teste (M11)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.12 Anunciar o plano de teste e torna-lo disponível (M12)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.13 Configurar (M13)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.14 Monitorar (M14)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VER – SP 2.2 visto que, esta prática tem como objetivo a identificação de problemas que a execução dos procedimentos de verificação apontou. Apresenta, também, a prática do registro dos resultados do processo de verificação.

VER – SP 2.3 uma vez que, a prática conta com uma análise executada sobre os dados que foram gerados pela revisão por pares e, além disso, dispõem de atividades relacionadas a coleta de métricas baseadas no que foi gerado pela revisão.

VER – SP 3.2 pois, é indicado nesta prática que a comparação dos testes com o que se era esperado pelos critérios estabelecidos deve ser identificado e registrado.

3.2.15 Controlar (M15)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.2 visto que, nesta prática existem tarefas específicas sobre a coleta dos dados gerados pela validação baseada nos métodos, procedimentos e critérios estabelecidos.

VER – SP 2.2 uma vez que, aplicada em um contexto de revisão em pares, conta com identificação de *issues* e seu repasse do produto de trabalho para eventuais correções, essa ação está intimamente relacionada com o processo do controle da revisão.

VER – SP 3.1 pois, conta com tarefas de controle de dados relacionados aos procedimentos de verificação que foram gerados, assim como ocorre na validação.

3.2.16 Reportar (M16)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VER – SP 2.2 visto que, a prática aponta que, ao final dos procedimentos de validação, deve-se analisar os dados e, partindo dessa análise, gerar uma série de relatórios com as análises obtidas.

VER – SP 2.2 uma vez que, dentro do contexto de revisão por pares, é indicado que sempre que encontrado uma *issue* em um produto de trabalho revisado dados sobre a *issue* devem ser repassados para os desenvolvedores desse produto, além disso a prática por si só já gera diversos produtos de trabalho que estão relacionados ao relatório das atividades realizadas e dos resultados obtidos na revisão de pares

VER – SP 3.2 pois, a prática indica que, ao final da análise dos dados gerados na comparação entre os critérios de verificação e dos procedimentos de verificação que foram rodados sobre o produto de trabalho, deve-se registrar essa análise na forma de um relatório.

3.2.17 Ativos de realização de teste (M17)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.2 visto que, essa prática conta com a identificação de recursos de validação que podem ser reutilizados, não especificando se futuramente no mesmo projeto ou em um outro projeto. Além disso, apresenta o registro da disponibilidade desses recursos.

VER – SP 2.3 uma vez que, sobre o contexto de revisão de pares, a prática indica que é necessário registrar dados que poderão ser utilizados futuramente (tanto para referência quanto para análise).

VER – SP 3.1 pois, a prática em questão permite a criação de uma base histórica por meio de documentos de resultados que são obtidos através da verificação.

VER – SP 1.2 uma vez que, esta prática também trata dos recursos reutilizáveis relacionados a verificação, não especificando, da mesma forma, se é reutilizável em uma situação futura dentro do mesmo projeto ou em um outro projeto.

3.2.18 Resetar o ambiente de testes (M18)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.19 Identificar lições aprendidas (M19)

Não apresenta aderência com nenhuma das práticas do CMMI-DEV.

3.2.20 Relatar conclusão de teste (M20)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.2 visto que nesta prática são identificados elementos e dados baseados nos resultados da validação.

VAL – SP 2.1 pois, esta prática trabalha com o relatório da validação após a execução dos seus procedimentos sobre o produto selecionado.

VER – SP 2.2 uma vez que, aplicada em um contexto de revisão de pares, esta prática conta com indicações de coleta de dados sobre os relatórios que as revisões em pares geraram.

VER – SP 2.3 visto que, dentro da análise da revisão de pares, existe uma subprática que indica que a preparação, a condução e os resultados da revisão devem ser arquivados.

VER – SP 3.1 uma vez que, nesta prática é possível observar a presença de produtos de trabalho que são gerados após a execução dos procedimentos de verificação, e estes produtos estão intimamente relacionados com relatórios de conclusão de teste.

VER – SP 3.2 pois, nesta prática dados relevantes também são coletados através do que foi obtido nos procedimentos de verificação bem como no que foi definido nos passos de preparação da verificação.

3.2.21 Identificar conjunto de *features* (M21)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que, nesta prática são definidos os produtos baseados nas *features* válidas para o processo de validação, ou seja, o produto é selecionado levando-se em conta a sua relação com o usuário final.

VER – SP 1.1 uma vez que, esta prática utiliza o entendimento dos requisitos do produto de trabalho para poder selecioná-lo, esse entendimento corresponde a uma das etapas da tarefa relacionada da ISO.

3.2.22 Obter as condições de teste (M22)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que nesta prática existe a definição dos processos e critérios que obedecem a procedimentos semelhantes a uma das tarefas que é indicada pelo normativo ISO.

VAL – SP 1.3 pois, são definidos nessa prática critérios de validação/verificação que dão suporte para a geração das condições necessária para os processos.

VER – SP 2.1 uma vez que, dentro da revisão por pares, existe a etapa em que se define as condições de teste para cada produto selecionado que passará pela revisão.

VER – SP 1.1 visto que, nesta atividade é indicado que se decida quais os procedimentos de verificação que serão utilizados sobre os produtos de trabalho selecionados nas etapas de preparação da verificação, fator que se assemelha a uma das tarefas propostas pela ISO.

VER – SP 1.3 visto que, nesta prática, existe a necessidade de se obter e especificar critérios que podem dar suporte para a obtenção das condições para a execução da verificação.

3.2.23 Obter cobertura de item de teste (M23)

Esta atividade apresenta o nível Parcialmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.1 visto que, a prática conta com atividades que trabalham com o planejamento da linha principal do que a validação vai cobrir, logo a cobertura de teste está implícita neste plano que é gerado na etapa inicial da validação.

VER – SP 2.1 uma vez que, no contexto de revisão por pares, é nessa prática é feito o planejamento da trilha principal de revisões que serão realizadas sobre os produtos selecionados, assim, aqui também temos a cobertura de testes sendo definida de forma implícita.

VER – SP 1.2 uma vez que, como na validação, esta etapa da verificação conta com a definição do que terá de ser feito para que a verificação possa ser executada de forma satisfatória sobre os produtos selecionados, logo, pode-se dizer que a cobertura de teste está implícita no plano de verificação.

3.2.24 Montar conjunto de testes (M24)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.3 visto que, a prática específica trata da definição de critérios e procedimentos de validação para ser aplicados sobre o produto selecionado, assim, é notável que a montagem de um conjunto de casos de teste, que sejam executados para um objetivo específico, está implícito nesta atividade.

VER – SP 1.3 uma vez que, é nesta etapa que são definidos critérios e procedimentos que serão aplicados sobre o produto selecionado, assim, também como na validação, pode-se inferir que a prática explicitada na ISO se encontra de forma implícita no CMMI.

VER – SP 2.1 uma vez que, é nesse momento que ocorre a definição de todas as atividades que serão executadas na revisão, bem como as pessoas envolvidas, critérios e casos de teste logo, de maneira implícita, o CMMI também apresenta essa atividade relacionada na ISO.

3.2.25 Obter procedimentos de teste (M25)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.3 visto que, esta prática indica o que se deve levar em consideração no momento da definição dos procedimentos que vão reger o processo de validação.

VER – SP 1.3 uma vez que, aqui os procedimentos também são baseados nos casos de testes que foram previamente definidos, mas agora em um contexto de verificação.

VER – SP 2.1 uma vez que, dentro de um contexto de revisão de pares, essa etapa indica a realização da criação de um procedimento para a execução da avaliação, como por exemplo: atualização de documentos, o escalonamento das revisões.

3.2.26 Estabelecer ambiente de teste (M26)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.2 visto que, esta prática conta com a identificação dos requisitos de ambiente, bem como equipamentos e ferramentas que serão utilizadas para a realização do processo de validação.

VER – SP 1.2 uma vez que, esta prática conta com a identificação dos requisitos de ambiente, bem como as ferramentas que servirão de suporte para a construção do ambiente de verificação.

VER – SP 2.1 uma vez que, a prática conta com a definição de critérios, atualização de checklists, definição de entrada e saída de cada um dos produtos de trabalho que acabam gerando um ambiente para a execução da revisão em pares.

3.2.27 Manter o ambiente de teste (M27)

Esta atividade apresenta o nível parcialmente aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 1.2 visto que, nesta prática são explicadas estratégias para que o ambiente de validação possa ser mantido e controlado.

VER – SP 1.2 uma vez que, esta prática trata das questões relacionadas ao mantimento do ambiente que foi desenhado baseado nos requisitos do produto de trabalho.

VER – SP 2.1 uma vez que, aplicado sobre uma revisão por pares, a prática conta com o mantimento do ambiente criado para aplicar e coletar os dados gerados pela revisão por pares, tudo de forma implícita.

3.2.28 Executar os procedimentos de teste (M28)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.1 visto que, esta prática diz respeito a execução de todos os procedimentos de validação definidos no processo de planejamento da validação.

VAL – SP 2.2 pois, a prática em questão diz respeito a análise dos dados gerados pela execução da validação sobre o produto de trabalho selecionado bem como trata do registro dessas análises.

VER – SP 2.2 uma vez que, essa prática corresponde a execução de todo o procedimento de revisão por pares planejados.

VER – SP 3.1 visto que, nesta prática ocorre a execução dos procedimentos de verificação previamente planejados e definidos levando em conta os requisitos do produto de trabalho selecionado.

VER – SP 3.2 uma vez que, a prática aqui relacionada conta com subprática de análise daquilo que foi gerado pela validação, bem como o registro dessa análise provida.

3.2.29 Comparar os resultados dos testes (M29)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.2 visto que, a prática indica que é necessário fazer uma avaliação dos resultados da validação e compará-los com um conjunto de critérios definidos nas etapas de planejamento.

VER – SP 2.2 uma vez que, aplicado ao contexto de revisão por pares, nesta prática existe o procedimento de comparação dos resultados da revisão com o que se esperava do que estava sendo revisado.

VER – SP 3.2 uma vez que, é nesta prática que existe uma comparação entre os resultados obtidos e o que se esperava por meio dos critérios predefinidos no processo de verificação.

3.2.30 Registrar execução dos testes (M30)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.1 visto que, nesta prática existem atividades que trabalham e determinam o registro dos resultados das avaliações realizadas sobre os dados gerados sobre a validação do produto.

VAL – SP 2.2 uma vez que, a prática conta com o registro da execução da validação e da análise retirada deste registro.

VER – SP 2.2 uma vez que, a prática conta com o registro dos resultados da revisão por pares executada sobre o produto selecionado.

VER – SP 2.3 visto que, a prática conta com uma subprática de registro da preparação, da condução e dos resultados obtidos com a execução da revisão por pares.

VER – SP 3.1 uma vez que, a prática conta com o registro da execução da verificação e da análise retirada deste registro.

VER – SP 3.2 uma vez que, nesta prática existem atividades que determinam o registro dos resultados das avaliações realizadas sobre a verificação do produto.

3.2.31 Analisar resultados de teste (M31)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.2 visto que, nesta prática existe uma análise dos dados gerados pela validação, bem como identificação de *issues*. Além disso existe uma subprática que aponta a necessidade de se prover informações de como os problemas encontrados devem ser solucionados.

VER – SP 2.3 uma vez que, a prática da revisão por pares conta com uma análise que é executada sobre os dados gerados na própria revisão.

VER – SP 3.2 uma vez que, nessa prática nós temos a execução da análise dos defeitos que foram encontrados após a execução dos processos de verificação, além disso formas de solucionar esses defeitos devem ser providas.

3.2.32 Criar relatório de incidentes (M32)

Esta atividade apresenta o nível Totalmente Aderente e é atendida pelas seguintes práticas específicas:

VAL – SP 2.1 visto que, os relatórios obtidos por meio da execução da validação são gerados nesta prática.

VAL – SP 2.2 uma vez que, nesta prática são fornecidos todos os dados relevantes de defeitos que devem ser registrados.

VER – SP 2.2 uma vez que, nesta prática da revisão por pares são criados os relatórios dos resultados obtidos pela da execução da revisão.

VER – SP 3.1 visto que, relatórios de execução do processo de verificação sobre o produto selecionado são gerados nessa prática.

VER – SP 3.2 uma vez que, nesta prática são fornecidos todos os dados relevantes de defeitos que devem ser registrados gerados pelo processo de verificação.

Além do mapeamento das atividades da norma ISO/IEC/IEEE 29119-2 com as práticas específicas do normativo do CMMI-DEV ainda se realizou uma análise sobre a documentação gerada com a execução das estratégias de teste. Assim, um mapeamento documental foi gerado obedecendo a estrutura especificada na metodologia desta etapa da pesquisa. As relações entre a documentação das estratégias de teste de ambos os normativos identificadas são apontadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Mapeamento documental entre os normativos.

Documentação da ISO/IEC/IEE 29119-3	Produtos de trabalhos de V&V do CMMI-DEV
Política de testes	Não há documento correspondente na maturidade

Documentação da ISO/IEC/IEE 29119-3	Produtos de trabalhos de V&V do CMMI-DEV
	do processo
Estratégia organizacional de teste	Não há documento correspondente na maturidade do processo
Plano de teste	Lista de produtos selecionados para a validação
	Lista de produtos selecionados para a verificação
	Métodos de validação
	Métodos de verificação
	Ambiente de validação
	Ambiente de verificação
	Critérios de validação
	Critérios de verificação
	Procedimentos de teste
	Escalonamento de revisão por pares
Relatório de conclusão de teste	Relatório de análise
	Relatórios de problemas
	Requisições de mudança (métodos, ambiente, critérios)
	Relatório de deficiências de validação
	Resultado de validação
	Relatório de verificação
	Resultado de verificação
	Relatório de verificação
	Issues de validação
Requisição de mudança de procedimento	
Especificação de design de teste	Não há documento correspondente na maturidade do processo
Especificação de casos de teste	Procedimentos de validação
	Procedimentos de verificação
Especificação de procedimentos de teste	Procedimentos de validação
	Procedimentos de verificação
Requisitos de ambiente de teste	Ambiente de validação
	Ambiente de verificação
Relatório de prontidão de ambiente	-
Requisitos de dados de teste	Matriz de referência cruzada de validação
Relatório de prontidão de dados de teste	-
Registro de execução	Logs de execução de procedimentos
Relatório de incidentes	Relatório de problemas
	Relatório de verificação
	Relatório de validação
	Relatório de deficiência de validação
	Relatório de deficiência de verificação
	Issues de validação
Relatório de status de teste	Relatório de verificação
	Relatório de validação

Fonte: Elaboração própria (2019).

3.3 Avaliação do Mapeamento

Os documentos de mapeamento entre a norma ISO/IEC/IEEE 29119-2 e o normativo CMMI-DEV foram avaliados por um especialista nos dois modelos, por meio da técnica de revisão por pares. A avaliação teve como objetivo identificar se os relacionamentos estabelecidos entre as atividades, práticas específicas e a documentação de teste foram

realizados corretamente com a finalidade de identificar e corrigir possíveis erros na harmonização entre os modelos.

A escolha do avaliador foi feita levando em consideração a experiência com os modelos selecionados, bem como a experiência na área de teste de software e melhoria de processo. O perfil do avaliador apontou que possui um alto grau de conhecimento nos modelos de referência de processo e produtos de software, possui alto conhecimento nos processos de validação e verificação, um alto nível de conhecimento em processos de teste e que possui uma experiência de mais de cinco anos na implantação de modelos de melhoria do processo de software.

Para melhor padronização e classificação dos problemas encontrados nos mapeamentos, se utilizou um conjunto de critérios que seriam aplicados durante a revisão por pares, a saber: **TA (técnico alto)**, indicando que foi encontrado um problema em um item que, se não for alterado, comprometerá as considerações; **TB (técnico baixo)**, indicando que foi encontrado um problema em um item que seria conveniente alterar; **E (editorial)**, indicando que foi encontrado um erro de português ou que o texto pode ser melhorado; **Q (questionamento)**, indicando que houve dúvidas quanto ao conteúdo das considerações; e **G (geral)**, indicando que o comentário é geral em relação às considerações.

Após o apontamento dos critérios de classificação que seriam usados, definiu-se uma estrutura para padronização e armazenamento dos dados que seriam gerados durante a execução da avaliação. A estrutura definida é apresentada no Quadro 4.

Assim, com o objetivo, critérios e estrutura de armazenamento ambos os mapeamentos definidos foram entregues e submetidos a avaliação do revisor que buscou avaliar a correteza da harmonização entre as especificidades e exigências dos modelos. É importante ressaltar que os documentos entregues ao avaliador foram a primeira versão dos resultados relatados na subseção 3.2. Conforme os problemas foram detectados, estes passavam a ter um registro na estrutura de avaliação especificada.

Quadro 4 – Estrutura do registro de itens da revisão por pares

ID	Categoria	Item	Comentário com justificativa	Sugestão
Identificador utilizado para melhor captura de dados do registro da revisão	Corresponde à classificação do problema relatado, baseada nos critérios da avaliação	Indica o item no qual foi encontrado o problema	Provê um comentário baseado no problema identificado pelo revisor, bem como aponta o porquê do que foi relatado ser um problema.	Indica as sugestões do revisor como forma de suporte para o processo de correção.

Fonte: Elaboração própria (2019).

Ao final da execução da revisão, para o mapeamento de atividades e práticas específicas foram identificados dezoito problemas Técnico Alto, o avaliador não classificou nenhum problema como Técnico Baixo, Questionamento, Editorial e Geral. Para o mapeamento documental, foram identificados cinco problemas de caráter Técnico Baixo, o avaliador não identificou nenhum problema com as outras classificações da revisão.

Nos itens classificados como técnico alto, o mapeamento apresentava a falta de práticas específicas relacionadas principalmente ao procedimento de revisão por pares

inserido no processo de verificação no CMMI-DEV. Dessa forma recomendou-se a atualização do mapeamento por meio da adição das práticas de revisão por pares que estavam relacionadas com as atividades da norma 29119, apenas um problema classificado como Técnico Alto tratou da remoção de uma prática específica pois estava relacionada de forma incorreta.

Nos itens classificados como técnico baixo, as recomendações apontaram a ausência de produtos de trabalhos que apresentavam relação com os documentos gerados pelas atividades da norma 29119, assim, recomendou-se a adição de três produtos de trabalho ao mapeamento. Os outros problemas Técnico Baixo estavam relacionados com a especificação de aderência dos produtos de trabalho aos documentos da norma, portanto a recomendação foi de tornar a não correspondência dos documentos mais explícitas.

Assim, a classificação e apontamentos feitos pelo avaliador foram analisados para que pudessem ser ou não aplicadas no contexto dos mapeamentos. Após a análise contou-se que todos os apontamentos do revisor deveriam ser aceitos e os problemas encontrados deveriam ser solucionados.

4 PROCESSO DE VALIDAÇÃO & VERIFICAÇÃO

Com os mapeamentos definidos, devidamente avaliados e ajustados conforme as orientações do revisor, pôde-se iniciar a atividade de criação do processo de validação e verificação objetivado por essa pesquisa. O processo teve a sua criação utilizando informações coletadas durante a etapa de revisão da literatura, o mapeamento das práticas de ambos os normativos e do mapeamento da documentação de teste gerado, dando ao processo aderência aos dois modelos selecionados para a execução da pesquisa.

4.1 Metodologia do Processo

Assim como na metodologia dos mapeamentos, a criação do processo foi executada seguindo um conjunto de atividades sistematicamente definidas, conforme apresentado na Figura 2. A execução dessas atividades permitiu unir todas as práticas que se relacionam tanto no CMMI-DEV quanto na norma ISO/IEC/IEEE 29119, bem como permitiu a criação de uma documentação de teste que engloba ambos os normativos.

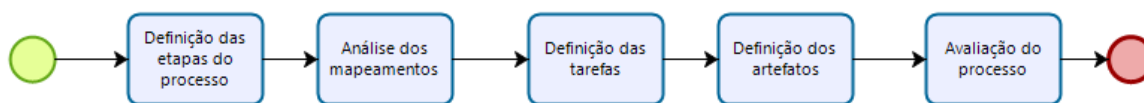


Figura 2 – Etapas da definição do processo para V&V

Fonte: Elaboração própria (2019).

A etapa **definição das etapas do processo** objetivou observar as diversas bases teóricas para estratégias de teste e definir uma estrutura base presente em todos os processos de teste ou avaliação de software. Segundo Pressman e Maxim (2016), qualquer estratégia de teste deve incorporar quatro etapas principais, a saber: planejamento dos testes, projeto de casos de teste, execução dos testes e coleta e avaliação dos resultados obtidos. Portanto, optou-se por estruturar o processo tendo como base a estrutura indicada, seguindo as máximas de planejamento de teste, projeto, execução e análise de dados resultantes e conclusão do processo. Todas as tarefas geradas posteriormente deveriam ser agrupadas nessa estrutura predefinida.

Após a definição da estrutura geral, a atividade de **análise dos mapeamentos** foi executada. Essa atividade tem como objetivo o de identificar e selecionar os itens mapeados que serão de fato utilizados na composição do processo de V&V, assim, todos os itens que não apresentavam qualquer aderência entre os normativos foram retirados do material de concepção das tarefas de V&V.

Em seguida, os itens restantes foram agrupados seguindo a estrutura apresentada anteriormente dada a natureza das práticas apresentadas pelos normativos. Portanto, pode-se obter o conjunto de itens mapeados agrupados pela estrutura do processo.

Definido esse grupo, a atividade **definição de tarefas** contou com a geração das tarefas e do fluxo que formariam o processo proposto. As tarefas foram definidas na tentativa de incorporar o máximo do mapeamento em si, levando em conta que deveriam tratar do contexto de validação e verificação de software. O processo teve seu fluxo definido observando a semelhança da execução das estratégias de teste dos dois normativos.

Devido à grande semelhança entre as atividades de validação e verificação, o fluxo proposto atende ambos os contextos de forma equivalente, apresentando diferenças apenas na forma de execução das tarefas definidas. Com o processo já bem estruturado e ajustado, o detalhamento das tarefas foi descrito, este detalhamento será apresentado no decorrer desta seção.

A atividade de **definição dos artefatos** teve como objetivo definir todos os artefatos de entrada e saída para cada uma das tarefas apresentadas. Esta atividade levou em conta a sua ordem de geração dentro de ambos os normativos e a sua relação com as tarefas já definidas do processo proposto. A definição teve como principal foco, agrupar o máximo de informação contida nos itens do mapeamento, de forma que estes pudessem estar completamente aderentes ao mapeamento documental, bem como prover um aparato documental completo para validação e verificação.

Por fim, com as tarefas e os artefatos do processo devidamente definidas e detalhados, a atividade de **avaliação do processo** pode ser realizada. Esta atividade foi realizada da mesma maneira que a avaliação do mapeamento, portanto, a técnica de revisão por pares foi executada sobre o processo proposto. A técnica de revisão por pares obedeceu aos mesmos parâmetros, características e exigências que a revisão dos mapeamentos.

Assim, com todas as ferramentas de revisão disponíveis, o documento que continha o processo foi entregue ao revisor e submetido a avaliação para identificar as falhas na composição do processo, bem como inconsistências e erros no que diz respeito a validação e verificação. Após a execução da avaliação, foram identificados dois problemas classificados como Técnico Alto, doze problemas Técnico Baixo, um problema Editorial e um problema de caráter Geral.

Os problemas relatados como técnico alto estavam relacionados a não captura de procedimentos base para a execução e reexecução dos processos de validação e verificação. Assim, recomendou-se a utilização de métodos que capturassem as possíveis alterações nos processos de V&V. Os problemas caracterizados como técnico baixo estavam diretamente relacionados com a não especificação do artefato de entrada em determinadas tarefas, a recomendação sugerida foi a de especificar esses artefatos atualizando o processo proposto.

O problema editorial fazia referência ao uso de um conectivo textual que gerava ambiguidade no entendimento da função das tarefas, portanto, a sugestão foi a substituição do conectivo para apresentar maior clareza da função da tarefa. Por fim, o problema de caráter Geral estava relacionado com a dificuldade de referências as tarefas especificadas,

portanto, foi proposto a criação de identificadores para cada tarefa ajudando, assim, a referenciá-las de maneira mais simples.

4.2 O processo de Validação e Verificação proposto

O processo definido e ajustado, baseado no mapeamento de práticas e documentação da norma da ISO/IEC/IEEE 29119 e do normativo do CMMI-DEV, conta com o total de vinte tarefas e vinte e dois artefatos divididos em cinco etapas principais da execução da estratégia de teste. O processo aqui apresentado cobre as tarefas tanto de validação quanto as tarefas de verificação. A Figura 3 apresenta as tarefas organizadas com seu devido fluxo e seus artefatos de entrada e saída, bem como a organização desses insumos em etapas de teste.

A tarefa A1 diz respeito a etapa de entendimento do contexto do projeto no qual, o processo de validação e verificação será implementado, bem como o entendimento do produto que se pretende avaliar. É importante ressaltar que para a validação os produtos devem ser selecionados baseados nas necessidades finais dos usuários, e para a verificação os produtos devem ser selecionados baseados nos objetivos do projeto, nos riscos associados ao projeto.

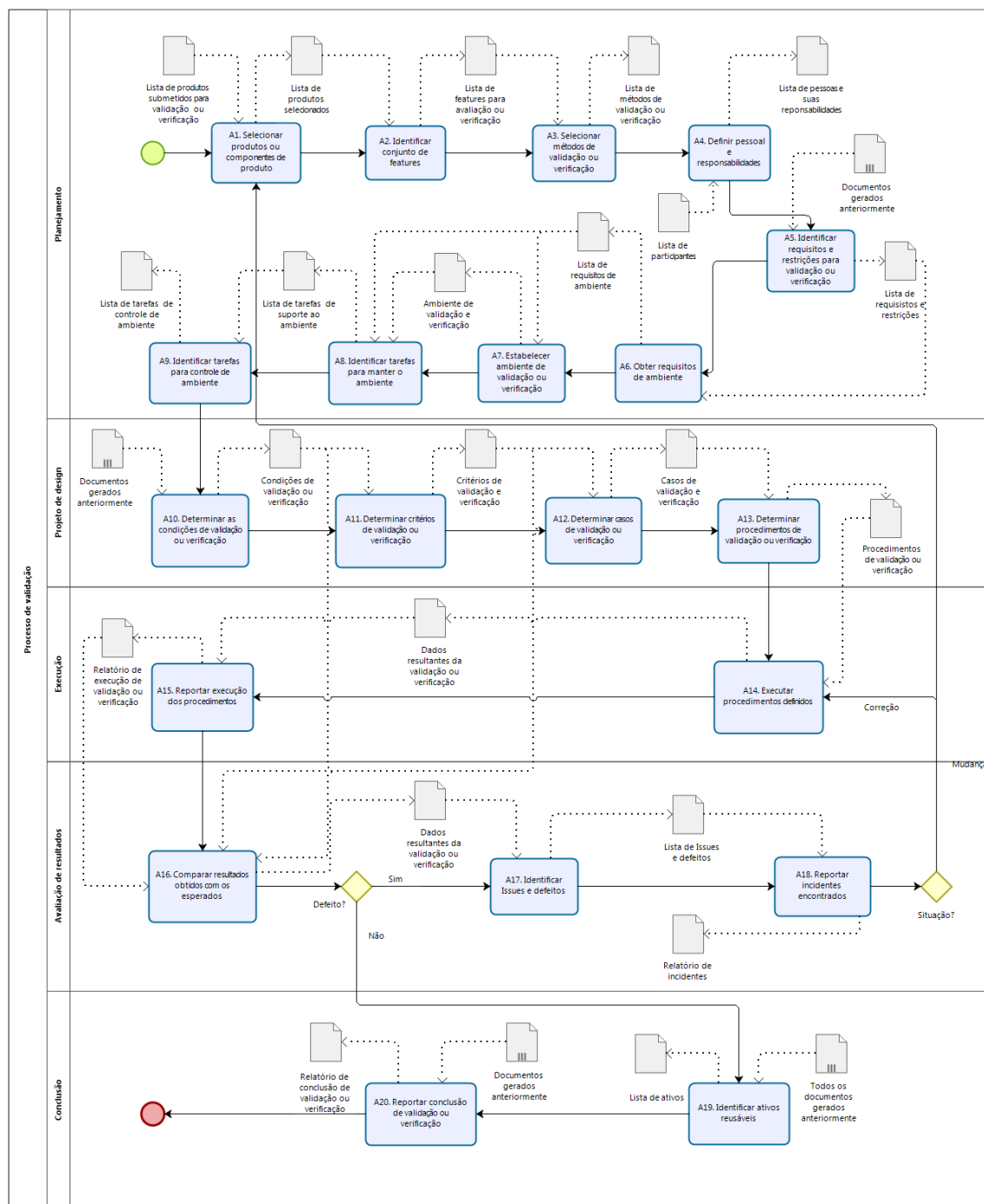


Figura 3 – Processo de V&V com caráter de implementação multi-modelo
Fonte: Elaboração própria (2019).

A tarefa A2 tem como objetivo prover a identificação das *features* e requisitos que serão validados/verificados. Tanto para a validação quanto para a verificação será necessário obter o conjunto de *features* ou requisitos por meio de interação direta com os principais *stakeholders* que devem ser identificados baseados na atividade de seleção do produto.

A tarefa A3 tem como foco realizar a seleção dos métodos de validação/verificação que serão utilizados no decorrer do processo levando em conta, na validação, que o método selecionado deve sempre está voltado para as necessidades finais dos usuários enquanto que na verificação o método selecionado deve ser capaz de melhor demonstrar que o requisito selecionado está ajustado com o que foi especificado.

A tarefa A4 é responsável por definir as pessoas que farão parte do restante do processo de validação/verificação, uma vez que já se tem uma noção do contexto em que o processo será executado, bem como das necessidades do processo tendo como base o método selecionado. Além de definir os participantes, deve-se definir também suas responsabilidades frente ao processo de validação/verificação. Tanto para a validação quanto para a verificação apontar quem serão os participantes chave.

A tarefa A5 tem como objetivo observar os requisitos e as limitações tanto da equipe de verificação/validação, quanto dos recursos e as limitações do processo que será implementado. Essa análise deve levar em consideração todas as informações reunidas até então, ou seja, o contexto do produto, os participantes do processo e o método selecionado. Vale ressaltar que tal tarefa é executada da mesma maneira tanto para validação quanto para verificação.

Na tarefa A6 os requisitos de ambiente são definidos. Tanto na validação quanto na verificação, ferramentas de teste que serão usadas devem ser selecionadas ou, caso o projeto não tenha a ferramenta disponível para uso, verificar a disponibilidade, os dados de teste que serão gerados devem ser identificados e levantados e todos os demais requisitos de ambiente devem ser levantados baseados em todos os dados definidos anteriormente.

Na tarefa A7 todos os requisitos de ambiente bem como, ferramentas (hardware e software), recursos humanos, o produto ou componente selecionado, materiais para a execução do processo devem ser ajustados no devido encaixe do ambiente. Tanto para validação quanto para a verificação as ferramentas de teste devem ser instaladas e as suas configurações devem ser ajustadas para atender aos requisitos de ambiente especificados. As features e requisitos que serão avaliados devem ser ajustados com o ambiente também. Por fim, deve-se comparar se o ambiente levantado está de acordo com os requisitos de ambiente definidos.

Na tarefa A8 devem ser definidos procedimentos que ajudem a manter o ambiente. Esta tarefa é aplicada tanto em um contexto de validação quanto em um contexto de verificação e o objetivo é identificar tarefas que ajudem o ambiente a continuar apto a aceitar o produto ou componente de produto selecionado, de forma que o ambiente consiga prover resultados satisfatórios com os recursos estipulados e ajustados, tais como: realocação, mudanças, entre outros.

A tarefa A9 aponta que, baseado nas tarefas de manutenção do ambiente, deve-se gerar procedimentos que deem suporte ao controle do ambiente uma vez que, esse ambiente deve ser cuidadosamente controlado pois, fazendo o uso desses procedimentos pode-se capturar análises de resultados, cenários de replicação além de ser possível gerar a reavaliação de problemas que podem ser encontradas durante a execução do processo. Esta tarefa se mostra de forma semelhante tanto para a validação quanto para a verificação.

A tarefa A10 tem como objetivo determinar as condições que estarão regendo o processo de execução da validação ou verificação, definindo os dados que serão utilizados, e o estado do produto no momento da avaliação. A atividade deve levar em conta o produto selecionado, o método escolhido, bem como o ambiente levantado e as restrições e

requisitos da validação ou verificação. Esta tarefa é executada da mesma maneira em ambos os processos.

A tarefa A11 indica que, utilizando as condições estabelecidas na atividade anterior, deve-se determinar os critérios de validação e verificação que serão utilizados para avaliar os resultados da execução do processo. Os critérios devem indicar se um componente passou ou não no processo de avaliação a qual ele foi submetido. Assim, o critério deve ajudar a indicar quando um processo de avaliação gera um resultado correto e quando ele não considera. Tanto para o processo de validação quanto para o processo de verificação deve-se levar em conta todas as etapas já definidas anteriormente.

A tarefa A12 aponta que, levando em conta os critérios definidos e as condições de avaliação, deve-se definir os casos de validação ou verificação. Os casos são definidos utilizando os dados definidos nas condições e os colocando à prova pelos critérios definidos na tarefa anterior assim, pode-se estabelecer como o produto ou o componente do produto deve se comportar no momento da execução do processo de avaliação. A atividade de determinar os casos é semelhante tanto para validação quanto para a verificação e deve levar em conta toda a estrutura já levantada durante a execução deste processo.

A tarefa A13 tem como objetivo definir os procedimentos de validação/verificação. Esses procedimentos são definidos de maneira a organizar a execução dos casos de teste na forma de um fluxo que possa ser executado incluindo atividade com pré e pós condições em comum com esses casos de avaliação. Esta etapa tem em vista dar as instruções que irão garantir que o produto está de acordo com o que se pretendia desenvolver e fornecer aos *stakeholders*.

A atividade A14 consiste em executar tudo aquilo que foi definido nos procedimentos de validação e verificação, dentro do ambiente estabelecido e controlado, com o pessoal e os recursos não humanos em funcionamento, sobre os produtos ou componentes de produto selecionados.

A tarefa A15 consiste em relatar, nas exigências do projeto, os resultados que foram gerados através da execução dos procedimentos de validação ou verificação, sendo estes resultados válidos ou inválidos. O importante nessa atividade é prover uma maneira de registrar e de acessar, em um futuro posterior, todos os dados relacionados a execução dos procedimentos de validação ou verificação. Vale lembrar que essa atividade é executada de forma semelhante tanto para a validação quanto para a verificação.

Agora que os resultados foram coletados, na atividade A16, deve-se comparar esses resultados com o que se esperava nos critérios definidos. Essa comparação deve ser feita de forma total e qualquer desvio do esperado deve ser evidenciado e apresentado de forma aceitável, levando em conta as exigências do projeto.

Caso desvios sejam identificados, a tarefa A17 conta com a identificação e separação dos desvios que foram levantados na atividade anterior em *issues* e defeitos que podem ser encontrados. Ao final da identificação e separação deve ser gerada um registro em conformidade com as exigências do projeto, que contenha esses dados identificados.

A atividade A18 conta com um relatório que deve ser gerado baseado na lista de *issues* e defeitos que foram encontrados a partir da execução dos procedimentos de avaliação. Uma vez identificados, os incidentes devem ser comparados com incidentes já existentes, caso existam eles devem ser atualizados e tratados devidamente. Caso estejamos falando de um incidente novo, este deve ser registrado de maneira apropriada, e as informações para a resolução desse incidente devem ser fornecidas no relatório, bem como o responsável por prover essa solução.

Assim, quando for exigido uma correção, o fluxo deve voltar para a etapa de execução de procedimentos para averiguar se a correção atende aquilo que foi determinado nas atividades anteriores. Caso seja exigida alguma mudança decorrente do incidente, o fluxo de validação ou verificação deve ser reavaliado desde o passo inicial do processo.

A tarefa A19 é realizada somente quando não existem desvios no que foi executado nos procedimentos de validação ou verificação. Nela deve-se fazer uma avaliação geral de todos os recursos gerados e mantidos a fim de identificar aqueles que têm um potencial de ser reutilizado em um momento futuro dentro do projeto ou até mesmo em um outro processo de validação ou verificação diferente. Por fim, na tarefa A20, deve-se criar um registro dentro dos padrões do projeto, que identifique e informe aos *stakeholders* a conclusão do procedimento de validação ou verificação.

4.3 Análise de Aderência do Processo Proposto.

Com base no processo de validação e verificação definido e detalhado, pôde-se iniciar o processo de análise de aderência que visa garantir que as tarefas especificadas no processo estão ajustadas aos itens do mapeamento que foram desenvolvidos. É importante ressaltar que a análise realizada nesta pesquisa se deu somente sobre as tarefas e os itens do mapeamento entre práticas e atividades dos normativos.

Para a análise de aderência entre as tarefas, seguiu-se uma estrutura de quadro onde os identificadores da tarefa do processo proposto foram fixados e relacionados com os identificadores dos itens do mapeamento, bem como uma área para a inserção da justificativa da associação foi reservada, é importante lembrar que itens classificados como não aderentes não entraram na análise. Os resultados dessa análise de aderência se encontram dispostos no Quadro 5.

Quadro 5 – Análise de aderência entre processo e mapeamento

Tarefas do processo de V&V proposto	Itens do mapeamento de atividade e práticas ISO/IEC/IEEE 29119 – CMMI-DEV	Justificativa
A1	M4 e M5	A tarefa corresponde a identificação do contexto do processo tendo como base as exigências e especificações dos <i>stakeholders</i>
A2	M5, M10 e M21	O procedimento de coleta e registro de <i>features</i> e requisitos que serão validados ou testado é feito nessa etapa
A3	M5, M8 e M10	Corresponde a etapa em que se inicia o design do processo de validação que será executado.
A4	M9 e M10	Trata da seleção e definição de pessoal, bem como o apontamento de suas responsabilidades no processo.
A5	M5, M9 e M10	Visa observar as limitações relacionadas ao definido até então no processo.
A6	M5, M8, M10 e M26	Corresponde ao levantamento das necessidades do ambiente, baseado nas informações definidas anteriormente
A7	M10 e M26	Trata diretamente ente do ajuste de todos os componentes, ferramentas e dados definidos para o ambiente entre si.
A8	M10 e M27	Trata da definição e execução de procedimentos que visem manter o ambiente funcional conforme foi definido
A9	M10, M15 e M27	Corresponde ao levantamento que ajudem o controle que deverá ser provido sobre o ambiente de V&V.
A10	M22	Corresponde ao processo de definição das condições das condições para V&V.
A11	M22 e M23	Nesta etapa são definidos um conjunto de critérios que devem ser utilizados para a execução da avaliação.

Tarefas do processo de V&V proposto	Itens do mapeamento de atividade e práticas ISO/IEC/IEEE 29119 – CMMI-DEV	Justificativa
A12	M24 3 M25	A etapa defini conjuntos de procedimentos de definição de casos de V&V que serão avaliados
A13	M26	Corresponde a etapa de definição para os procedimentos que serão executados durante o processo de V&V.
A14	M15 e M28	Trata da execução de todos os procedimentos definidos.
A15	M16 e M30	Corresponde a etapa de registro e disponibilização dos resultados obtidos por meio da execução dos procedimentos para V&V definidos.
A16	M29 e M31	Corresponde a procedimentos de comparação entre o que se esperava e os resultados que foram obtidos.
A17	M14, M15, M16 e M31	Trata da etapa de identificação e agrupamento de todos os defeitos que foram encontrados na análise das comparações.
A18	M14, M15, M16 e M32	Corresponde a práticas para a geração de relatórios sobre tudo o que foi encontrado como defeito e quais ações devem ser tomadas baseado nas análises
A19	M17	Tem como objetivo principal o de identificar e armazenar recursos e ativos reutilizáveis tanto em um momento futuro do projeto quanto em outros projetos
A20	M20	Procedimentos de fechamento e conclusão do processo de V&V

4 CONCLUSÕES

O principal objetivo desta pesquisa é propor um processo para validação e verificação baseado nos normativos ISO/IEC/IEEE 29119 e o CMMI-DEV, buscando, por meio de uma harmonização de modelos, dar suporte à implantação de um método de V&V com uma proposta multi-modelo. Para tal, foram realizados procedimentos para a harmonização de ambos normativos, bem como atividades de revisão por pares para identificar possíveis erros nessa harmonização e prover um conteúdo de maior corretude.

Como contribuições este trabalho entrega, primeiramente o mapeamento de harmonização, revisado e ajustado conforme as atividades especificadas na revisão por pares, das práticas entre os normativos apontados. Entrega um mapeamento da relação entre a documentação de avaliação de software apresentada e especificada por ambos os normativos, devidamente revisado e ajustado. E, por fim, entrega um processo de validação e verificação com foco na implementação multi-modelo, aderente aos mapeamentos gerados e devidamente revisado e ajustado.

Embora este trabalho apresente uma metodologia rigorosa e ajustada, ainda não apresenta nenhuma análise de uso em um contexto real de uma equipe de desenvolvimento e teste de software. A falta de execução do processo em um contexto real pode ocultar ajustes no processo que poderiam ser capturados conforme este é executado. Além disso, o processo proposto ainda não apresenta nenhum apoio ferramental para a execução das tarefas conforme especificado.

Como trabalhos futuros, podemos relatar a avaliação de aparato ferramental que dê suporte para a execução do processo proposto pelo trabalho e a devida execução do processo, com o uso da ferramenta, no contexto de uma empresa de desenvolvimento de software que objetiva adotar o nível 3 do CMMI-DEV uma vez que, é neste nível que as práticas específicas para a área de Validação e Verificação são implantadas.

Além disso, pretende-se realizar uma avaliação qualitativa, por meio de formulários, sobre os resultados da implantação do processo de validação e verificação

com foco na implementação multi-modelo. Para mais, ainda se pretende realizar uma avaliação quantitativa que tomará por base os indicadores para os processos de validação e verificação apontados no modelo de Rocha *et al.* (2012)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, W.; QAMAR, U.; HASSAN, S. (2015) Analyzing different validation and verification techniques for safety critical software systems. IEEE. 2015 6th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS). p. 367–370

ARAUJO, L. L. de. (2014) Mapeamento do MPS. SW com os modelos MPT. BR e CERTICS. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ARAUJO, R. et al. (2004) A definição de processos de software sob o ponto de vista da gestão de processos de negócio. VI Simpósio Internacional de Melhoria de Processos de Software. São Paulo.

CHEN, N.; CHEN, E. W.; CHEN, I. S. (2018) Integrating software testing standard ISO/IEC/IEEE 29119 to agile development. In Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp). p. 89–95.

CMMI, T. P. (2002) Capability maturity model R© integration (cmmi sm), version 1.1. CMMI for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing (CMMI-SE/SW/IPPD/SS, V1. 1)

CMMI, T. P. (2010). CMMI® for Development, Version 1.3, Improving processes for developing better products and services. *no.* CMU/SEI-2010-TR-033. Software Engineering Institute.

COLLOFELLO, J. S. (1988) Introduction to software verification and validation. No. CMU/SEI-CM-13-1-1. Carnegie-Mellon univ Pittsburgh Pa software Engeneering Inst.

DELAMARO, M., JINI, M., & MALDONADO, J. (2013). Introdução ao teste de software. Elsevier Brasil.

Eira, P., Guimarães, P., Melo, M., Brito, M. A., Silva, A., & Machado, R. J. (2018). Tailoring ISO/IEC/IEEE 29119-3 Standard for Small and Medium-Sized Enterprises. In 2018 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW) (pp. 380-389). IEEE.

GARCIA, F. D. S., OLIVEIRA, S. R. B., SALVIANO, C. F., & VASCONCELOS, A. M. L. (2016) Uma abordagem para a implementação multi-modelos de qualidade de software adotando a CERTICS e o CMMI-DEV. Dissertação de Mestrado, PPGCC/UFPA, Brazil.

HERRANZ, A.; MACHADO, H. P. V. (2019) Motivadores da internacionalização de pequenas empresas de software: um estudo multi casos nos contextos brasileiro e espanhol. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v. 18, n. 2, p. 261–280.

ISO – International Organization for Standardization, (2013). I. O. for Standardization., International Electrotechnical Commission., and Institute of Electrical and Electronics Engineers., “ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013 - Software and systems engineering -- Software testing -- Part 2: Test processes.”

ISO – International Organization for Standardization, (2013). I. O. for Standardization., International Electrotechnical Commission., and Institute of Electrical and Electronics Engineers., “ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013 - Software and systems engineering -- Software testing -- Part 3: Test documentation”.

JÚNIOR, N. Cândido de O. (2010) Uma proposta de uso do TMMi para melhoria da capacidade nas áreas de Verificação e Validação do CMMI. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MALDONADO, J. C., BARBOSA, E. F., Vincenzi A. M. R., Souza, S.R.S., & Jono, M. (2004). Introdução ao teste de software. São Carlos, p.23.

MONTEIRO, P.; MACHADO, R. J.; KAZMAN, R. (2009) Inception of software validation and verification practices within cmmi level 2. In: IEEE. 2009 Fourth International Conference on Software Engineering Advances p. 536–541

Munir, H., & Runeson, P. (2015). Software testing in open innovation: An exploratory case study of the acceptance test harness for Jenkins. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Software and System Process* (pp. 187-191). ACM.

NETO, B., & Nylander, O. (2014). Uma abordagem metodológica para implementação multi-modelos de teste de software adotando o MPT. Br e o TMMi.

OLIVEIRA, S. R. B. (2007) Pro-Definer: Uma Abordagem Progressiva para a Definição de Processos de Software no Contexto de um Ambiente Centrado em Processo. Tese de Doutorado – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE.

PRESSMAN, R., & MAXIM, B. (2016). Engenharia de software – 8ª Edição. McGraw Hill Brasil.

REDDY, J. M., & PRASAD, S. V. A. V. (2016). The role of verification and validation in software testing. In *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIAcom)*. IEEE.

Rocha, A. D., Souza, G. D. S., & Barcellos, M. P. (2012). Medição de software e controle estatístico de processos. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Secretaria de Política de Informática, 21.

SILVA, D. D. (2015) Melhoria do processo de teste para as micro e pequenas empresas brasileiras. Universidade Federal de Goiás.

SOMMERVILLE, I. (2011). Software engineering. Addison-Wesley/Perason.