

MENTAGIL: Um Modelo de Maturidade Ágil para Qualidade de Software

Gildárcio Sousa Gonçalves, Johnny Marques

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais – Doutorado
São José dos Campos – SP – Brazil

Doutorado - Início: Mar/2024 - Término: Out/2027 - Qualificação: Set/2026

`gildarcio@ita.br`, `johnny@ita.br`

Abstract. *This article presents the progress of a PhD research that proposes an agile maturity model focused on software quality. The methodology includes theoretical review, model construction, interviews, questionnaires, and case studies. The expected outcomes are a validated model, applicable in different contexts, and tools to support managers in improving both agile maturity and software quality. .*

Resumo. *Este artigo apresenta o progresso de uma pesquisa de Doutorado que propõe um modelo de maturidade ágil voltado à qualidade de software. A metodologia envolve revisão teórica, construção do modelo, entrevistas, questionários e estudos de caso. Espera-se obter um modelo validado, aplicável em diversos contextos, além de ferramentas para apoiar gestores na melhoria da maturidade ágil e da qualidade do software. Um vídeo complementar está disponível em: <https://www.youtube.com/live/PHFQuwuAmps>.*

1. Introdução

A aplicação de métodos ágeis no desenvolvimento de software apresenta vantagens reconhecidas, como maior flexibilidade, colaboração e capacidade de resposta a mudanças. Entretanto, apesar da popularidade dessas práticas, muitas organizações ainda enfrentam dificuldades para integrá-las de forma efetiva aos seus processos, especialmente quando o foco está na **qualidade do software** [Goncalves et al. 2015]. O cenário atual da engenharia de software é marcado pela competitividade, complexidade dos sistemas, prazos curtos e exigências rigorosas de qualidade e conformidade com normas e padrões internacionais, como a *ISO/IEC 25010* [International Organization for Standardization 2011]. Nesse contexto, a maturidade ágil se apresenta como um diferencial estratégico, permitindo que equipes alinhem práticas de desenvolvimento à entrega de produtos com alta qualidade. Assim, torna-se necessário um **modelo estruturado** que permita avaliar a maturidade ágil de equipes e organizações sob a ótica da qualidade de software, orientando melhorias contínuas e decisões estratégicas.

1.1. Motivação

A transformação digital aumentou a demanda por software de alta qualidade, crítico em setores como saúde, defesa e finanças. Métodos ágeis se consolidaram como alternativas

para lidar com incertezas e mudanças rápidas [VersionOne 2020] e [Dikert et al. 2016]. No entanto, apesar da existência de modelos como o Agile Maturity Model (AMM) [Srinivasan and Lundqvist 2011], o Sidky Agile Measurement Index (SAMI) e o Agile Fluency Model [Shore and Larsen 2018], ainda falta uma integração explícita entre práticas ágeis, atributos de qualidade de software e suporte de IA.

Assim, o presente trabalho não afirma a inexistência de modelos, mas sim que ainda não há um modelo amplamente consolidado que una maturidade ágil e qualidade de software em um único arcabouço, de forma prática e orientada por dados. Essa lacuna, identificada em estudos recentes [Kuhrmann et al. 2017], [Papatheocharous and Nyfjord 2021], motiva esta pesquisa.

1.2. Definição do Problema e Hipótese de Pesquisa

A ausência de instrumentos sistemáticos que relacionem agilidade e qualidade dificulta medir objetivamente a efetividade das práticas adotadas.

- **Problema de pesquisa (enunciado):** Falta um modelo estruturado que integre práticas ágeis e atributos de qualidade de software, permitindo diagnóstico sistemático e orientação de melhorias; e
- **Questão de pesquisa:** Como desenvolver e validar um modelo de maturidade ágil que avalie e promova a qualidade de software, considerando padrões internacionais e práticas ágeis?

Como hipóteses, têm-se:

- **H1:** A adoção do modelo MENTAGIL permite uma avaliação mais precisa e sistemática da maturidade ágil em equipes de software; e
- **H2:** A aplicação do MENTAGIL contribui para a melhoria contínua da qualidade do software e para a competitividade organizacional.

1.3. Objetivo Geral

Desenvolver e validar o modelo MENTAGIL, voltado à avaliação e ao aprimoramento da qualidade de software em equipes de desenvolvimento, considerando atributos definidos pela ISO/IEC 25010.

1.4. Objetivos Específicos

- Investigar a relação entre práticas ágeis e atributos de qualidade de software;
- Mapear níveis de maturidade ágil em organizações e correlacioná-los com indicadores de qualidade;
- Desenvolver um modelo avaliativo que integre agilidade e qualidade;
- Construir e validar um instrumento de mensuração (questionário, métricas e fluxos de aplicação);
- Analisar os resultados empíricos, identificando padrões, desafios e benefícios; e
- Propor diretrizes para implementação de práticas ágeis adaptadas a diferentes níveis de maturidade.

1.5. Contribuição da Pesquisa

Acadêmica

- Avanço teórico na relação entre agilidade e qualidade de software;
- Introdução de um modelo de maturidade integrado a métricas de qualidade; e
- Produção de instrumentos de avaliação reutilizáveis.

Prática

- Ferramenta para diagnosticar a maturidade ágil e orientar melhorias em práticas com foco na qualidade do software;
- Guia para apoiar gestores em decisões estratégicas; e
- Potencial para reduzir retrabalho, aumentar satisfação de clientes e elevar competitividade.

2. Método de Pesquisa

A pesquisa adota abordagem mista (qualitativa e quantitativa), contemplando revisão sistemática da literatura, definição dos níveis de maturidade, desenvolvimento de instrumento avaliativo, validação com especialistas, coleta de dados em organizações, análise estatística e estudos de caso múltiplos.

2.1. Classificação da Pesquisa

De acordo com a taxonomia proposta por [Gil 2019] esta pesquisa pode ser classificada como:

- **Quanto à natureza:** Aplicada, pois visa gerar conhecimentos com aplicação prática e direcionada à solução de problemas reais na gestão da qualidade de software;
- **Quanto à abordagem:** Mista, integrando técnicas qualitativas (entrevistas, grupos focais) e quantitativas (questionários e métricas);
- **Quanto aos objetivos:** Exploratória e descritiva, visto que busca compreender fenômenos relacionados à maturidade ágil e descrever suas características no contexto da qualidade de software; e
- **Quanto aos procedimentos técnicos:** Revisão sistemática da literatura, estudo de caso múltiplo, survey e grupos focais.

2.2. Etapas da Pesquisa

O método de pesquisa está estruturado em sete etapas principais:

1. Revisão Sistemática da Literatura (identificar lacunas e oportunidades);
2. Definição dos níveis de maturidade e indicadores de qualidade (fundamentados na RSL e na ISO/IEC 25010);
3. Desenvolvimento do instrumento de avaliação (questionário estruturado derivado da RSL e de estudos correlatos);
4. Validação de conteúdo (especialistas via método Delphi). utilizando técnicas como o *Delphi Method*;
5. Coleta de dados (survey, entrevistas e grupos focais);
6. Análise de dados (quantitativa: análise fatorial, alfa de Cronbach; qualitativa: análise de conteúdo); e
7. Validação prática (estudos de caso em múltiplas organizações com pré e pós-teste para avaliar evolução da maturidade e da qualidade).

2.3. Procedimentos de Coleta de Dados

Serão utilizados três instrumentos principais para coleta de dados:

- **Questionário Estruturado:** Aplicado online a profissionais de desenvolvimento e gestão de software, contendo questões fechadas (escala Likert) e abertas;
- **Entrevistas Semiestruturadas:** Conduzidas com especialistas e líderes técnicos para aprofundar percepções sobre práticas ágeis e qualidade; e
- **Grupos Focais:** Realizados com equipes de desenvolvimento para discutir e validar as dimensões e indicadores do modelo.

2.4. Procedimentos de Análise de Dados

- **Análise Quantitativa:** Estatísticas descritivas e inferenciais, cálculo do coeficiente alfa de Cronbach para avaliar a consistência interna do instrumento, e análise fatorial para validação das dimensões do modelo.
- **Análise Qualitativa:** Codificação e categorização das respostas abertas e transcrições de entrevistas e grupos focais, utilizando análise de conteúdo segundo Bardin (2011).

2.5. Critérios de Validação do Modelo

A validação do modelo MENTAGIL seguirá três perspectivas:

1. **Validação de Conteúdo:** Juízes especialistas verificarão a coerência teórica e relevância dos indicadores;
2. **Validação de Construto:** Uso de análise estatística para confirmar a estrutura dimensional do modelo; e
3. **Validação Prática:** Teste em contextos reais para verificar aplicabilidade e utilidade no aprimoramento da qualidade.

3. MENTAGIL – Modelo de Maturidade Ágil para Qualidade de Software

3.1. Visão Geral

O MENTAGIL é um modelo de maturidade ágil projetado para avaliar e aprimorar a capacidade de organizações de software em aplicar métodos ágeis de forma escalável e orientada à qualidade.

O diferencial do modelo está na integração da Inteligência Artificial (IA) como mecanismo de apoio à análise de dados, diagnóstico da maturidade e recomendação de melhorias, alinhado a padrões internacionais como **ISO/IEC 25010** (qualidade de produto) e **ISO/IEC 12207** (processos de software).

3.2. Objetivos do Modelo:

- Avaliar o nível de maturidade ágil de uma organização considerando a qualidade de software como eixo central;
- Fornecer feedback automatizado e recomendações de melhoria com base em Inteligência Artificial e análise preditiva;
- Integrar práticas ágeis a modelos de qualidade reconhecidos; e
- Apoiar a tomada de decisão para evolução contínua dos processos.

Tabela 1. Níveis de maturidade do MENTAGIL

Nível	Nome	Descrição
0	Inexistente	Ausência de práticas ágeis e de gestão da qualidade; processos ad-hoc.
1	Inicial	Aplicação pontual de práticas ágeis sem padronização; qualidade não medida sistematicamente.
2	Reativo	Adoção de práticas ágeis básicas; ações corretivas para problemas de qualidade, mas de forma reativa.
3	Definido	Processos ágeis padronizados; início da integração com métricas de qualidade (ISO/IEC 25010).
4	Gerenciado	Monitoramento sistemático de qualidade com métricas e ferramentas de apoio; práticas ágeis bem estabelecidas.
5	Otimizado	Melhoria contínua com base em dados; automação de testes e análise preditiva de qualidade.
6	Inteligente	Uso de IA para diagnóstico e recomendação de melhorias; integração plena de qualidade e agilidade na estratégia organizacional.

3.3. Estrutura do Modelo

O **MENTAGIL** está estruturado em sete níveis de maturidade, evoluindo da ausência de práticas formais para um estágio de excelência e inovação contínua.

3.4. Dimensões de Avaliação

O modelo considera quatro dimensões principais, cada uma avaliada com critérios e métricas específicas:

1. Processos Ágeis

- Adoção de frameworks (Scrum, Kanban, XP, SAFe e outros).
- Práticas de planejamento, execução e retrospectiva.
- Frequência de entregas e colaboração.

2. Qualidade de Software

- Métricas baseadas na ISO/IEC 25010 (funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade).
- Testes automatizados e indicadores de defeitos.
- Cobertura de testes e análise de riscos.

3. Gestão da Melhoria Contínua

- Coleta e análise de métricas.
- Processos de lições aprendidas.
- Planos de ação estruturados.

4. Suporte Inteligente (IA)

- Algoritmos de machine learning para identificar padrões de falhas.
- Análise preditiva de riscos e atrasos.
- Geração de recomendações automáticas para evolução da maturidade.

3.5. Método de Aplicação

A aplicação do MENTAGIL envolve quatro fases:

1. Diagnóstico Inicial

- Questionário estruturado.
- Entrevistas com stakeholders.
- Coleta de métricas de qualidade e produtividade.

2. Classificação da Maturidade

- Análise com IA para determinar o nível atual da organização.
- Relatório com pontuação por dimensão.

3. Recomendações Personalizadas

- Sugestões de práticas ágeis e ferramentas de qualidade.
- Indicadores prioritários de melhoria.

4. Reavaliação Periódica

- Ciclo de acompanhamento e monitoramento da evolução.
- Ajustes de estratégia.

4. Trabalhos Correlatos

Esta seção apresenta diversos modelos de maturidade e frameworks que buscam avaliar e aprimorar processos de desenvolvimento de software, qualidade de produto e adoção de metodologias ágeis. Esta seção apresenta os principais trabalhos correlatos, destacando suas contribuições, limitações e a relação com o **MENTAGIL**.

4.1. Modelos de Maturidade Tradicionais

O *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) [Institute 2018] é um dos modelos mais amplamente utilizados para avaliar a maturidade de processos organizacionais. Estruturado em cinco níveis, o CMMI fornece uma abordagem sistemática para a melhoria de processos, mas apresenta limitações na adaptação às metodologias ágeis, por ter sido concebido inicialmente para abordagens preditivas. Outro modelo relevante é o *ISO/IEC 330xx* [International Organization for Standardization 2015], que define um conjunto de normas para a avaliação de processos. Apesar de sua flexibilidade, a aplicação desse padrão ao contexto ágil requer customizações específicas para refletir a natureza iterativa e incremental desse paradigma.

4.2. Modelos de Maturidade Ágil

Diversos autores propuseram modelos voltados especificamente para a avaliação da maturidade ágil. O *Agile Maturity Model* (AMM) [Srinivasan and Lundqvist 2011] apresenta níveis de evolução na adoção de práticas ágeis, mas carece de integração formal com métricas de qualidade de software. Já o *Sidky Agile Measurement Index* (SAMI) [?] propõe uma estrutura hierárquica para avaliação, incluindo dimensões como valores, princípios e práticas, porém sem o suporte de mecanismos inteligentes de diagnóstico.

4.3. Modelos de Qualidade de Software

O **ISO/IEC 25010** [International Organization for Standardization 2011] define um modelo de qualidade para produtos de software, contemplando características como funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade. Embora seja um padrão consolidado, ele não fornece um caminho evolutivo de maturidade ou integração explícita com práticas ágeis. De forma complementar, o **ISO/IEC 12207** [International Organization for Standardization 2017] estabelece processos para o ciclo de vida do software, cobrindo desde a concepção até a manutenção. Apesar de sua abrangência, sua aplicação prática no contexto ágil requer adaptações para manter a flexibilidade e a velocidade das entregas.

5. Considerações Finais e Próximos Passos

Este artigo apresentou o MENTAGIL, um modelo de maturidade ágil voltado à qualidade de software, cuja inovação está na abordagem híbrida: integração de práticas ágeis, métricas de qualidade e recursos de Inteligência Artificial.

Principais Contribuições:

- Estrutura de sete níveis de maturidade, com *roadmap* para evolução organizacional;
- Integração entre qualidade (ISO/IEC 25010) e práticas ágeis;
- Uso de IA para diagnóstico e recomendações; e
- Proposta de validação empírica com pré e pós-teste em empresas.

Próximos passos:

Para consolidar o MENTAGIL como Modelo, serão desenvolvidas as seguintes etapas:

1. Concluir a Revisão Sistemática da Literatura.
2. Refinar métricas quantitativas e qualitativas do modelo.
3. Detalhar e validar indicadores de mensuração.
4. Implementar protótipo de plataforma web baseada em IA para automatizar aplicação.
5. Realizar estudos de caso múltiplos em organizações de diferentes portes.
6. Ajustar o modelo com base em evidências empíricas.

Espera-se que, ao final do processo, o MENTAGIL se consolide como uma ferramenta estratégica para organizações que buscam excelência em software de qualidade sustentado por práticas ágeis.

Referências

- Dikert, K., Paasivaara, M., and Lassenius, C. (2016). Challenges and success factors for large-scale agile transformations: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*.
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Atlas, São Paulo, 7 edition.
- Goncalves, G. S., Lima, G. L. B., Maria, R. E., Wisnieski, R. T., dos Santos, M. V. M., Ferreira, M. A., da Silva, A. C., Olimpio, A., Otero, A. G. L., de Vasconcelos, L. E. G., Sato, L. Y. C., Silva, H. N. A., Marques, J. C., Mattei, A. L. P., da Cunha, A. M.,

- Dias, L. A. V., and Saotome, O. (2015). An interdisciplinary academic project for spatial critical embedded system agile development. In *2015 IEEE/AIAA 34th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, pages 8C3–1–8C3–11.
- Institute, C. (2018). *CMMI for Development, Version 2.0*. CMMI Institute, Pittsburgh, PA.
- International Organization for Standardization (2011). Iso/iec 25010: Systems and software engineering — systems and software quality requirements and evaluation (square) — system and software quality models. Acesso em: 11 ago. 2025.
- International Organization for Standardization (2015). Iso/iec 330xx: Information technology — process assessment standards. Conjunto de normas para avaliação de processos.
- International Organization for Standardization (2017). Iso/iec 12207:2017 - systems and software engineering — software life cycle processes.
- Kuhrmann, M. et al. (2017). Hybrid software development approaches in practice. *Journal of Systems and Software*.
- Papatheocharous, E. and Nyfjord, J. (2021). A study of quality metrics in agile software development. In Chakravarty, K. and Singh, J., editors, *Machine Learning and Information Processing*, pages 255–266. Springer.
- Shore, J. and Larsen, D. (2018). *The Agile Fluency Model: A Brief Guide to Success with Agile*. Agile Fluency Project.
- Srinivasan, J. and Lundqvist, K. (2011). Agile maturity model (amm): A software process improvement framework for agile software development practices. In *Proceedings of the International Conference on Software and Systems Process (ICSSP)*, pages 137–146. ACM.
- VersionOne (2020). 14th annual state of agile report. <https://stateofagile.com/>.