

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
NÍVEL MESTRADO**

**DANIEL DOS SANTOS HARLACHER**

**GESTÃO DE PROJETOS ÁGEIS: MODELO PROBABILÍSTICO PARA A CURVA  
DE PERFORMANCE DE TIMES QUE USAM O MÉTODO SCRUM**

**São Leopoldo**

**2024**

DANIEL DOS SANTOS HARLACHER

**GESTÃO DE PROJETOS ÁGEIS: MODELO PROBABILÍSTICO PARA A CURVA  
DE PERFORMANCE DE TIMES QUE USAM O MÉTODO SCRUM**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Área de Concentração: Gestão da Produção

Orientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

São Leopoldo

2024

H283g Harlacher, Daniel dos Santos  
Gestão de projetos ágeis : modelo probabilístico para a curva de performance de times que usam o método *Scrum* / por Daniel dos Santos Harlacher. – 2024.  
120 f. : il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto.

1. Gestão de projetos. 2. Método ágil. 3. SCRUM.  
4. Manufatura. 5. Performance. 6. Maturidade de times.  
I. Título.

CDU 65.012.2

Catálogo na Fonte:

Bibliotecária Vanessa Borges Nunes - CRB 10/1556

DANIEL DOS SANTOS HARLACHER

GESTÃO DE PROJETOS ÁGEIS: MODELO PROBABILÍSTICO PARA A CURVA DE PERFORMANCE DE TIMES QUE USAM O MÉTODO *SCRUM*

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josiane Brietzke Porto - Unisinos

---

Prof. Dr. Fábio Antônio Sartori Piran - Unisinos

---

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto - Unisinos

---

Prof. Dr. Lucas Schmidt Goecks - IFRS

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela saúde e pelas bênçãos concedidas ao longo desta jornada. Sem Sua graça, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus pais, sou eternamente grato pelos ensinamentos valiosos e por me inculcarem a resiliência necessária para enfrentar e superar os desafios. Seus exemplos foram pilares fundamentais durante toda essa trajetória.

À minha esposa, meu mais profundo agradecimento pelo incentivo constante e por me motivar a ser sempre melhor. Seu apoio e confiança foram essenciais para que eu alcançasse este objetivo.

Que esta conquista sirva de inspiração aos meus filhos, para que sejam protagonistas de suas próprias vidas e busquem sempre realizar seus sonhos com determinação e coragem.

“Quem confia na Providência não se desespera na noite escura; sabe que  
depois de cada cruz vem a ressurreição.”

Padre José Kentenich

## RESUMO

A busca de competitividade entre as empresas faz com que a implementação rápida e bem-sucedida de projetos seja um diferencial estratégico para a geração de valor e diferenciação dos produtos e serviços no mercado em que se atua. Para entender como são realizadas as aplicações dos processos de gestão de projetos ágeis, neste trabalho são revisitados conceitos básicos de projetos, principais métodos aplicados nas empresas e é feito um enfoque especial no método ágil *Scrum* aplicado em projetos de manufatura. Sabe-se que um dos fatores determinantes para o sucesso de um projeto gerido sob um método de gestão ágil é o desenvolvimento da equipe de projeto. A partir deste conhecimento, são analisadas as etapas de construção de equipes utilizando o modelo de Tuckman. Neste modelo, existe uma curva de maturidade de time que está relacionada à performance no projeto. Com base nos temas estudados, faz-se um questionamento quanto à probabilidade de que um time ágil entre em um regime estacionário de performance de entregas em função do tempo de trabalho. Utilizando bases de dados de projetos ágeis de uma empresa do setor de manufatura é proposta uma modelagem matemática que busca estabelecer o momento com maior probabilidade em que um time atinja sua maturidade. Por fim, é apresentado o modelo final, são feitas considerações sobre sua aplicabilidade, e recomendações para a aceleração do amadurecimento de times.

**Palavras-chave:** Gestão de Projetos, Método Ágil, SCRUM, Manufatura, Performance, Maturidade de Times

## ABSTRACT

The pursuit of competitiveness among companies makes the rapid and successful implementation of projects a strategic advantage for generating value and differentiating products and services in the market. To understand how agile project management processes are applied, this work revisits basic project concepts and the main methods currently used in companies and places a special focus on the agile Scrum method applied in manufacturing projects. It is known that one of the determining factors for the success of a project managed under an agile management method is the development of the project team. From this knowledge, the stages of team building are analyzed using the Tuckman model. In this model, there is a team maturity curve that is related to project performance. Based on the studied themes, a question is raised about the probability that an agile team enters a steady state of delivery performance over time. Using agile project data from a manufacturing company, a mathematical model is proposed to establish the moment with the highest probability that a team reaches maturity. Finally, the final model is presented, considerations are made about its applicability, and recommendations are provided for accelerating team maturity.

**Keywords:** Project Management, Agile Method, SCRUM, Manufacturing, Performance, Team Maturity



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Publicações com o termo “ <i>agile</i> ” e “ <i>project management</i> ” na base Google Scholar entre 1995 e 2023 .....	32
Tabela 2: Dados dos times ágeis selecionados: Time 1 .....	89
Tabela 3: Dados dos times ágeis selecionados: Time 2 .....	90
Tabela 4: Dados dos times ágeis selecionados: Time 3 .....	90
Tabela 5: Dados dos times ágeis selecionados: Time 4 .....	90
Tabela 6: Equações e valores dos pontos de inflexão das curvas dos times.....	97
Tabela 7: Aproximação da <i>sprint</i> de inflexão calculada e <i>sprint</i> madura.....	99
Tabela 8: Função de distribuição da probabilidade de um time atingir a maturidade em uma determinada <i>sprint</i> .....	99
Tabela 9: Probabilidades de atingimento da maturidade dos times .....	100
Tabela 10: Probabilidades de atingimento da maturidade dos times por cenários..	100

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características de maturidade em times ágeis .....	29
Figura 2: Indústria de transformação (% do PIB), Brasil, 1947-2019, a preços correntes .....	34
Figura 3: Decréscimo da participação da indústria de transformação (% do PIB), Brasil, 2003-2019, a preços correntes.....	36
Figura 4: Diagrama de sequenciamento do PERT .....	44
Figura 5: Estimativa e probabilidade de atingimento de $T_0$ .....	45
Figura 6: Diagrama de seqüências de atividades do CCPM.....	48
Figura 7: Ciclo de <i>Scrum</i> .....	53
Figura 8: Exemplo de quadro <i>kanban</i> .....	56
Figura 9: Modelo de projetos ágeis de desenvolvimento produtos com evento de origem .....	66
Figura 10: Modelo de projetos ágeis de desenvolvimento produtos com JIRA e ASANA .....	67
Figura 11: Diagrama de construção de modelo matemático .....	75
Figura 12: Etapas do método de trabalho .....	77
Figura 13: Construto para o processo de seleção dos projetos a serem considerados na análise .....	78
Figura 14: Fluxo de produção atual.....	84
Figura 15: Time 1 .....	91
Figura 16: Time 2 .....	93
Figura 17: Time 3 .....	94
Figura 18: Time 4 .....	95
Figura 19: Medição da satisfação do time .....	102

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características do ambiente VUCA.....	23
Quadro 2: Características do ambiente BANI.....	24
Quadro 3: Fases de desenvolvimento de equipes conforme o modelo de Tuckman	28
Quadro 4: Fundamentos do CCPM .....	47
Quadro 5: Valores ágeis.....	50
Quadro 6: Princípios ágeis .....	50
Quadro 7: Papéis, eventos e artefatos do <i>Scrum</i> .....	52
Quadro 8: Características dos papéis em um time <i>Scrum</i> .....	54
Quadro 9: Benefícios e desafios de modelos híbridos .....	59
Quadro 10: Comparativo entre os principais métodos ágeis reconhecidos pelo PMI	60
Quadro 11: Principais habilitadores para implementação de métodos ágeis em empresas de desenvolvimento de produtos físicos.....	62
Quadro 12: Trabalhos sobre o Modelo de Tuckman e contribuições para o presente trabalho .....	71
Quadro 13: Principais métodos de modelagem matemática probabilística .....	73
Quadro 14: Protocolo de pesquisa .....	79
Quadro 15: Questionário para medição do índice de felicidade.....	101
Quadro 16: Temas das ações propostas para a aceleração da maturidade de times ágeis.....	108

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tendência do número de publicações com o termo “ <i>agile</i> ” e “ <i>project management</i> ” na base Google Scholar entre 1995 e 2023.....	33
Gráfico 2: Escala de Fibonacci.....	80
Gráfico 3: Exemplo de curva de velocidade de entrega por <i>sprint</i> de um time ágil. ...	88
Gráfico 4: Variação dos pontos de inflexão calculados dos times analisados.....	98

**LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Modelo matemático do comportamento do time 1.....	92
Equação 2: Modelo matemático do comportamento do time 2.....	93
Equação 3: Modelo matemático do comportamento do time 3.....	94
Equação 4: Modelo matemático do comportamento do time 4.....	96

**LISTA DE SIGLAS**

BANI	<i>Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensive</i>
CCPM	<i>Critical Chain Project Management</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBOK	<i>Project Management Base of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institut</i>
SMART	<i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound</i>
VUCA	<i>Volatility, Uncertanty, Complexity, Ambiguity</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 Tema de pesquisa.....	28
1.2 Problema de pesquisa.....	31
1.3 Justificativas acadêmicas e econômicas.....	32
1.4 Objetivos .....	37
1.4.1 Objetivo geral .....	37
1.4.2 Objetivos específicos.....	38
1.5 Delimitação do trabalho.....	38
1.6 Estrutura do trabalho.....	39
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>41</b>
2.1 A gestão de projetos .....	41
2.2 Modelo PERT .....	43
2.3 Método da corrente crítica.....	46
2.4 O manifesto ágil .....	49
2.5 <i>Scrum</i> .....	51
2.6 Escalonamento do <i>Scrum</i> .....	54
2.7 <i>Kanban</i> .....	55
2.8 Modelos híbridos .....	56
2.9 Outros métodos ágeis .....	60
2.10 Métodos ágeis em projetos de manufatura .....	61
2.11 Modelo de Tuckman e o <i>Scrum</i> .....	68
2.12 Modelagem Matemática Probabilística e a Maturidade de Times .....	72
2.13 Comentários finais ao capítulo .....	73
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>75</b>
3.1 Modelagem matemática .....	75
3.2 Método de trabalho .....	76
<b>4 RESULTADOS: ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	<b>82</b>
4.1 Empresa em estudo .....	82
4.2 Uso do <i>Scrum</i> na gestão de projetos de melhoria de manufatura na empresa em estudo .....	85
4.2.1 Projetos pequenos .....	85

4.2.2 Dedicção de recursos.....	86
4.2.3 Reuniões remotas .....	87
4.2.4 Controle de velocidade de entrega.....	87
4.3 Seleção dos dados para análise .....	89
4.4 Análise dos dados sobre o time 1 .....	91
4.5 Análise dos dados sobre o time 2 .....	92
4.6 Análise dos dados sobre o time 3 .....	93
4.7 Análise dos dados sobre o time 4 .....	95
4.8 Pontos de inflexão das curvas de performance.....	96
4.9 Modelo probabilístico da amostragem.....	99
4.10 Discussão sobre ações preventivas em relação ao declínio de performance de times ágeis .....	101
4.11 Discussão sobre formação de times ágeis e aceleração da maturidade.....	103
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>109</b>
5.1 Pesquisas futuras.....	110
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>112</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A digitalização em massa dos dados promovida pelo avanço e popularização da *internet* ocasionou uma democratização de diversos conteúdos, dentre eles os conceitos sobre melhorias de métodos e processos (Hurzhyu et al., 2021). Klaus Schwab, fundador e presidente executivo do Fórum Econômico Mundial, em seu livro de 2016 intitulado “A Quarta Revolução Industrial”, afirmou que é fundamental que cidades e países ao redor do mundo se concentrem em garantir o acesso e a utilização de tecnologias da informação e comunicação a todas as pessoas, a fim de promover um ambiente propício para a integração e conectividade das diversas tecnologias existentes na indústria moderna (Barros; Cesar, 2020).

O contato com novos processos, muitas vezes inovadores, promove a implementação de soluções mais eficientes para a administração das rotinas empresariais, entre elas, a gestão de projetos. Este cenário também fomenta um ambiente de desenvolvimento de novas tecnologias, elevando a discussão sobre formas aumentar a competitividade das empresas. Por sua vez, a competitividade a partir da inovação, é encarada, hoje em dia, não apenas como um fator de diferenciação entre a concorrência, mas também como um elemento essencial para a permanência de uma empresa no mercado em que atua (Hurzhyu et al., 2021). Os autores ainda enfatizam que, apenas empresas inovadoras no mercado contemporâneo são capazes de competir, e conseqüentemente, terem chances de sucesso.

A inovação é também um fator de alavancagem do desenvolvimento social e crescimento econômico dos países. No Brasil, muitas vezes devido à falta de incentivos do poder público, cabe à iniciativa privada estabelecer padrões mais altos quanto à aplicação da tecnologia, desenvolvendo maior competitividade no mercado e transformando a sociedade a partir da qualificação mais aprimorada dos colaboradores nas empresas (Barros; Cesar, 2020).

A melhoria contínua é um componente-chave do processo de manufatura enxuta, que visa identificar e eliminar desperdícios em todos os sistemas e processos de uma organização. Uma ferramenta amplamente utilizada para a gestão da melhoria é o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), criado por W. Edwards

Deming na década de 1950 e ainda válida na gestão de empresas de manufatura (Peças et al., 2021). Além do PDCA, na manufatura enxuta também se destacam algumas práticas de melhoria contínua como as auditorias de 5S, o Kaizen, gráficos de Pareto e diagramas de causa e efeito. Todas elas geram benefícios comprovados para as organizações, tais como a redução do tempo de espera dos projetos e de perdas na produção, e o aumento de taxa de vendas, margem de lucro, satisfação dos clientes e de funcionários, entre outros (Sharfuddin et al., 2018).

Um avanço no processo de implementação de melhorias, principalmente quando o nível de complexidade e de envolvimento de diversos agentes de transformação é elevado, foi a formalização do conceito de gestão de projetos e a consequente criação da figura do gerente de projetos. O conceito de gestão de projetos começou a ser mais amplamente estudado a partir dos esforços militares durante o período de Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética, na década de 1950, com a criação do *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) por parte do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, aprimorado pela empresa DuPont com seu modelo CPM (*Critical Path Method*) e posteriormente popularizado por Peter Drucker com seu conceito de gerenciamento por objetivos. Através do conceito de gestão de projetos como disciplina independente do desenvolvimento de produtos e processos, foi possível aprimorar a medição dos esforços relacionados à implementação de um determinado escopo, e a partir daí, pensar em métodos mais eficazes para entrega destes artefatos (Bagshaw, 2021).

Alternativas em gestão de projetos também são encontradas na literatura. Desde 1969, o *Project Management Institut* (PMI) tem contribuído com os conceitos de gestão de projetos através da composição do PMBOK, ou *Project Management Base of Knowledge*, que traz o embasamento e os métodos de gestão de projetos mais utilizados (PMI, 2022). Em 1997, o físico israelense Eliyahu M. Goldratt lança o método de corrente crítica para a gestão de projetos. Este método é baseado na teoria das restrições e se concentra na análise de recursos limitados (físicos ou humanos) para gerenciar a incerteza do projeto. A corrente crítica é usada principalmente em projetos complexos, onde há muitas dependências e riscos não só aleatórios, mas também desconhecidos (Anastasiu et al., 2023).

Nos Estados Unidos, após o término da Guerra Fria e a partir de publicações realizadas pelo governo norte-americano, popularizou-se no meio da gestão de projetos o termo VUCA, que remete às características do ambiente onde os projetos são desenvolvidos, sendo VUCA um acrônimo em inglês para volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade (Calvosa; Franco, 2022). O ambiente VUCA pode ser encarado como um causador das mudanças do paradigma gerencial com foco na busca de competitividade em meio à Quarta Revolução Industrial (Moura et al., 2023). No Quadro 1 são mostradas as características do ambiente VUCA.

Quadro 1: Características do ambiente VUCA

<i>Volatility</i> (Volatilidade)	Mudanças relativamente instáveis; informações estão disponíveis e o ambiente é compreensível, porém mudanças são frequentes e às vezes imprevisíveis.
<i>Uncertainty</i> (Incerteza)	A falta de conhecimento se um evento terá consequências significativas; causa e efeito são compreensíveis, mas é incerto se um evento irá gerar grandes impactos.
<i>Complexity</i> (Complexidade)	Muitas partes interconectadas formando uma rede elaborada de procedimentos e informações; muitas vezes multiforme e complicada, mas não necessariamente relacionada a mudanças.
<i>Ambiguity</i> (Ambiguidade)	A falta de conhecimento sobre 'as regras básicas do jogo'; causa e efeito são incompreensíveis e não há precedentes para a formação de previsões sobre o que esperar.

Fonte: Adaptado de Moura et al. (2023).

Mais recentemente, em 2012, o filósofo norte-americano Jamais Cascio, cunhou o termo BANI que remete a uma complementação do ambiente VUCA, agora adicionando aspectos relacionados às condições humanas em frente a cenários distópicos recentemente presenciados em ambientes de negócios. Tal

tipologia de cenário inclui o desastre de Fukushima, no Japão, a crise do agronegócio decorrente da guerra da Ucrânia e outras disrupções violentas causadas por fenômenos climáticos ou tragédias humanitárias. Tais reflexões ganharam maior significância após os eventos desencadeados pela pandemia da COVID-19. A pandemia, neste aspecto, foi um motivador para o desenvolvimento de diversas tecnologias que acabaram por gerar efeitos colaterais aos seus propósitos, principalmente no que se refere à digitalização da comunicação, a manutenção do distanciamento e o enfraquecimento das relações sociais (Calvosa; Franco, 2022). No Quadro 2 são mostradas as características do ambiente BANI.

Quadro 2: Características do ambiente BANI

<i>Brittle</i> (Fragilidade)	Fácil desconstrução dos sistemas, métodos e mecanismos organizacionais usuais; insegurança política e econômica; influência de crises, conflitos e guerras, locais e globalizadas.
<i>Anxious</i> (Ansiedade)	Estado instável nos relacionamentos e nos negócios; imprevisibilidade de eventos futuros; ansiedade devido ao perigo de perda de oportunidades; insegurança quanto à falta de conhecimento a respeito das últimas atualizações tecnológicas.
<i>Nonlinear</i> (Não-linearidade)	Falta de relações claras de causa e efeito; ações e resultados não condizem com consequências já experimentadas.
<i>Incomprehensive</i> (Incompreensibilidade)	Incapacidade de se ter uma visão completa do que está acontecendo; insuficiência de conhecimento para a tomada de decisões.

Fonte: Adaptado de Halushka (2023).

Estas condições, VUCA e BANI, refletem variabilidades e incertezas que estão presentes nas organizações e, no que tange a gestão de projetos, nas composições dos escopos de trabalho (Halushka, 2023). Quanto maior a duração de um projeto, mais exposto o escopo está a alterações de demandas e condições

destoantes àquelas inicialmente consideradas, o que pode envolver mais do que incerteza e risco, mas também emergência de situações não previstas inicialmente, típicas de ambientes complexos (Thesing et al., 2021).

É neste ambiente de alta complexidade, emergências, e com diversas variáveis de impacto, que surge o chamado manifesto ágil, no ano de 2001 ([www.agilemanifesto.org](http://www.agilemanifesto.org)) (Rolland et al., 2023). Nele, foi formalizada uma linha de pensamento que já vinha sendo implementada há alguns anos. No documento assinado por desenvolvedores de grandes empresas de *software* dos Estados Unidos, foram formatados valores e princípios a fim de se implementar projetos visando agregar valor mais rapidamente aos artefatos gerados, dispensando burocracias e desperdícios (Pacagnella Junior; Da Silva, 2023).

Antes mesmo da publicação do manifesto ágil, Jeff Sutherland e Ken Schwaber já trabalhavam em um modelo de gestão de projetos que continha os princípios que basearam o movimento. Eles idealizaram o método chamado *Scrum* com o intuito de estruturar as entregas parciais dos projetos que possam, de certa forma, serem usadas pelos clientes. No *Scrum*, trabalha-se com as figuras do *Product Owner*, defensor da necessidade do projeto, *Scrum Master*, defensor do método do projeto, e time de desenvolvimento. Com o *framework* do *Scrum*, podem-se receber *feedbacks* constantes dos clientes através de ciclos chamados de *sprints*, gerando mais confiança quanto à qualidade da entrega do projeto. O método também busca gerar uma maior interação entre os membros do time de implementação do projeto. Ele se baseia no conceito fundamental de igualdade, autonomia e autoridade compartilhada, gerando um conflito positivo de ideias que fomenta a criatividade individual e a inovação coletiva (Sutherland, 2014).

Além do *Scrum*, cresce a adoção, a partir dos anos 2000, de diversos outros métodos e ferramentas baseados no conceito de método ágil de gestão de projetos. Hoje em dia, o conceito é altamente difundido não somente no desenvolvimento de *softwares*, mas em diversos outros segmentos como construção civil, manufatura, educação, projetos sociais, entre outros. Neste contexto, a escolha do método de gestão de projetos a ser adotado e as implicações decorrentes do seu uso figuram como elemento-chave para a execução da estratégia de uma empresa. Difundidos

mais explicitamente a partir da versão 7 da base de conhecimento de gestão de projetos, o PMBOK, os métodos de gestão de projetos ágeis têm se destacado por serem capazes de direcionar ações efetivas em ambientes cada vez mais complexos e voláteis (PMI, 2022).

A popularização do *Scrum* tem acontecido rapidamente nos últimos anos. Estima-se que o *Scrum* seja o método de gestão ágil mais utilizado até o começo dos anos 2020 (Hassanein; Hassanien, 2020). Entretanto, aplicações diferentes daquelas onde o método foi originalmente criado requerem adaptações. Esta customização se torna mais presente em projetos que não são relacionados ao desenvolvimento de *software* (Hron; Obwegeser, 2022).

Mesmo com os avanços sobre o método de gestão dos projetos, a gestão de times ainda figura como um fator determinante no sucesso de times ágeis (Bond-Barnard et al., 2018). Fatores como acesso a recursos, ambiente de trabalho, reconhecimento e propósito figuram como pontos motivadores para que os membros de equipes busquem alta performance na execução de seus projetos (Nguyen, 2016). Entretanto, sabe-se que a manutenção da moral de uma equipe é uma tarefa de extrema complexidade tratando-se de pessoas com conhecimentos, experiências e ambições diferentes trabalhando em um mesmo time (Mani; Mishra, 2020).

Aspectos anímicos geram impactos significativos na performance de times de projetos e afetam ainda mais os times que trabalham sob modelos ágeis de gestão de projetos, uma vez que a velocidade e a intensidade de tomadas de decisão configuram um ambiente de alto estresse. Neste ambiente, é preciso garantir que os times estejam altamente engajados, com propósitos claros e imersos em uma cultura onde a transparência nas tomadas de decisões seja constante (Patrucco et. al., 2022).

Os desenvolvimentos de competências pessoais e de comportamentos relacionados a times de trabalho ocorrem mediante estímulos e estão ligados ao fator do tempo. Um estudo relacionado à maturidade dos times e consequências nas performances de times que utilizam *Scrum* demonstra que há uma forte correlação entre habilidades interpessoais e como os times ágeis trabalham. Cada papel dentro da organização do *Scrum* tem melhores resultados uma vez que seja

desempenhado por indivíduos cujas competências e habilidades estejam plenamente desenvolvidas (Gren et al., 2019).

Com a crescente adoção de times que trabalham remotamente, há uma preocupação especial quanto ao processo de evolução como equipe em que estão submetidos a fim de alcançarem a maturidade necessária para gerarem entregas de alta performance (Lin; Roan, 2022). Fica particularmente evidente que o estágio de maturidade das equipes, sejam elas atuando de forma presencial ou remota, depende de fatores motivacionais. A construção de um time que entregue dentro da expectativa de prazo e com qualidade esperada é um fator-chave de sucesso na indústria (Solomon, 2020).

Com foco nos aspectos que influenciam a construção de times e relacionamento entre indivíduos na busca de objetivos comuns, o psicólogo norte-americano B. W. Tuckman desenvolveu um modelo conceitual que visa explicar o ciclo de vida de um time de trabalho, dividindo os momentos característicos em estágios: construção, alinhamento, crescimento de performance e estabilização (Kamaludin et al., 2022). Este modelo, desenvolvido na década de 60, é um modelo de evolução de times que, devido a sua simplicidade, foi alvo de diversos estudos justificando sua ampla utilização (Taborga, 2018).

No primeiro estágio, formação, os membros da equipe testam sua dependência e a estrutura geral do grupo. Este é também o estágio em que eles se orientam para a tarefa em questão, incluindo objetivos, papéis, responsabilidades e estratégias de ação. No segundo estágio, conflito, os membros expressam uma resistência à influência do grupo, podendo resultar em conflito. É também neste estágio que é demonstrada uma resposta emocional ao peso da tarefa. Durante a normalização, o terceiro estágio, os membros da equipe experimentam uma abertura uns para os outros, resultando na coesão da equipe. É neste estágio que as normas da equipe se estabelecem, e os papéis e responsabilidades se definem. Além disso, no terceiro estágio, a equipe troca livremente informações, incluindo opiniões, e a colaboração real acontece. No quarto estágio, realização, a equipe está no auge de sua performance. Os papéis neste estágio são mais fluidos e a estrutura da equipe apoia o desempenho da tarefa. É também no quarto estágio que as atividades da

tarefa aproveitam muito a interdependência, canalizando a energia do grupo para soluções inovadoras e acelerando a conclusão da tarefa. No encerramento, o quinto e último estágio, os membros da equipe são desligados do projeto experimentando ansiedade de separação, tristeza e sentimentos fortes em relação aos outros membros e ao líder da equipe. O quinto estágio é tipicamente um de autorreflexão, tanto no nível individual quanto no de equipe (Zoltan; Vancea, 2016). Os 5 estágios do modelo de Tuckman são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3: Fases de desenvolvimento de equipes conforme o modelo de Tuckman

Fase	Estágio
1	Formação ( <i>Forming</i> )
2	Conflito ( <i>Storming</i> )
3	Normalização ( <i>Norming</i> )
4	Realização ( <i>Performing</i> )
5	Encerramento ( <i>Adjourning</i> )

Fonte: Adaptado Zoltan; Vancea (2016).

O modelo de Tuckman tem sido usado em estudos e avaliações de times ágeis, especialmente em times *Scrum*, em função do dinamismo na construção de equipes destinadas ao rápido desenvolvimento de soluções tecnológicas (Gren et al., 2019).

Após mais de 50 anos, o tema segue sendo estudado e gerado diversos *insights* que contribuem para a evolução dos estudos a respeito da construção e desenvolvimento de times. Críticas quanto a subjetividade relacionada aos critérios de trocas de fases e efeitos gerados por fatores como cultura, localização e tamanho das equipes, corroboram com o tema e geram estudos adicionais sobre métodos lineares de avaliação de equipes (Taborga, 2018).

## 1.1 Tema de pesquisa

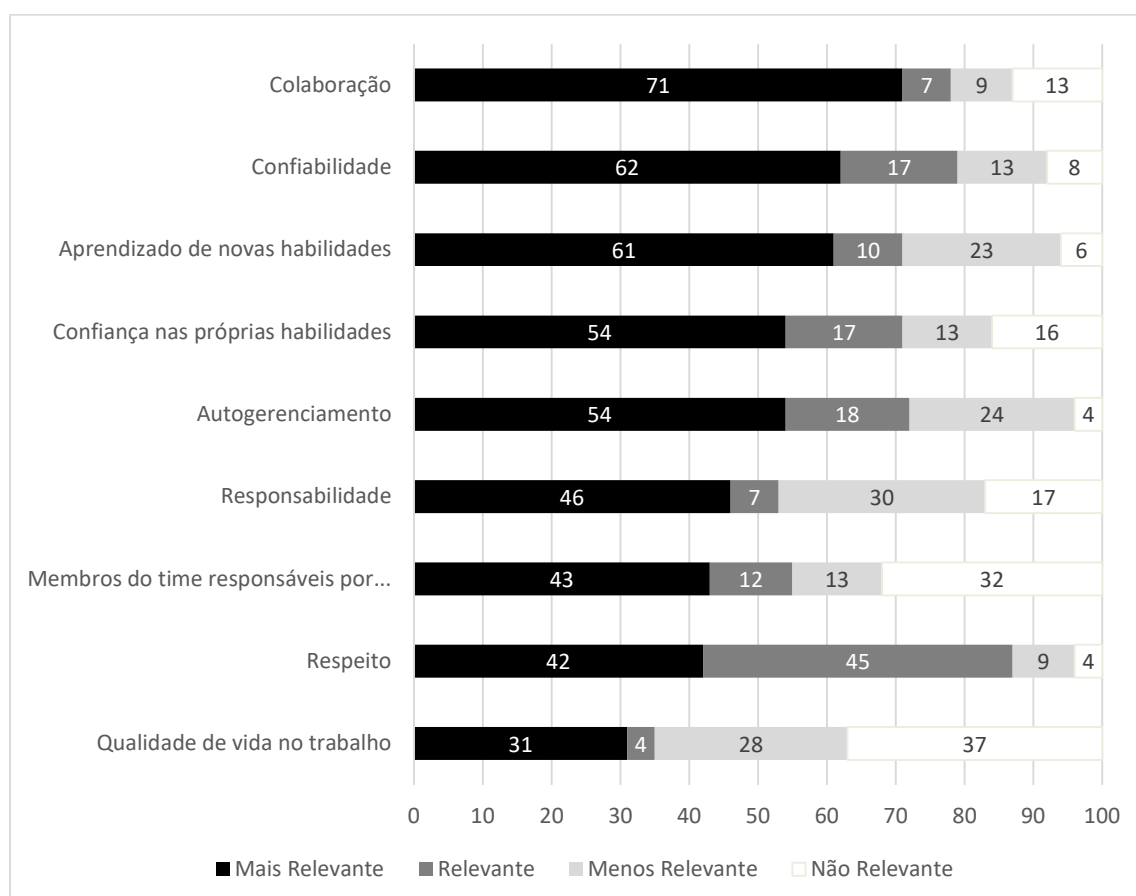
O tema de pesquisa deste trabalho está focado na aplicação prática do modelo de Tuckman em ambientes de desenvolvimento de projetos de manufatura



que utilizam o *Scrum* como modelo de gestão. O modelo de comportamento de times formatado por Tuckman ainda hoje é utilizado para classificar os estágios de maturidade das equipes. Além disso, ele é base de diversos estudos e publicações contemporâneas buscando entender comportamentos e correlações entre esses estágios de maturidade e entregas dos times de trabalho, sejam elas relacionadas a performance, inovação ou outra característica desejada pela empresa (Jovanovic et al., 2016).

Há ainda outros fatores que indicam uma alta maturidade do time. Em pesquisa realizada com empresas que trabalham com times ágeis, fatores como colaboração, confiabilidade, aprendizado e confiança figuram como indicativos de que os times atingiram um nível alto de maturidade (Moyo et al. 2021). Tais fatores são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Características de maturidade em times ágeis



Fonte: Adaptado de Moyo et al. (2021).

A correlação entre a maturidade e eficiência em times *Scrum*, é notória pelos resultados evidenciados (Moyo et al. 2021). A formação do time para trabalhar em um projeto usando um método ágil, muitas vezes, também é feita de forma ágil. Na medida que surge a necessidade de implementação de uma solução, buscam-se os melhores profissionais para atuarem naquele desenvolvimento. Esta busca tipicamente ocorre considerando os recursos internos, apesar de cada vez mais haver a composição de times compostos por profissionais internos e externos à organização (Ciric et al, 2018). A composição dos times e as habilidades dos seus membros é determinante para a performance das equipes ágeis (Baumgart et al., 2015).

A busca de soluções que sejam entregues rapidamente por times que se adaptem em função de refinamentos ou alterações do escopo não é uma exclusividade para ambientes de desenvolvimento de *software*, onde foi originalmente desenvolvido o *Scrum*. Na indústria de manufatura as variáveis as quais os projetos estão expostos são tão impactantes quanto na indústria de *software* (Ciric et al, 2018).

A popularização do uso de *Scrum* em indústrias não relacionadas a *software* vem crescendo ano a ano (Hron; Obwegeser, 2022). Muito se deve à propaganda, estimulada pelos próprios autores do método. Com o *slogan* “A Arte de Fazer o Bom do Trabalho na Metade do Tempo”, título do livro publicado pelo próprio Jeff Sutherland no ano de 2014, além de explicar o método e a sua origem, incentiva o uso do mesmo em qualquer indústria, salientando que é uma forma inovadora de canalizar as energias dos times a ponto de duplicar as suas performances de entrega dos projetos (Sutherland, 2014). Estima-se que hoje, o *Scrum* seja o método ágil mais utilizado no desenvolvimento de novos produtos (Hron; Obwegeser, 2022).

Entretanto, há alguns fatores a serem considerados para uma análise mais aprofundada sobre o tema. Características físicas dos produtos como resistência e durabilidade figuram como fatores importantes durante o andamento das *sprints* de desenvolvimento de produtos físicos. A respeito de implementações de novos processos, as *sprint reviews* são capazes de fazer algumas simulações, porém,

devido à natureza dos processos, apenas na prática é possível validar se ele é eficiente ou não (Hendler, 2020).

Tais características muitas vezes levam as empresas a buscarem adaptações em relação ao método originalmente desenhado por Jeff Sutherland e Ken Schwaber. Defensores da utilização do método original, dentre eles o próprio Ken Schwaber, se deparam com uma crescente implementação de formas customizadas para diferentes ambientes, sejam eles em função do tipo de indústria, demografia dos times de trabalho ou tipos de projeto aos quais os times estão envolvidos (Hron; Obwegeser, 2022).

## 1.2 Problema de pesquisa

Projetos de melhoria em empresas de manufatura possuem riscos. Estes riscos precisam ser analisados, eliminados, reduzidos, mitigados ou aceitos. Os riscos podem ser relacionados ao escopo, ambiente ou aos recursos destinados para a sua execução. O time do projeto é um recurso fundamental que precisa ser bem gerenciado para que o projeto tenha mais chances de sucesso (Mulbauer; Murray, 2024). Através dos estudos de Tuckman, sabe-se que a performance de um time é um processo que segue em etapas até o atingimento de seu máximo grau de maturidade (Kim et al., 2022). Neste aspecto, performance do time de projeto está diretamente relacionada à capacidade da empresa em entregar o escopo, e consequentemente gerar o valor buscado pelo projeto (Solomon, 2020).

O conhecimento sobre a expectativa de tempo para que um time atinja sua taxa máxima de performance, saindo da fase de normalização (*norming*) para a de realização (*performing*), pode servir de base para a avaliação do amadurecimento da equipe. Entender como um time está se desenvolvendo e contar com formas de medir sua maturidade auxilia o gestor a buscar soluções para sustentar o ganho de performance dos times (Solomon, 2020).

Neste contexto, faz-se a seguinte pergunta de pesquisa: em que momento um time ágil, que opera utilizando o método *Scrum*, atinge a maturidade no ciclo de vida de um projeto, maximizando a performance de entrega por *sprint*?

### 1.3 Justificativas acadêmicas e econômicas

Sobre a ótica acadêmica, observa-se uma busca crescente sobre a gestão de projetos ágeis com a publicação de um número significativo de trabalhos acadêmicos. Realizando uma pesquisa quantitativa na base de dados Google Scholar, em agosto de 2024, encontrou-se um número significativo e crescente de publicações utilizando os termos de pesquisa "*agile*" e "*project management*". Como o ano de 2024 estava em andamento quanto da época da pesquisa, a produção deste ano foi omitida, para equilíbrio da comparação. A Tabela 1 mostra o dados encontrados na busca.

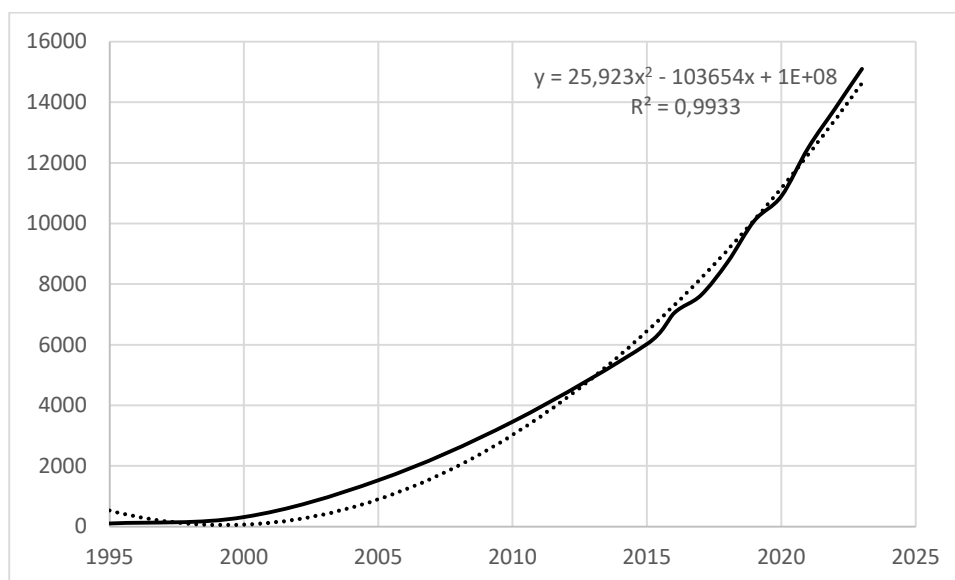
Tabela 1: Publicações com o termo "*agile*" e "*project management*" na base Google Scholar entre 1995 e 2023

Ano	Aproximação de ocorrências geradas pelo buscador
1995	103
2000	316
2005	1.530
2010	3.470
2015	6.030
2016	7.050
2017	7.630
2018	8.730
2019	10.100
2020	10.900
2021	12.500
2022	13.800
2023	15.100
Total	97.259

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nota-se que há uma maior quantidade de trabalhos após a publicação do manifesto ágil no início dos anos 2000. No Gráfico 1 é possível perceber que o crescimento do número de trabalhos publicados sobre o tema segue a uma taxa que cresce conforme um modelo polinomial positivo, dado pela aproximação polinomial de segunda ordem ( $25,923x^2 - 103654x + 10^8$ ) o que demonstra que este ainda é um tema a ser explorado. A tendência é de crescimento mais do que linear no total de conteúdo gerado.

Gráfico 1: Tendência do número de publicações com o termo “*agile*” e “*project management*” na base Google Scholar entre 1995 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Mesmo com tantos trabalhos disponíveis sobre o tema, encontra-se uma lacuna na literatura. Através da busca dos termos “maturidade” ou “performance” e “scrum”, os resultados são trabalhos conceituais sem embasamento empírico. Desta forma, faltam estudos que apresentem resultados objetivos e concretos a respeito da velocidade e do momento em que um time *Scrum* atinge a sua máxima performance. Além disso, que demonstrem o método a ser usado para medir a maturidade dos times *Scrum*.

Sob a perspectiva econômica, a crescente utilização do *Scrum* na indústria é evidenciada através da pesquisa da página da *internet State of Agile* que publica

todos os anos indicadores sobre a utilização dos métodos ágeis nas companhias. A edição número 17 publicada em 2023 contou com 788 respostas de profissionais de diversas indústrias e setores, distribuídos em localidades diferentes no mundo. Nesta pesquisa foi apresentado que 63% destes profissionais já utilizam o *Scrum* nos seus trabalhos (*State of Agile*, acessado em 13 de agosto de 2024).

Na mesma pesquisa citada anteriormente é destacado que 28% das empresas utilizam o *Scrum* em áreas de operações (*State of Agile*, acessado em 13 de agosto de 2024).

A popularização do método *Scrum* abriu espaço para a sua utilização em ambientes diferentes do desenvolvimento de *software* ao qual foi originalmente desenvolvido conforme estudos de diversos autores como Hendler (2020), Cano et al. (2021) e Hron; Obwegeser (2022). No contexto da indústria de transformação brasileira, foco desta pesquisa, nota-se que ela vem perdendo significância no montante das riquezas geradas do país a partir do ano de 1985, conforme a Figura 2 (Morceiro, 2021).

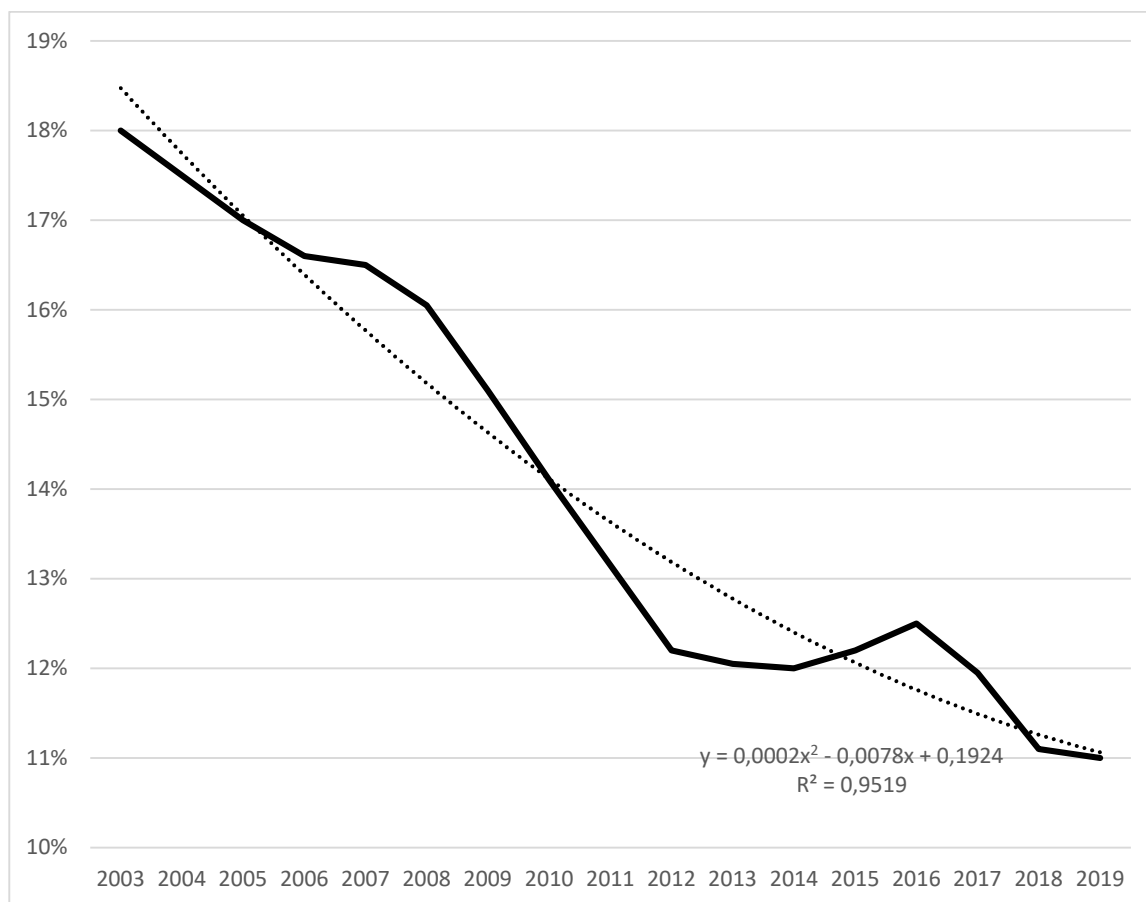
Figura 2: Indústria de transformação (% do PIB), Brasil, 1947-2019, a preços correntes



Fonte: Morceiro (2021).

Até o ano de 1985 houve uma expansão da indústria de transformação através de políticas públicas que fomentaram o crescimento da manufatura brasileira. Na metade da década de 1980, com a alta inflação e a queda nos investimentos públicos, a indústria retraiu e os setores de serviço passaram aumentar sua significância nas riquezas brasileiras. Em 1997 com a abertura do mercado para compra de máquinas e tecnologias do exterior houve um aumento na produtividade interna elevando a indústria até o início dos anos 2000. Neste momento, com a estabilização da moeda, concorrência com produtos importados e a participação crescente do agronegócio no PIB nacional, a indústria se manteve resignada a patamares de desaceleração em frente a outros setores da economia (Morceiro, 2021). Na Figura 3 é mostrada a tendência de queda da participação da indústria no PIB brasileiro a partir do ano 2003 como fruto da falta de competitividade em comparação a produtos importados.

Figura 3: Decréscimo da participação da indústria de transformação (% do PIB), Brasil, 2003-2019, a preços correntes



Fonte: Adaptado de Morceiro (2021).

Conforme Sutherland (2014), o *Scrum* é capaz de aumentar significativamente a produtividade de equipes, em muitos casos, comprovados pelo autor, em duas vezes mais do que a equipe estava acostumada (Sutherland, 2014). Sendo assim, a utilização do *Scrum* deve contribuir para o aumento da produtividade da indústria de manufatura brasileira, acelerando o seu crescimento e aumentando a sua participação na geração de riquezas para o país. A aplicação prática dos estudos realizados por Tuckman no contexto de formação de equipes ágeis em projetos de manufatura que utilizam *Scrum* contribuirá para uma avaliação assertiva sobre a maturidade dos times, dando às empresas a capacidade de uma tomada de ação mais rápida para corrigir eventuais ineficiências nos processos de desenvolvimento



das melhorias que os times estão trabalhando, promovendo uma maximização de valor gerado para a indústria brasileira.

A partir do exposto, justifica-se o tema desse projeto pelos seguintes argumentos:

- necessidade de fechar a lacuna existente na literatura a respeito do *Scrum* sobre a falta estudos que quantifiquem o tempo para a chegada no estágio de maturidade de times ágeis;
- possibilidade de oferecer às empresas que trabalham com projetos ágeis em times de *Scrum* a oportunidade de replicar o método de medição e avaliação da maturidade a fim de auxiliar no controle e desenvolvimento dos times e antecipar divergências em relação à performance esperada;
- maximização das entregas dos times de projetos ágeis de melhorias em manufatura a fim de alavancar a lucratividade e competitividade da indústria brasileira;

## 1.4 Objetivos

Seguem o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho, respectivamente.

### 1.4.1 Objetivo geral

Construir um modelo probabilístico, a partir de análises matemáticas, sob a performance de entregas de um time ágil que atua em desenvolvimento de soluções de manufatura e melhoria de qualidade de produtos, a fim de prever quando este time deve atingir sua fase de maturidade.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- Propor um método de modelagem matemática para avaliação de maturidade de times ágeis através de dados históricos da empresa de estudo utilizando um *software* de regressão não-linear.
- Analisar os resultados obtidos através do modelo matemático probabilístico de estimação do ponto de maturidade das equipes ágeis.
- Propor formas de aceleração da maturidade e prevenção ao declínio de performance de times ágeis.

#### 1.5 Delimitação do trabalho

A construção do modelo probabilístico utiliza dados gerados em uma empresa de manufatura de máquinas e equipamentos, que atua no Brasil. Tal empresa possui unidades no Rio Grande do Sul e em São Paulo. Em ambas as unidades são conduzidos projetos ágeis em ambiente de manufatura utilizando o método *Scrum*.

Os projetos utilizados neste trabalho foram selecionados por terem sido executados sob métricas de performance equiparáveis e coerentes entre si. Em função da baixa quantidade de projetos equiparáveis disponíveis, uma análise probabilística mais detalhada não se torna viável segundo a estratégia atual de pesquisa, que é o estudo de caso. Portanto, a principal extração que se espera desta dissertação são hipóteses plausíveis a serem verificadas por estudos mais abrangentes a longo do tempo e de preferência envolvendo mais empresas da mesma indústria. Para tanto, é sugerida a coleta de dados de mais projetos como continuidade do estudo no capítulo final. Nestes casos pode-se usar a estratégia do estudo de múltiplos casos, envolvendo múltiplas empresas, ou da *survey*, envolvendo uma amostragem probabilística relacionada a toda uma indústria e suas ramificações, tais como clientes e fornecedores.

Dados relacionados aos membros dos times de projeto são preservados em acordo com leis de gestão e armazenamento de dados pessoais em vigor.

Uma limitação deste estudo é o fato que foi circunscrito a uma única empresa e a um conjunto limitado de projetos similares desenvolvidos no mesmo ambiente.

Portanto, a contribuição principal deste estudo inclui a análise do caso particular em estudo e a sugestão de uma metodologia que possa ser replicada a outros casos, de mesmo porte ou de maior porte. Não é objetivo deste estudo chegar a um modelo generalista que possa ser aplicado a toda e qualquer empresa e a todo e qualquer tipo de projeto gerenciado pelo modelo de Tuckman ou pelo método SCRUM.

## 1.6 Estrutura do trabalho

A fim de facilitar o entendimento dos temas abordados, nesta seção são explicadas as divisões por capítulos e os conteúdos neles desenvolvidos.

No Capítulo 1 – Introdução, o tema em estudo foi apresentado em linhas gerais, com uma contextualização do impacto e a importância da gestão ágil de projetos e a inovação na indústria, assim como a definição do problema de pesquisa, justificativa, objetivo geral e objetivos específicos. A delimitação do trabalho, estabelece as restrições do estudo, esclarecendo ao leitor o que não está considerado no escopo do presente trabalho.

No Capítulo 2 – Referencial Teórico, é feita uma contextualização sobre a gestão de projetos e sua evolução. São revisados, brevemente, um histórico sobre gestão de projetos, desde a criação do conceito clássico com a introdução do modelo em cascata e suas variações até o surgimento dos métodos ágeis. Este entendimento é importante para posicionar o leitor quanto aos fatores que motivaram a propagação do uso dos métodos atuais. Dentro do contexto de métodos ágeis de gestão de projetos é dada uma ênfase no método *Scrum* por estar diretamente relacionado ao tema de pesquisa. É dada visibilidade, então, aos conceitos de gestão de projetos ágeis em ambientes de manufatura, também para embasar o tema de pesquisa. Ainda colaborando com o entendimento do tema de pesquisa, é revisado o conceito do Modelo de Tuckman, com suas implicações em projetos ágeis.

No Capítulo 3 – Método de Pesquisa, é apresentado o método utilizado para a elaboração deste trabalho. Neste capítulo explica-se, detalhadamente, as etapas seguidas na pesquisa a fim de tornar clara a possível replicação do estudo e corroborar com as melhorias recomendadas no capítulo 5.

No Capítulo 4 – Análise e Discussão dos Resultados, é apresentada a empresa de estudo e seus métodos para gerenciar projetos de manufatura através do *Scrum*. São apresentados os resultados de performance, através das curvas de entregas de pontos de *sprints*, de quatro times ágeis. Cada equipe e projeto que compõe o estudo é apresentado a fim de contextualizar o ambiente em que foi submetido e que, de certa forma, impactou a curva de performance evidenciada. São apresentados também os cálculos matemáticos utilizados na análise a fim de identificar os pontos de maturidade de cada equipes. Em face aos dados obtidos é desenhado um modelo probabilístico a ser considerado nas condições analisadas. Por fim, são feitas discussões sobre ações preventivas ao declínio da taxa de entrega de tais times e aspectos relacionados à aceleração da maturidade das equipes para maximizar os resultados entregues por elas.

E por fim, no Capítulo 5 – Conclusão, é feita uma rápida recapitulação sobre os conteúdos abordados, são apresentadas as considerações finais e é realizado o fechamento do trabalho. Neste capítulo são realizadas algumas críticas ao trabalho atual e recomendadas melhorias visando a continuidade do estudo em futuros trabalhos sobre o tema.

Ao final, são listados os trabalhos que foram usados como referência teórica e considerados durante o desenvolvimento deste estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fim de embasar o desenvolvimento deste trabalho, é importante retomar conceitos básicos sobre a gestão de projetos. Na seção 2.1 é apresentada uma contextualização sobre o surgimento da disciplina de gestão de projetos. Nas seções 2.2 e 2.3 são revisitados grandes métodos de gestão, o PERT / CPM e o CCPM. Na seção 2.4 é apresentado o manifesto ágil como uma introdução aos conceitos de métodos de gestão de projetos ágeis a fim de fazer o contraponto à gestão linear com escopo pré-definido presente nos métodos PERT / CPM e CCPM. Em seguida, na seção 2.5 é apresentado o método *Scrum* por se tratar de um método amplamente utilizado na atualidade e fazer parte do tema deste trabalho. Na seção 2.6 é explorada uma variação do *Scrum* para projetos maiores, o chamado escalonamento do *Scrum*. É destacado em seguida o método *kanban* na seção 2.7. Na seção 2.8 é apresentado o modelo híbrido, uma fusão entre a gestão de projetos linear e métodos ágeis. Na seção 2.9 são apresentados outros métodos ágeis como demonstração das diversas formas de utilização do conceito ágil. Na seção 2.10 é contextualizada a gestão de projetos ágeis no ambiente de manufatura, como introdução para a seção 2.11 em que se explora a utilização do modelo de Tuckman juntamente às aplicações do método *Scrum*. Na seção 2.12 são explorados modelos matemáticos probabilísticos. Por fim, na seção 2.13 são feitos comentários sobre a utilização do referencial teórico apresentado neste capítulo.

### 2.1 A gestão de projetos

De acordo com o Project Management Institute, um projeto é “um grupo de atividades temporárias designadas a produzir um produto, serviço ou resultado singular” e a gestão de projetos é “a aplicação de conhecimentos, habilidade, ferramentas e técnicas para gerir atividades a fim de entregar os requerimentos do projeto” (PMI, 2022).

Ainda que haja estudos inovadores sobre o tema de gestão de projetos, é de notório conhecimento que atividades de projetos existem há muitos séculos. Projetos como as pirâmides de Gizé ou a Grande Muralha da China figuram como feitos

extraordinários da engenharia humana e contaram com extenso planejamento e controle de execução (Seymour; Hussein, 2014).

A gestão de projetos como se conhece atualmente vem evoluindo constantemente e rapidamente desde então. Conforme Chiu (2010), existem dois autores que se destacam, quase que simultaneamente, como pais da gestão de projetos: Henri Fayol, engenheiro francês que viveu entre 1841 e 1925, e Henri Gantt, engenheiro norte-americano, que viveu entre 1861 e 1919. Enquanto Fayol ficou conhecido pela identificação de cinco responsabilidades básicas do gestor (planejamento, organização, comando, coordenação e controle), Gantt destacou-se como articulador do método de identificar tarefas, projetá-las conforme sua duração e sequenciá-las em uma linha de tempo conhecida como gráfico de Gantt. Tais métodos se tornaram extremamente populares durante a Segunda Guerra Mundial, apesar de saber-se que a combinação dos conceitos e sua publicação original do ocorreu em 1896, pelo economista polonês Karol Adamieckic, chamada de Harmonograma, e que não ficou conhecida no mundo ocidental devido a ter sido realizada nos idiomas polonês e russo (Seymour; Hussein, 2014).

De acordo com Kwak (2003), existem quatro períodos que definem a gestão de projetos moderna: antes de 1958, de 1958 a 1979, de 1980 a 1994 e de 1995 até os dias atuais. O primeiro período se refere ao momento em que o tema foi estudado e passou a contar com o método científico na busca de sua otimização a partir dos anos 1900. O grande marco deste período está na criação do CPM (*Critical Path Method*) inventado pela DuPont em 1957 em sua busca de reduzir o tempo de *setup* de suas plantas de produção de produtos químicos e no PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) criado pela marinha norte-americana em 1958 para o projeto Polaris, projeto este que buscava desenvolver um sistema de lançamento de mísseis através de submarinos durante a Guerra Fria.

O segundo período, de 1958 a 1979, foi marcado pelo crescimento da tecnologia e aplicação de ciências de gestão. Neste período surgem o IPMA (*International Project Management Association*) em 1965 na Suíça e o PMI (*Project Management Institut*) em 1969 nos Estados Unidos. Este período culmina no sucesso do projeto Apolo gerido pela agência espacial norte-americana, a NASA.

O terceiro período, de 1980 a 1994, se destaca pela digitalização das informações a partir do advento dos computadores pessoais. Este foi o momento em que a tecnologia de informação deu espaço para a gestão de projetos complexos em menor tempo de duração. São criados softwares de gestão de projetos que auxiliam na gestão de recursos. O método PRINCE (*Projects in Controlled Environment*) é criado e é lançada a base de conhecimentos de gestão de projetos pelo PMI, o PMBOK (*Project Managemet Base of Knowledge*) em 1987. Exemplos de projetos significativos como a construção do canal entre a Inglaterra e França e a criação da estação espacial internacional ocorreram neste período.

O quarto e último período citados pelo autor inicia no momento proliferação de métodos novos, como a criação do PRINCE2 em 1996, evolução do modelo PRINCE utilizado principalmente para a gestão de projetos de *softwares* e pela introdução do conceito de Corrente Crítica em 1997, trazido pelo físico israelita Eliyahu Moshe Goldratt. Neste período também surge o manifesto ágil, em fevereiro de 2001, com conceitos inovadores de gestão de projetos com foco na maximização da entrega de valor durante o desenvolvimento de *softwares* (Kwak, 2003).

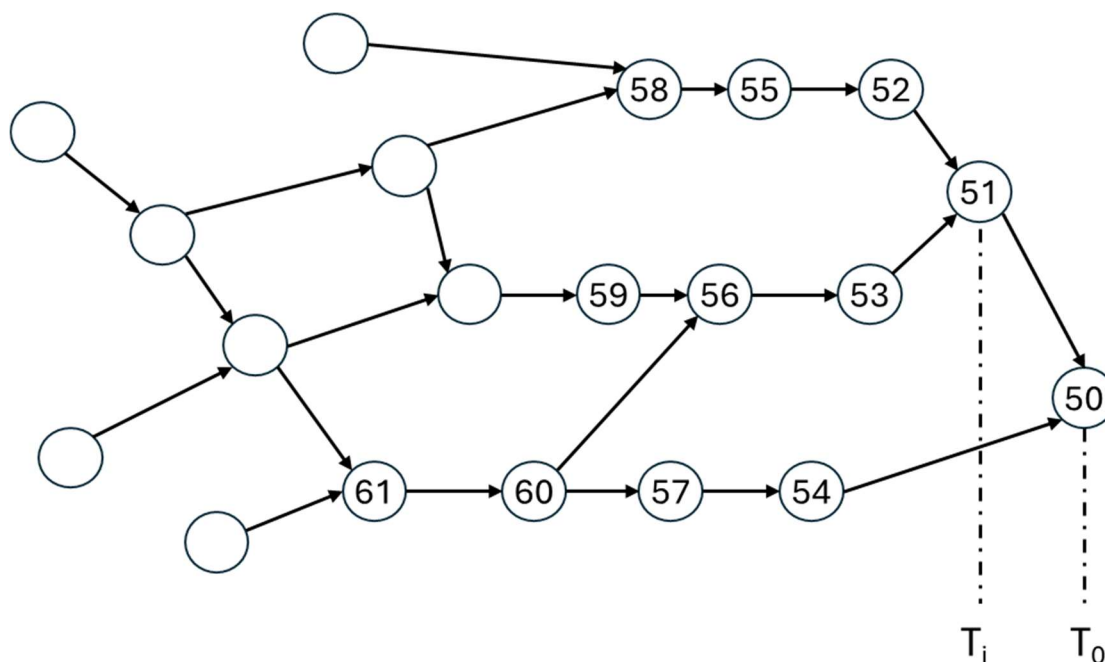
## 2.2 Modelo PERT

Inicialmente intitulado como *Program Evaluation and Review Task* e mais tarde renomeado para *Program Evaluation and Review Technique*, o PERT é um método de planejamento e controle de tarefas destinado a projetos de grande complexidade. O PERT foi desenvolvido em 1958 durante os esforços militares da Guerra Fria pelo Escritório de Projetos Especiais da marinha norte-americana (Fazar et al., 1959). A aplicação do método possibilitou o desenvolvimento de um sistema balístico de lançamento de mísseis a partir de submarinos em três anos, no ano de 1960. Este foi um tempo significativamente menor do que o estimado originalmente e trouxe grande popularidade para o método após sua publicação (Engwall, 2012).

No método, são criadas redes de atividades necessárias para a realização do projeto, estabelecendo-se uma relação de dependências entre elas, e pontos de referência, ou *milestones*, que auxiliam no controle das etapas do projeto. Ele é formado por um diagrama de atividades sequenciadas dando visibilidade para as

possíveis consequências em caso de atrasos ou antecipações. No exemplo abaixo, o autor demonstra um diagrama de sequenciamento do PERT onde os pontos de referência 50 e 51 possuem uma relação de precedência e a diferença entre os momentos  $T_0$  e  $T_i$  define o tempo de duração da atividade, conforme a Figura 4.

Figura 4: Diagrama de sequenciamento do PERT



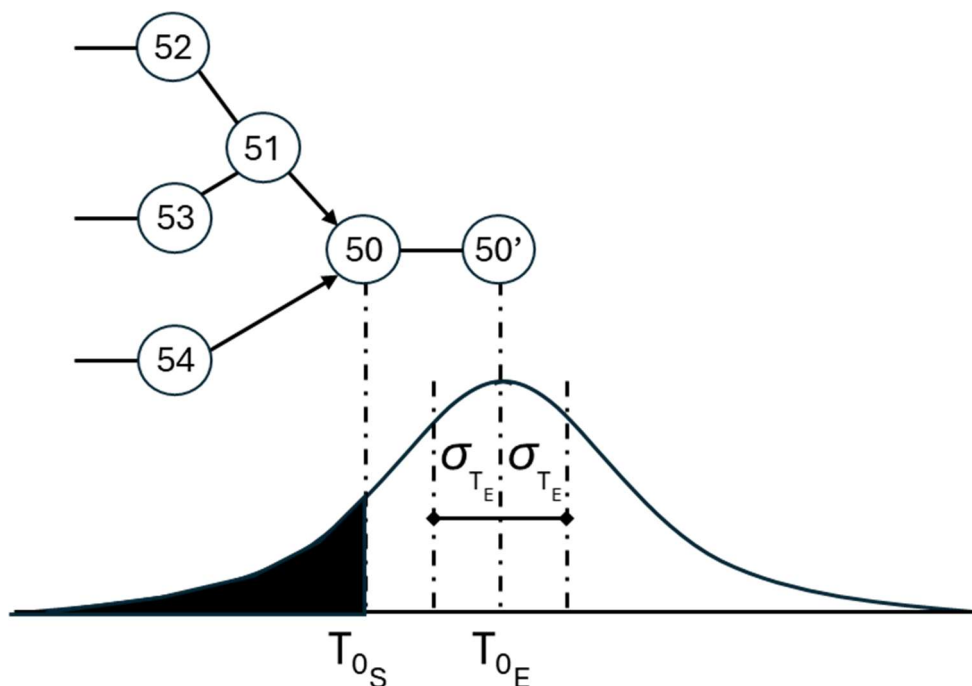
Fonte: Adaptado de Fazar et al. (1959).

Concomitantemente à publicação do artigo seminal de Fazar, em 1962 foi publicado o livro do Departamento de Defesa e Agência Nacional de Aviação Norte-americana (NASA) intitulado *PERT/COST System Guide*, apresentando a WBS, ou *work breakdown structure*, no Brasil conhecido como EAP, ou Estrutura Analítica do Projeto. Esta ferramenta auxilia na identificação de pacotes de entregáveis maiores e nas suas subdivisões até o nível da tarefa que pode ser quantificada em função do seu tempo de duração (Engwall, 2012).

Neste diagrama, também são estabelecidos os tempos de duração das atividades, de forma a, graficamente, ter-se a possibilidade de identificar principalmente as atividades com maior duração (que conseqüentemente podem necessitar de mais recursos) conforme Figura 5.



Figura 5: Estimativa e probabilidade de atingimento de  $T_0$



Fonte: Adaptado de Fazar et al. (1959).

É utilizada também uma forma de estimar o tempo de duração das tarefas. Considera-se o cenário de tempo mais provável, o otimista e o pessimista. A partir da análise sobre as estimativas é possível controlar através da execução das atividades as margens de acertos, auxiliar na tomada de decisões, calcular probabilidades de êxito nos projetos e estabelecer estatísticas para melhorar as previsões de novos projetos (Fazar et al., 1959).

Uma outra ferramenta que é comumente utilizada em conjunto com o PERT é o CPM, ou *Critical Path Method*. O CPM propicia uma análise quanto ao caminho crítico de um projeto, ou seja, a rede de atividades que, em caso de atraso, impactam diretamente na entrega do projeto. O CPM foi criado antes do PERT, por Morgan R. Walker da DuPont e James E. Kelley Jr., da Remington Rand. O CPM ganhou notoriedade após 1943 em função do seu uso no Projeto Manhattan, que originou a primeira bomba atômica. De certa forma, os conceitos de PERT e

CPM se fundem e são aplicados simultaneamente na gestão de projetos (Baker; Trietsch, 2011).

Mais recentemente, em 2011, foi apresentado o método PERT 21 como uma evolução do PERT-CPM e uma resposta aos sistemas de suporte à decisão (DSS) em uso para estimativas de duração de tempos de atividades em projetos. O PERT 21 é também chamado de PERT do século XXI e se baseia em análise estocástica de dados baseados em dados validados e de maior relevância. Enquanto o CPM se baseia em uma análise determinística quanto à estimativa das durações e o PERT considera uma distribuição normal das variações de durações das atividades, o PERT 21 considera as variações sob uma escala log-normal que melhor reflete o comportamento de atividades que tendem a tardar mais em sua maioria (Baker; Trietsch, 2011).

### 2.3 Método da corrente crítica

O método da corrente crítica foi desenvolvido por Eliyahu M. Goldratt e descrito em seu livro "Corrente Crítica", publicado em 1997. Goldratt é conhecido por suas contribuições à teoria das restrições, e a corrente crítica é uma extensão dessa abordagem aplicada à gestão de projetos (Herroelen et. al., 2002).

O CCPM, ou *Critical Chain Project Management*, como é conhecido, é uma abordagem de gerenciamento de projetos que se concentra na gestão do tempo, identificando e gerenciando os recursos que podem impactar o cronograma. Ele destaca a importância de proteger os *buffers* de tempo, especialmente nas tarefas dependentes umas das outras, para mitigar a variabilidade e incertezas. Além disso, o método da corrente crítica também enfatiza a importância de priorizar tarefas críticas e de gerenciar a carga de trabalho dos recursos de forma eficiente para otimizar o desempenho do projeto (Goldratt, 1997).

O método se baseia na construção de uma linha de base para o projeto utilizando estimativas de duração das atividades baseadas em um nível de confiança de 50%. As metas de finalização das atividades e pontos de monitoramento, ou *milestones*, são eliminados, da mesma forma que o trabalho multitarefa é evitado. Os fundamentos do método são descritos no Quadro 4.

#### Quadro 4: Fundamentos do CCPM

---

Estimativas de duração da atividade com 50% de probabilidade.

Sem datas de vencimento das atividades.

Sem marcos de projeto (*milestones*).

Sem multitarefa.

Objetivos de agendamento = minimizar o tempo de conclusão (*makespan*); minimizar o trabalho em andamento (*work in progress*).

Determinar um cronograma base viável em termos de precedência e recursos.

Identificar a cadeia crítica.

Agregar margens de incerteza em *buffers*.

Manter o cronograma base e a cadeia crítica fixos durante a execução do projeto.

Determinar um cronograma projetado sem *buffer* baseado no início antecipado e relatar conclusões antecipadas (aplicar a mentalidade de corredor de leitura, ou *readrunner*).

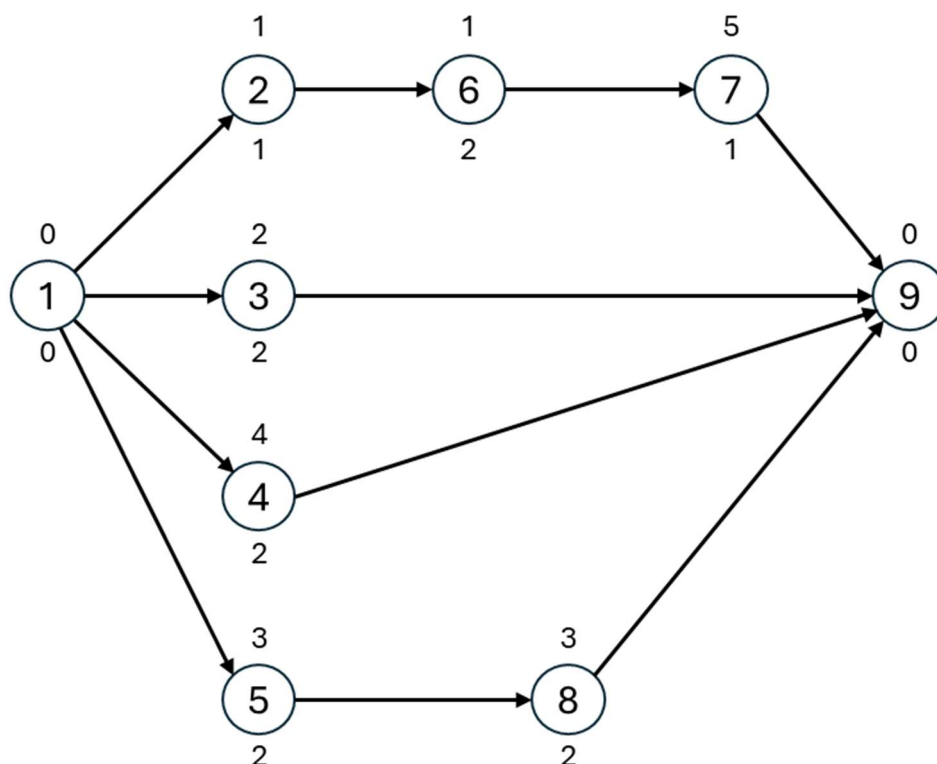
Usar os *buffers* como um mecanismo de aviso proativo durante a execução do cronograma.

---

Fonte: Adaptado de Herroelen et al. (2002).

Da mesma forma como no PERT, é definido um diagrama de rede ordenado conforme uma sequência de eventos com tempos conforme a Figura 6.

Figura 6: Diagrama de sequências de atividades do CCPM.



Fonte: Adaptado de Herroelen et al. (2002).

Somando-se os tempos das atividades das redes do diagrama, aquele que tiver o maior valor é então identificado como o caminho crítico. Os tempos de segurança são eliminados das atividades do caminho crítico e jogados para o seu final, identificados como um pulmão do projeto. Isto gera uma proteção para o controle de entregas para clientes do projeto. Também são adicionados pulmões de alimentação, que são contingências inseridas sempre que atividades não críticas são ligadas ao caminho crítico. O objetivo do pulmão de alimentação é proteger o caminho crítico contra interrupções que afetem a entrega do projeto e que as atividades do caminho crítico possam ser iniciadas o mais cedo possível. Quanto ao dimensionamento dos pulmões, é estabelecido o procedimento padrão de usar o pulmão do projeto com metade da duração do projeto e o pulmão de alimentação com metade da duração do mais longo dos caminhos não-críticos. Os recursos também são restrições, logo, é definido um pulmão de recursos quando uma atividade deste recurso está presente no caminho crítico. A partir deste ponto, o

controle e monitoramento do projeto passa a ser feito utilizando o consumo de tempo dos pulmões como referência (Herroelen et. al., 2002).

De acordo com Baker; Trietsch (2011), o método da corrente crítica oferece algumas vantagens em relação ao CPM e ao PERT, métodos mais tradicionais de gerenciamento de projetos. Em primeiro lugar, no CCPM há uma priorização da gestão dos recursos críticos, ao contrário do PERT-CPM, que se concentra apenas nas dependências de tempo, deixando de considerar a possível existência de gargalos no uso de recursos. Em segundo lugar, a corrente crítica utiliza *buffers* para proteger as áreas críticas do projeto contra a variabilidade e incertezas, proporcionando uma abordagem mais robusta para lidar com imprevistos. Os autores também destacam que o método da corrente crítica enfatiza a importância de priorizar tarefas, focando nos elementos mais críticos para o sucesso do projeto, enquanto o PERT-CPM muitas vezes trata todas as tarefas de forma igualitária. Por fim, a ênfase na gestão eficiente dos recursos críticos e a proteção unificada dos *buffers* podem levar a uma redução do tempo total do projeto, em comparação com abordagens mais tradicionais (Baker; Trietsch, 2011).

Por outro lado, ao mesmo tempo que considera o uso de recursos críticos, o CCPM ignora o fato de que projetos muito grandes necessitam ser gerenciados de forma hierárquica, o que configura em uma desvantagem em relação a sua utilização, conforme os autores (Baker; Trietsch, 2011).

## **2.4 O manifesto ágil**

O conceito de método ágil foi cunhado por um grupo de desenvolvedores de *software* em 2001 no chamado manifesto ágil quando foram publicados os princípios ágeis que norteiam o mesmo. Tais desenvolvedores se queixavam do excesso de burocracia na documentação das etapas de desenvolvimento dos *softwares* e da falta de autonomia em que estavam submetidos. Diziam que tais restrições postergavam a geração de valor ao cliente, e que isto era o que realmente deveria ser priorizado (Sutherland, 2014). Neste manifesto, foram listados quatro valores e doze princípios a serem seguidos a fim de descobrir melhores maneiras de desenvolver *softwares* conforme Quadros 5 e 6.

### Quadro 5: Valores ágeis

---

#### Valores

---

Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas.

*Software* em funcionamento mais que documentação abrangente.

Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos.

Responder a mudanças mais que seguir um plano.

---

Fonte: Manifesto Ágil, 2001. Disponível em: <[www.agilemanifesto.org](http://www.agilemanifesto.org)> Acesso em: 22 set. 2023.

### Quadro 6: Princípios ágeis

---

#### Princípios

---

1. Nossa maior prioridade é satisfazer o cliente através da entrega contínua e adiantada de software com valor agregado.
  2. Mudanças nos requisitos são bem-vindas, mesmo tardiamente no desenvolvimento. Processos ágeis tiram vantagem das mudanças visando vantagem competitiva para o cliente.
  3. Entregar frequentemente *software* funcionando, de poucas semanas a poucos meses, com preferência à menor escala de tempo.
  4. Pessoas de negócio e desenvolvedores devem trabalhar diariamente em conjunto por todo o projeto.
  5. Construa projetos em torno de indivíduos motivados. Dê a eles o ambiente e o suporte necessário e confie neles para fazer o trabalho.
  6. O método mais eficiente e eficaz de transmitir informações para e entre uma equipe de desenvolvimento é através de conversa face a face.
  7. *Software* funcionando é a medida primária de progresso.  
  
Os processos ágeis promovem desenvolvimento sustentável. Os patrocinadores, desenvolvedores e usuários devem ser capazes de manter um ritmo constante indefinidamente.
  8. contínua atenção à excelência técnica e bom design aumenta a agilidade.
  9. Simplicidade (a arte de maximizar a quantidade de trabalho não realizado) é essencial.
  10. As melhores arquiteturas, requisitos e designs emergem de equipes auto-organizáveis.
  11. Em intervalos regulares, a equipe reflete sobre como se tornar mais eficaz e então refina e ajusta seu comportamento de acordo.
  - 12.
- 

Fonte: Manifesto Ágil, 2001. Disponível em: <[www.agilemanifesto.org](http://www.agilemanifesto.org)> Acesso em: 22 set. 2023.

Os princípios dos métodos ágeis de gestão de projetos se baseiam no conceito de produção enxuta, conforme Jeff Sutherland, um dos signatários do manifesto ágil e coidealizador do método *Scrum*. De acordo com Sutherland (2014), um dos diferenciais encontrados no sistema Toyota de Produção foi a capacidade de qualquer montador parar a linha de montagem uma vez que fosse encontrada alguma falha. Isto possibilita a correção do problema de forma mais barata, potencializa o aprendizado e incentiva a geração de ideias para se evitar que a falha volte a ocorrer. Desta forma, a divisão do escopo e conseqüentemente a priorização do desenvolvimento de etapas que favoreçam a geração de valor minimiza o impacto do risco de alterações do mesmo (Sutherland, 2014).

De acordo com a base de conhecimento do instituto de gestão de projetos, o PMI, os métodos ágeis possuem como características serem iterativos (pressupõem *feedbacks* sobre o desenvolvimento por parte do cliente, ou patrocinador) e incrementais (são capazes de fornecer entregáveis práticos que o cliente pode utilizar logo em seguida). Sendo assim, com a devida priorização das entregas, é possível gerar valor ao cliente de forma mais antecipada e precaver o time de projetos em relação a possíveis alterações de escopo (PMI, 2022).

Conforme descrito no Guia Ágil publicado pelo PMI, os principais métodos de gestão em equipes de projetos são o *Scrum*, Programação Extrema (XP), *Kanban*, Métodos *Crystal*, *Scrumban*, Desenvolvimento Orientado a Funcionalidades (FDD), Método de Desenvolvimento de Sistemas Dinâmicos (DSDM), Processo Ágil Unificado e os *Frameworks* de Escalonamento (PMI, 2022).

## **2.5 Scrum**

O *Scrum* foi idealizado por Jeff Sutherland e Ken Schwaber com o intuito de buscar maior interação entre os membros do time de implementação do projeto. Se baseia no conceito fundamental de igualdade, autonomia e autoridade compartilhada, gerando um conflito de ideias que fomenta a inovação. Seu nome provém do termo usado para iniciar uma jogada no *Rugby* e remete à desordem necessária para um time gerar ideias que agreguem mais valor, o mais rápido

possível (Schwaber, 2004). O método *Scrum* se baseia em 3 papéis, 5 eventos e 3 artefatos conforme Quadro 7.

Quadro 7: Papéis, eventos e artefatos do *Scrum*

Papéis	Eventos	Artefatos
Dono do Produto	<i>Sprint</i>	<i>Backlog</i> de Produto
Membros da Equipe	Planejamento da <i>Sprint</i>	<i>Backlog</i> de <i>Sprint</i>
<i>Scrum Master</i>	Reunião Diária	Incrementos
	Revisão da <i>Sprint</i>	
	Retrospectiva da <i>Sprint</i>	

Fonte: Guia Ágil PMI (2022).

Em relação aos papéis, em primeiro lugar é eleito o Dono do Produto, ou *Product Owner*, que é a pessoa responsável por maximizar o valor do produto do projeto. Atua com o time *Scrum* no refinamento, ou detalhamento de projetos, além da priorização deles. Há também os Membros da Equipe que são componentes do time auto-organizados e que possuem todos os recursos necessários para entregar o produto do projeto. Por fim, existe a figura do *Scrum Master* que é a pessoa responsável por manter os procedimentos do *Scrum* e remover impedimentos para a entrega do produto do projeto (Sutherland, 2014).

No que diz respeito aos eventos e artefatos, há o conceito de *sprint*, que é a janela de tempo pré-definida para que o time entregue um produto que pode ser utilizado pelo cliente. Tipicamente uma *sprint* dura de 1 a 3 semanas. Para que ocorra a *sprint*, é preciso realizar uma Reunião de Planejamento da *sprint* antes que ela aconteça. Nela, são trabalhados pelo *Product Owner* os projetos com refinamento suficiente para o correto entendimento do critério de aceitação, bem como as prioridades para o cliente. A lista de projetos geral é chamada de *backlog* de produto, formando assim o primeiro artefato do *Scrum*. A lista de projetos selecionada e priorizada para a entrega no término de uma *sprint* é chamada de *backlog* de *sprint*, e forma o segundo artefato do *Scrum* (Sutherland, 2014).

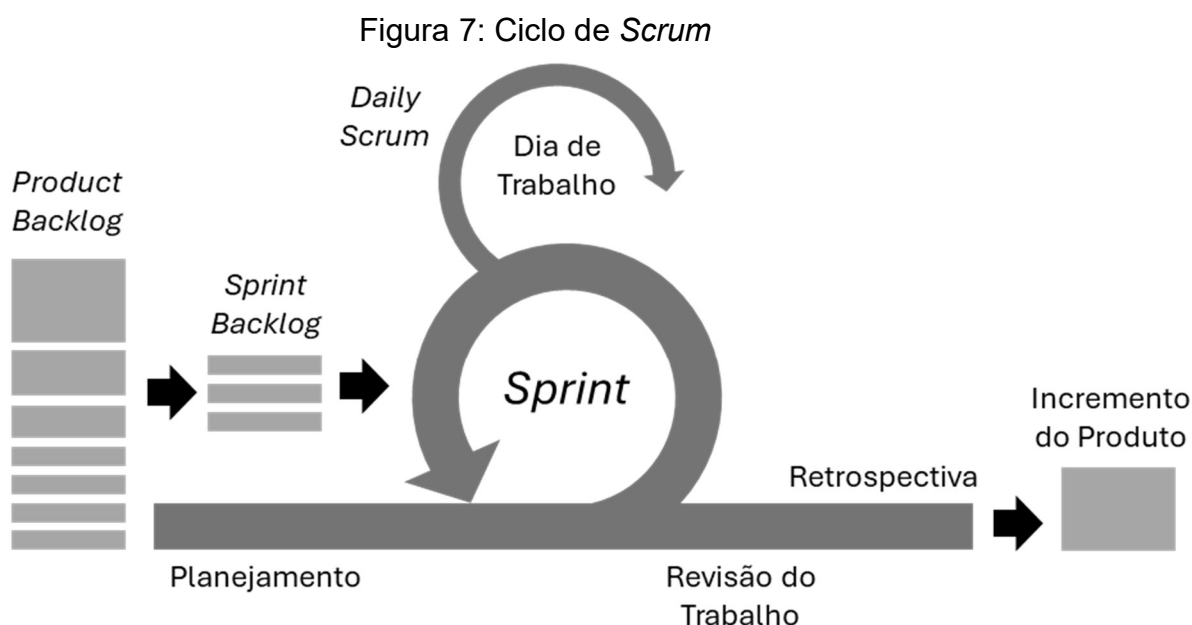
Durante a *sprint* são realizadas as reuniões diárias, ou *daily Scrum*, facilitada pelo *Scrum Master*, quando os membros do time reportam avanços e relatam impeditivos aos quais necessitam de ajuda para remover. Estas reuniões não devem



durar mais que trinta minutos e tipicamente ocorrem de pé em frente a um quadro de auxílio visual com os projetos organizados em cartões (Sutherland, 2014).

No término da *sprint* é realizada a Reunião de Revisão do Trabalho do Time, que é quando o *Product Owner* é chamado para verificar se os critérios de aceitação dos projetos foram atendidos integralmente. Em seguida, o time realiza uma Reunião de Retrospectiva da *sprint*, momento quando é feita uma análise da produtividade do time por *sprint*, revisadas as lições aprendidas e discutidas ações para o aprimoramento da equipe (Sutherland, 2014).

A Figura 7 apresenta um esquema ilustrando o ciclo de iterações com os eventos e artefatos do método *Scrum*.



Fonte: Adaptado de Scrum.org acessado em 22 set. 2023.

As competências relacionadas aos membros da equipe foram estudadas por Baumbart et al. (2015). Neste estudo, são traçadas correlações entre comportamentos de indivíduos e seus papéis, atuando em projetos que obtiveram sucesso e projetos que fracassaram. A capacidade do membro do time em buscar acordos figura como o principal comportamento relacionado ao sucesso do time de desenvolvimento. A característica de conscienciosidade, ou seja, traço de personalidade de alguém que é cuidadoso ou diligente é altamente impactante no

sucesso de quem desempenha o papel de *Scrum Master*, uma vez que lhe é exigido organização e autodisciplina. Por fim, no papel de *Product Owner*, além da capacidade de buscar acordos, se mostram importantes as características de geração de confiança, *compliance*, modéstia e ternura no trato com as pessoas (Baumgart et al., 2015). O Quadro 8 demonstra as características de cada papel em um time *Scrum*.

Quadro 8: Características dos papéis em um time *Scrum*

Time de Desenvolvimento	Capacidade de buscar acordos.
<i>Scrum Master</i>	Conscienciosidade, organização e autodisciplina.
<i>Product Owner</i>	Capacidade de buscar acordos, geração de confiança, <i>compliance</i> , modéstia e ternura no trato com as pessoas.

Fonte: Adaptado Baumgart et al. (2015).

## 2.6 Escalonamento do *Scrum*

Em grandes projetos onde o número de participantes requer um grande foco em comunicação ou em organizações onde níveis hierárquicos superiores necessitam garantir o alinhamento das estratégias às práticas dos times, é necessário realizar o escalonamento dos times ágeis (PMI, 2022).

Os principais métodos de escalonamento, conforme o PMI, são:

- *Scrum of Scrums (Meta-Scrum)*: Replicar o método com representantes de cada time formando um novo time, geralmente associados ao planejamento e controle das iniciativas-chave estabelecidas pela organização;
- *Scaled Agile Framework*: Uso de métodos ágeis em todos os níveis hierárquicos da organização, utilizando os conceitos de projetos e

portfólio de projetos, alinhados com o planejamento estratégico da empresa;

- *Scrum* em larga escala (*LeSS*): Trabalho integrado entre os times *Scrum* para manter a execução dos processos tal como concebida para times pequenos;
- *Scrum* Corporativo: Aplicação do uso do *Scrum* em todos os níveis da corporação a fim de fomentar inovações disruptivas;
- *Disciplined Agile*: Método que busca integrar práticas e técnicas ágeis em um modelo abrangente capaz de ser utilizado em tipos diferentes de projetos.

## 2.7 Kanban









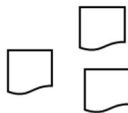



Outro método ágil comumente difundido em empresas, conforme o Guia Ágil do PMI (PMI, 2022), é o *Kanban*. O método *Kanban* é mais bem utilizado quando a organização necessita das seguintes condições:

- Flexibilidade, pois as equipes não estão ligadas a janelas de tempo fixas e priorizam os itens de maior relevância de acordo com o *backlog*;
- Foco em entregas contínuas, realizado através de equipes que não iniciam novos trabalhos enquanto não finalizam o que já foi iniciado, reduzindo então o número de projetos em andamento (*work in progress*);
- Maior produtividade e qualidade, já que, conforme os conceitos do Sistema Toyota de Produção, a produtividade e a qualidade aumentam uma vez que é limitado o trabalho em andamento (*work in progress*);
- Maior eficiência, verificando cada tarefa, uma de cada vez, priorizando aquelas com maior valor agregado;
- Foco no integrante da equipe, garantindo ao membro do time os recursos para que desempenhe apenas o trabalho que está sendo executado, sem multitarefa, uma vez que o trabalho em andamento é limitado;

- Variabilidade da carga de trabalho, principalmente em condições em que não é possível prever a duração dos projetos e conseqüentemente assumir compromissos em longos prazos;
- Redução de desperdícios, possibilitando que o trabalho a ser executado seja demonstrado de forma transparente e atividades que não agregam valor possam ser mais facilmente eliminadas.

Um exemplo de quadro *kanban* é representado na Figura 8.

Figura 8: Exemplo de quadro *kanban*

Backlog	Tarefas			
	Pendentes	Em Processo	Verificar	Finalizadas
User Story 1				
User Story 2				
User Story 3				

Fonte: Adaptado de PMI.com acessado em 22 set. 2023.

## 2.8 Modelos híbridos

A implementação de métodos ágeis muitas vezes traz a necessidade de mudanças culturais e organizacionais além das mudanças de processos (Martinez et al., 20016). Dependendo do tamanho e complexidade da organização e do quão enraizada a cultura de planejamento abrangente e execução rígida se encontra, a utilização dos métodos pode necessitar de customizações (Gustavsson, 2016). Muitos autores defendem que a implementação de modelos ágeis em organizações com elementos fortes de resistência deve ser feita de forma mais suave e gradual. Neste contexto, a utilização de customizações como a adoção de um modelo híbrido

pode fazer mais sentido para organizações com estas características (Ciric et al, 2018).

No modelo híbrido, aspectos como o detalhamento das atividades, quantificação do tempo, planejamento do escopo e controle da execução por fases são preservados. Porém, em determinados momentos, são instituídos times ágeis com foco nos entregáveis da fase em que o projeto se encontra. Também é possível fazer uso de conceitos como o cálculo de retorno sobre o investimento e análises de caminhos críticos de projetos utilizando cronogramas e gráficos de Gantt (Leong et al., 2023).

Apesar de haver poucos estudos a respeito do uso de modelos híbridos além do domínio de *software*, nas amostragens existentes é comprovada uma melhoria na adoção de uma combinação entre *Scrum* e gestão por fases de projeto (Ciric et al, 2018).

Ainda, de acordo com Ciric et al (2018), dentre os benefícios do método híbrido, destacam-se:

- Maior eficiência ao longo do desenvolvimento dos projetos. Tipicamente há um escopo pré-determinado e um cronograma a ser seguido, facilitando o entendimento das expectativas de performance dos indivíduos;
- Melhor alocação de recursos, visto que o time de trabalho é mais flexível às condições de contorno existentes no escopo;
- Apesar de propor uma menor quantidade de iterações quando comparado ao modelo ágil convencional, promove uma melhor absorção de requerimentos de mudanças, com maior flexibilidade durante a fase de projeto. As iterações geram um contato mais frequente com os processos e métodos gerando um melhor conhecimento e maior eficiência na execução das ações;
- Times ágeis de alta performance são empoderados pelo método em comparação à gestão de projetos tradicional. Traz maior independência dos times, possibilitando inovar em processos para entrega do escopo em menor tempo;

- Maior moral do time e motivação em função da interação visibilidade, no curto-prazo, do valor gerado pelo trabalho executado;
- Melhor comunicação interna, interdepartamental e colaboração através das rotinas de iterações. Definição de metas mais claras, simplificadas de acordo com a duração da *sprint*;
- Aumento no sucesso da implementação ao mercado, com redução de retrabalho e mudanças tardias de escopo através da iteração frequente com o cliente;
- Resolução de problemas documentais mais clara: há uma certa documentação dos trabalhos, diferentemente do ágil puro que não prioriza a documentação.

Em contrapartida, de acordo com Ciric et al (2018), os principais desafios para a implementação do método híbrido, são:

- Atrasos referentes à distribuição de recursos devido à falta de dedicação integral dos times de projeto, muitas vezes competindo em projetos distintos ou fases diferentes do mesmo projeto;
- Falta de cultura ágil na organização, ou até mesmo a falta de conhecimento a respeito do método.
- Desalinhamentos entre os requerimentos do Ágil e o sistema de remuneração da empresa, uma vez que as atividades desempenhadas por um indivíduo podem ser parte da descrição de um cargo de maior remuneração do que a recebida pelo indivíduo em questão;
- Adaptação das práticas para diferentes projetos no portfólio: tentar implementar todos os projetos com os mesmos métodos sem analisar as características de cada um;
- Dificuldades em conectar times de projeto com o resto da organização, com foco excessivo dos times e líderes de projeto nas entregas das sprints, ocasionando a perda da visibilidade sobre as metas gerais da companhia.

No Quadro 9 são listados os benefícios e desafios quanto ao uso de métodos híbridos.

Quadro 9: Benefícios e desafios de modelos híbridos

Benefícios do Híbrido	Desafios do Híbrido
Maior eficiência ao longo do desenvolvimento dos projetos	Atrasos referentes a distribuição de recursos
Menor quantidade de iterações	Falta de cultura ágil na organização
Melhor alocação de recursos	Desalinhamentos entre os requerimentos do Ágil e o sistema de remuneração da empresa
Times ágeis de alta performance	Falta de conhecimento a respeito do método
Maior independência dos times	Documentação do projeto permanece burocrática
Melhor comunicação interna	Dedicação integral de times no projeto
Maior comunicação interdepartamental e colaboração	Adaptação das práticas para diferentes tipos de projetos no portfólio
Definição de metas mais claras	Resistência da gerência ao novo sistema híbrido de gestão
Melhor visibilidade sobre os processos	Falta de escalabilidade
Maior moral do time e motivação	Dificuldades em conectar times de projeto ao resto da organização
Redução de retrabalho e mudanças tardias de escopo	Foco excessivo dos times e líderes de projeto nas entregas das <i>sprints</i> perdendo visibilidade sobre as metas gerais da companhia
Aumento no sucesso da implementação no mercado	
Melhor priorização das tarefas	
Melhor absorção de requerimentos de mudanças	
Melhor colaboração com clientes	
Melhor relação entre processos e métodos	
Maior flexibilidade durante a fase de projeto	
Resolução de problemas documentais mais clara	

Fonte: Adaptado de Ciric et al. (2018).

## 2.9 Outros métodos ágeis

No Quadro 10 são listados os principais métodos ágeis com uma avaliação sobre aplicabilidade em projetos de processos de manufatura. Nota-se que são poucos métodos que possuem características que não sejam exclusivas ao desenvolvimento de *softwares*:

Quadro 10: Comparativo entre os principais métodos ágeis reconhecidos pelo PMI

Método Ágil	Características Principais	Aplicabilidade	Fonte
Scrum	Trabalhos incrementais e iterativos com feedbacks cíclicos e times empoderados para tomada de decisão	Projetos em Geral	PMI.org, Scrum.org
Híbrido	Utilização do <i>Scrum</i> dentro de fases do desenvolvimento de projetos estilo <i>waterfall</i>	Projetos em Geral	PMI.org,
Programação Extrema (XP)	Ciclos de desenvolvimento de <i>Softwares</i> com práticas e validações estruturadas	Software Apenas	PMI.org, Anwar et. al. 2017
Kanban	Gestão das entregas conforme ordem de chegada, um projeto de cada vez e gestão visual	Projetos em Geral	PMI.org
Crystal	Organização de entregas de <i>softwares</i> por times especializados e distribuídos conforme planos de entregas	Software Apenas	PMI.org, Anwar et. al. 2017
<i>Scrumban</i>	Gestão do <i>Scrum</i> com gerenciamento visual e gestão do <i>work in process</i>	Projetos em Geral	PMI.org
Desenvolvimento Orientado a Funcionalidades (FDD)	Foco em funcionalidades de <i>Softwares</i>	Software Apenas	PMI.org, Palmer & Felsing, 2002
Desenvolvimento de Sistemas Dinâmicos (DSDM)	Testes de <i>Software</i> Durante o Desenvolvimento	Software Apenas	PMI.org, Anwar et. al. 2017
Ágil Unificado	<i>Feedbacks</i> constantes sobre <i>Software</i> em desenvolvimento	Software Apenas	PMI.org
Escalonamento	Prática de gestão de times de times de trabalho	Projetos em Geral	PMI.org

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).



## 2.10 Métodos ágeis em projetos de manufatura

Apesar de o desenvolvimento de projetos de *software* através de métodos ágeis demonstrar ganhos significativos e rapidamente ter sido adotado amplamente nesta indústria, em ambientes não relacionados a *softwares* a adoção de tais métodos não ocorreu na mesma velocidade. Diferentemente de *softwares*, o desenvolvimento de produtos físicos aparentemente parecia menos incerto e testes frequentes determinados por ciclos de entregas eram demasiadamente custosos. Foi somente após que a digitalização no meio da manufatura ganhasse notoriedade a partir do advento da Indústria 4.0 que as empresas não relacionadas a *software*, em especial a própria indústria de manufatura, buscou adotar os métodos ágeis em seus processos (Hendler, 2020).

Apesar de atualmente haver uma grande procura pela utilização de métodos ágeis, em especial o *Scrum*, em empresas de manufatura, o uso de gráficos de Gantt em projetos ao estilo *waterfall* ainda é bastante evidenciado (Gujar; Shafighi, 2023).

De acordo com Conforto et al. (2014), alguns fatores são mais significativos para utilização de métodos ágeis em ambientes de desenvolvimento de produtos físicos. Conforme os autores, o tempo de experiência em projetos, tanto dos times quanto dos gerentes de projetos, ainda figuram como elementos habilitadores para o uso de métodos ágeis, ou seja, quanto maior a experiência melhor é a adaptação de métodos (Conforto et al., 2014). Este elemento também é visto em empresas de *software*, uma vez que o conhecimento e experiência com projetos é um habilitador para a autonomia da equipe de projeto (Nishijima; Dos Santos, 2013). Na sequência, figuram na pesquisa dos autores o número de pessoas nos times e a localização de onde estão trabalhando. Estes fatores são particularmente relevantes fora do ambiente de *softwares* pois projetos de produtos tipicamente envolvem uma grande quantidade de pessoas e elas, por sua vez, muitas vezes trabalham em diferentes localidades, ou até em distintos fuso-horários. Seguindo a lista de fatores, são destacados aspectos culturais a respeito da participação de clientes e fornecedores no desenvolvimento das soluções. Esta é uma quebra de paradigma em organizações tradicionais evidenciada em muitas empresas de manufatura (Martinez

et al., 2016). Os três próximos elementos estão relacionados a organização da empresa. O grau de hierarquização ao qual os projetos estão submetidos, a necessidade de documentação dos procedimentos e registros em atas das entregas e as características de distribuição dos times como consequência de seus reportes por departamentos são outros elementos consideráveis na transformação cultural. Por fim, a dedicação dos times nos projetos também se apresenta como um habilitador para a implementação cultura ágil (Conforto et al., 2014). Os fatores habilitadores são listados no Quadro 11.

Quadro 11: Principais habilitadores para implementação de métodos ágeis em empresas de desenvolvimento de produtos físicos

Número	Fator habilitador	Benefício para a empresa de produtos físicos
1	Tempo de experiência dos membros do time de projeto	Rapidez na utilização do método ágil e extração de seus benefícios
2	Tempo de experiência dos gerentes de projeto	
3	Número de pessoas no time	Organização das pessoas em pequenos times para garantir foco nas entregas Comunicação entre os membros do time, mesmo que remotamente
4	Localização dos membros do time	
5	Envolvimento dos clientes no planejamento do projeto	Quebra de silos organizacionais e foco no cliente
6	Envolvimento de fornecedores e parceiros	
7	Estrutura organizacional	Revisão de processos burocráticos, disseminação do conhecimento e rapidez na tomada de decisões
8	Formalização do processo de desenvolvimento de produto	
9	Times de projetos multidisciplinares	Foco nas entregas e capacitação das pessoas para a execução das tarefas
10	Dedicação dos times de trabalho	

Fonte: Adaptado de Conforto et al. (2014).

A associação de indivíduos a múltiplos projetos e atividades é uma prática comum mesmo em grandes organizações de manufatura e representa um risco à utilização de métodos ágeis uma vez que compromete a cadência de atividades e a capacidade dos membros dos times de se dedicarem integralmente aos projetos (Martinez et al., 2016).

Ainda que projetos de *software* e de manufatura possuam muitas similaridades, há algumas barreiras que precisam ser vencidas para a melhor utilização de métodos ágeis em projetos de manufatura. Para projetos de manufatura, quando relacionados a desenvolvimentos de artefatos físicos como máquinas e equipamentos, tipicamente são requeridas interações com fornecedores externos. Tais fornecedores não estão habituados a atuar em times ágeis e muitos preferem manter seus procedimentos convencionais de orçamentação por escopo fixo, prazos pré-determinados e pagamentos por eventos, da mesma forma como trabalham com qualquer outro cliente. Uma abordagem para adequar esta relação aos conceitos ágeis é a de incluir o fornecedor como um membro do time ágil. Muitas vezes é definido um formato de pagamento por honorários prestados no desenvolvimento do equipamento em conjunto com o time de engenharia de manufatura da empresa. Para que isto ocorra, é preciso desenvolver uma relação de parceria com este fornecedor, o que pode significar uma quebra de paradigma para certas empresas que estão habituadas a realizar orçamentos com diversos fornecedores em um processo de contratação por licitação (Zuzek et al., 2020).

A característica de multidisciplinaridade do time é um desafio para projetos de manufatura uma vez que a indústria está habituada a discriminar profissionais de áreas técnicas conforme suas formações. Um engenheiro de manufatura tipicamente trabalha em desenvolvimentos de máquinas e equipamentos utilizando conhecimento de engenharia mecânica e produção, enquanto um analista de custos se utiliza de sua base em administração para realizar seu trabalho. No momento da formação de um time ágil com estes profissionais, há a dificuldade inicial de balanceamento da carga de trabalho, uma vez que nem todos os incrementos são de mesmo peso e conseqüentemente, profissionais com uma determinada experiência precisam trabalhar em atividades mais genéricas a fim de maximizar o valor entregue em uma *sprint*. Na medida em que necessitam de maior conhecimento específico, contam com o suporte de especialistas dentro do mesmo time (Zuzek et al., 2020).

Em empresas de manufatura, habituadas a projetos convencionais com prazos determinados, escopo fixo e orçamentos aprovados em janelas de tempo

pré-estabelecidas, o conceito de retorno sobre o investimento é amplamente utilizado. Existe um certo conflito entre este sistema e um ambiente ágil focado na inovação. Onde há pouca ou nenhuma tolerância da empresa para tentativas de inovação, os profissionais ali alocados são privados de oportunidade de aprendizado e evitam correr riscos na implementação de tecnologias inovadoras. Empresas de manufatura com grande foco em inovação tecnológica tipicamente destinam parte de seus orçamentos para inovação, correndo o risco de que haja falhas, condicionadas a um robusto sistema de aprendizagem interna (Zuzek et al., 2020).

No que tange à dedicação exclusiva dos times, apenas empresas de manufatura com operações mais complexas e de grande volume são capazes de dedicar times de forma integral a projetos. Se vê que muitas empresas necessitam dividir seus recursos entre a implementação de novos projetos e a manutenção do processo atual. Neste aspecto, uma solução a ser aplicada é a de divisão do tempo disponível dos profissionais para suporte e para projetos, podendo ser adequada previamente ao início da *sprint* e acordado com o time de projetos. Esta prática pode diminuir a velocidade da *sprint*, porém é necessária conforme a realidade de cada organização (Patrucco et al., 2022).

Uma forma de suavizar a implementação de métodos ágeis em ambientes como o da manufatura é através da adoção de modelos híbridos, que combinam as práticas de gestão da entrega de escopo através de estágios e fases, as quais a organização já está amplamente acostumada, e a adição do desenvolvimento de parte das atividades através de times ágeis (Ciric et al, 2018).

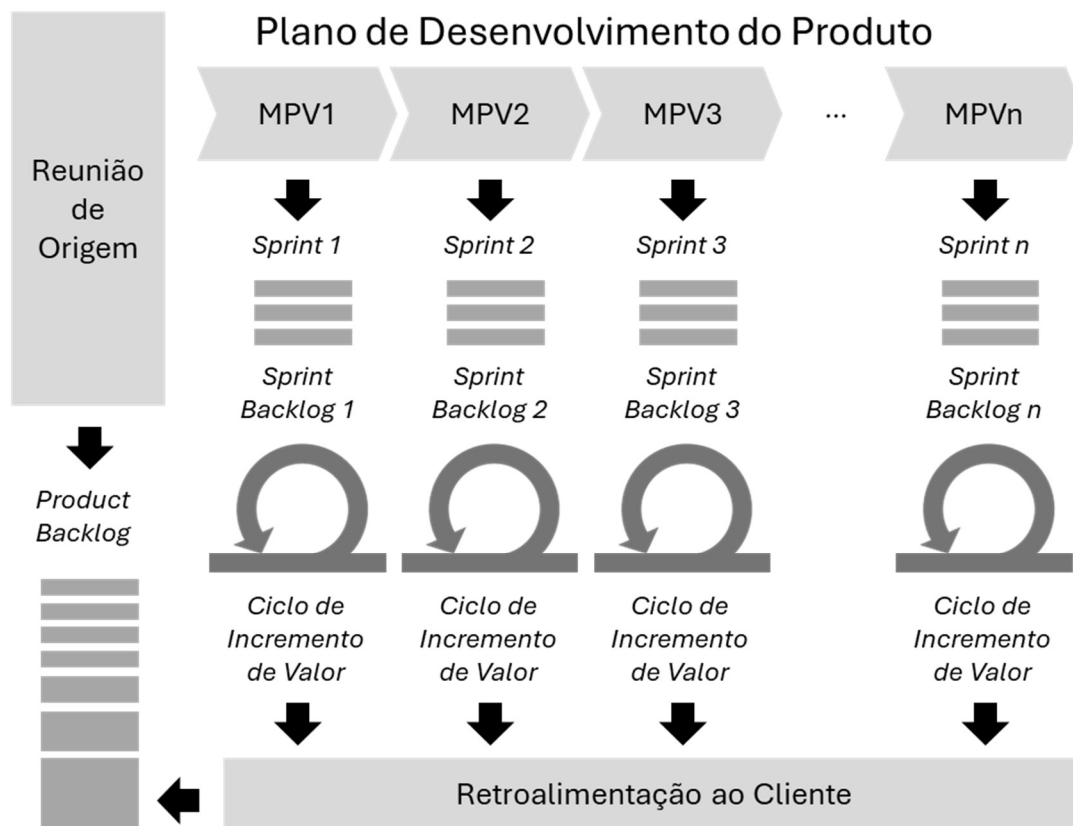
A gestão de projetos em manufatura, assim como em diversas outras áreas, tem adotado os métodos ágeis, em especial o *Scrum*, como forma de implementar projetos em ambientes não relacionados ao desenvolvimento de *softwares* (Ciric et al, 2018). Entretanto, é preciso ponderar que há aspectos e características específicas em tais projetos, e que estes não estão presentes no formato original do método *Scrum*. A necessidade de customizar o *Scrum* é amplamente discutida e está presente nos projetos de manufatura (Hron; Obwegeser, 2022).

A respeito da customização do *Scrum*, de acordo com Hron e Obwegeser (2022), o objetivo mais frequente para realizar esta alteração é para alcançar altas

performances de entregas, especialmente em condições especiais de ambientes diversos, como times distribuídos em departamentos e locais diferentes, ou times muito grandes, por exemplo. O segundo motivo mais comum para adaptação do *Scrum* está conectado ao contexto organizacional ao qual o time está inserido. Apesar de o método ser de extrema simplicidade, as mudanças organizacionais e culturais que ele promove geram a necessidade de reavaliar processos relacionados às políticas de gestão de recursos humanos e dados da companhia. Outros aspectos como complexidade da arquitetura das soluções, justaposição do método com outros presentes da companhia, distribuição dos times, extensões do poder dos gerentes na organização, experiência do funcionário, escalabilidade de projetos e segurança de dados também configuram como fatores motivadores para a customização do *Scrum* (Hron; Obwegeser, 2022).

Dentro das customizações do *Scrum* para modelos aplicados na manufatura, Cano et al. (2021) oferecem um modelo apresentado na Figura 9 em que o produto é dividido conforme a lógica de mínimo valor viável, com entregas associadas a múltiplas *sprints* que contam, como no conceito básico do *Scrum*, com constante *feedback* de clientes e demais membros do time.

Figura 9: Modelo de projetos ágeis de desenvolvimento produtos com evento de origem



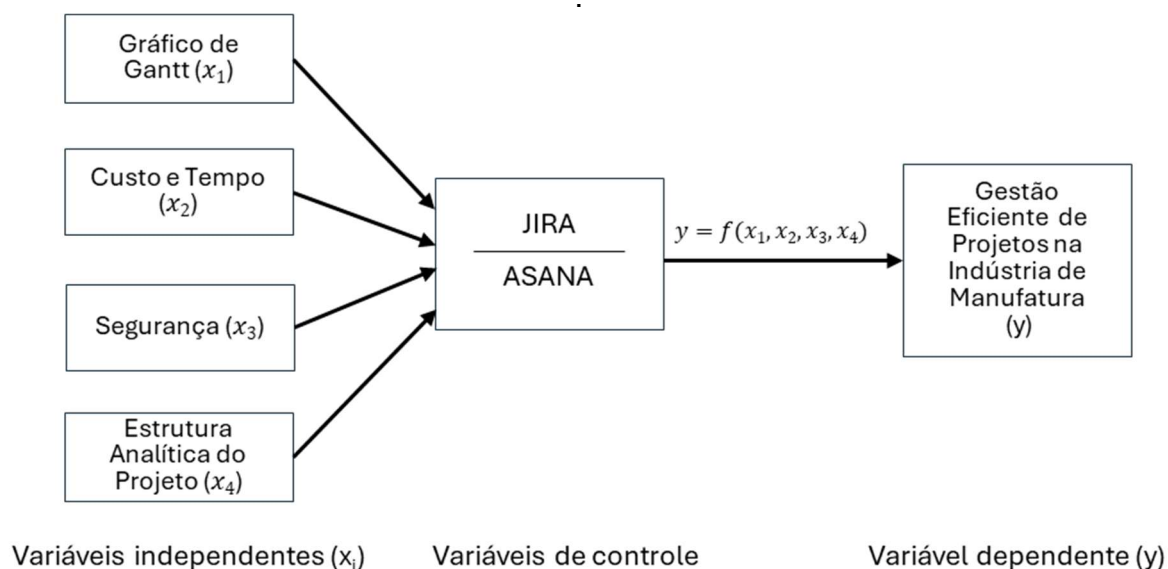
Fonte: Adaptado de Cano et al., 2021.

No modelo, também é inserido o conceito da reunião de origem, ou *inception*. Nela, os membros do time de projeto juntamente com os clientes são guiados a responderem um questionário de dez perguntas a fim de estabelecer um entendimento comum sobre o escopo do projeto. Neste momento são compartilhadas as visões do produto a fim de garantir que todos os membros saibam explicar, inclusive para membros novos, o que todos estão buscando. Neste evento também são adotadas ferramentas de avaliação de qualidade conceitual de produto e alinhamento das estratégias para atendimento integral das expectativas dos colaboradores, do negócio e dos clientes (Cano et al. 2021).

Um outro modelo é proposto por Shafighi e Gujar (2023). Nele, são incorporados os usos das ferramentas Jira e Asana, utilizadas em larga escala para

o gerenciamento de projetos, especialmente em ambientes ágeis, conforme Figura 10.

Figura 10: Modelo de projetos ágeis de desenvolvimento produtos com JIRA e ASANA



Fonte: Adaptado de Shafighi; Gujar (2023).

No modelo, as variáveis independentes são os meios convencionais de controle dos projetos de manufatura: cronogramas amplamente detalhados, estrutura analítica do projeto (EAP) com seus diagramas de precedência de atividades, alocação e restrições de recursos, custos e prazos de desenvolvimento e segurança de dados. As variáveis de controle são as ferramentas Jira ou Asana que são capazes de simplificar a comunicação dos membros da equipe de projeto, eliminando o uso de *e-mails*, demonstrando em tempo real a evolução do trabalho através de marcadores automáticos em atividades críticas priorizadas nas *sprints*. Também facilitam a troca de informações através do compartilhamento de arquivos em redes e em nuvens de dados. Desta forma, as organizações de manufatura se beneficiam de projetos mais eficientes (variável independente do modelo). Os benefícios estão relacionados a menores custos e prazos de desenvolvimento, menor complexidade na gestão da informação e maior segurança dos dados dos projetos (Shafighi; Gujar, 2023).

## 2.11 Modelo de Tuckman e o *Scrum*

O Modelo de Tuckman, também conhecido como Modelo de Desenvolvimento de Grupo, descreve os estágios pelos quais um grupo passa durante o processo de formação e desenvolvimento (Gren et al., 2019). Proposto pelo psicólogo norte-americano Bruce Tuckman em 1965, o modelo foi originalmente concebido para análises de grupos em processo de terapia. No âmbito da gestão de pessoas, ele tem sido amplamente abordado por tratar do relacionamento dos membros das equipes e conseqüentemente explorar os níveis de maturidade delas (Crunk, 2018).

O modelo consiste em cinco estágios (Gren et al., 2019):

1. **Formação (*Forming*):** Nesta fase inicial, os membros do grupo estão se conhecendo, e há uma dependência do líder para orientação. A atmosfera é muitas vezes marcada por cortesias e formalidades.
2. **Conflito (*Storming*):** Durante esta fase, surgem conflitos à medida que os membros começam a expressar suas opiniões e competir por papéis e responsabilidades. Pode haver desafios para a autoridade do líder, e a dinâmica do grupo pode ser turbulenta.
3. **Normalização (*Norming*):** O grupo começa a superar conflitos e a desenvolver normas e padrões de trabalho mais coesos. Existe uma aceitação maior das diferenças individuais, e a colaboração torna-se mais efetiva.
4. **Realização (*Performing*):** Nesta fase, o grupo atinge seu potencial máximo de desempenho. Há um entendimento sólido e aceitação mútua, resultando em colaboração eficaz e eficiência nas tarefas.
5. **Encerramento (*Adjourning*):** Este estágio ocorre quando o grupo se dissolve após a conclusão do projeto ou alcançar seus objetivos. Pode envolver sentimentos de realização, despedida e reflexão sobre a experiência do grupo.

Devido a sua popularização, o modelo de Tuckman recebeu três variações após a publicação do artigo seminal. A primeira delas foi a adição ao modelo da fase de encerramento, ou *adjourning*, já na década de 1970, realizada pelo próprio autor



e que não se encontrava inicialmente na publicação original (Taborga, 2018). A fase de encerramento traz um risco que os gestores de projeto precisam estar atentos. Não é incomum ocorrer, durante a estabilização, um declínio na performance das equipes, prejudicando entregáveis finais e conseqüentemente colocando em risco a competitividade da empresa (Silva; Lovato, 2016). Para Tuckman, é preciso então realizar uma recomposição da equipe, a fim de adicionar elementos novos que gerem a necessidade de reorganização, geração de novas ideias, e retomar o ciclo de crescimento de performance do time (Moyo et al. 2021). Esta recomposição da equipe pode injetar um novo ânimo na equipe, oportunizando uma elevação extemporânea do desempenho, mesmo após iniciada a fase de estabilização. A segunda variação foi a adição do conceito de “efeito de pêndulo”, que é quando um time regressa aos estágios iniciais quando submetidos a um evento significativo, como a saída de um ou mais membros da equipe, por exemplo, ou uma mudança significativa os objetivos do projeto. A terceira variação explora o conceito de que os times buscam adaptabilidade à quarta fase, a fase de performance, mais do que simplesmente demonstrar que estão performando, o que pode gerar efeitos contraditórios, tais como uma percepção de desempenho elevado não refletida nos resultados reais de campo (Taborga, 2018).

Cada estágio do modelo de Tuckman tem duas dimensões: estrutura do grupo e atividade da tarefa (Kamaludin et al., 2022). A estrutura do grupo envolve os padrões de relacionamentos interpessoais refletidos na forma como os membros da equipe agem e se relacionam uns com os outros. A dimensão da atividade da tarefa compreende o conteúdo e a interação associados à tarefa a ser concluída (Gren et al., 2019).

Tal abordagem é amplamente utilizada na formação e análise de times ágeis, inclusive em times *Scrum*, uma vez que a formação de tais times tipicamente está associada a um entregável em prazos mais curtos. Este entregável é diretamente relacionado ao conceito de mínimo produto viável e conta com uma composição de profissionais qualificados para a tarefa. Sendo assim, a formação da equipe e conseqüentemente o seu desenvolvimento, são fatores mais significativos em projetos curtos do que em desenvolvimentos longos (Taborga, 2018).

Estudos embasados no Modelo de Tuckman estabelecem correlações entre as fases de desenvolvimento dos times e os atributos, ou características, dos membros neles alocados. Os estudos de Farrell et al. (2001) demonstram que indivíduos que superaram as primeiras etapas de formação de equipe são capazes de interagir melhor e compõem times de alta performance. Os autores apontam também que fatores como anomia, ou seja, quando indivíduos se sentem livres para violar regras, e a disparidade de educação formal entre os membros da equipe, atuam como fatores preponderantes para o insucesso dos times. Já Tseng e Ku (2011), apesar de concordarem com o impacto das fases na maturidade das equipes, salientam que há uma grande correlação entre confiança entre os membros do time e a performance dele. O nível de confiança dentro do time também é um fator importante para a satisfação pessoal dos membros, reforçada pelo alto nível de entregas realizadas por eles, principalmente nas fases finais do projeto (Crunk, 2018).

O Modelo de Tuckman fornece uma estrutura útil para entender as dinâmicas de grupo ao longo do tempo, permitindo que os líderes e membros do grupo avaliem os estágios de desenvolvimento do time, antecipem desafios e ajustem suas abordagens conforme necessário (Solomon, 2020).

Juntamente com o substancial apoio ao Modelo de Tuckman, existem inúmeras críticas que desafiam sua posição como o principal modelo para explicar o fenômeno do desenvolvimento de equipes (Gersick, 1988). A principal crítica vem de Gersick (1988), que afirmou que as discussões em grupo são iterativas e não lineares, e que as soluções de grupo podem resultar em várias direções, não em uma próxima predeterminada (Gersick, 1988). Gersick também observou que o modelo de Tuckman define pontos no tempo na evolução dos grupos, mas não fornece esclarecimentos sobre o que causa as transições de um estágio para o próximo. O autor ainda apontou que o modelo de estágios trata as equipes como sistemas fechados, sem o impacto explícito de seu ambiente.

Finalmente, a crítica de Gersick desafia a noção de estágios que implica uma ordem hierárquica no desenvolvimento, implicando que o próximo estágio inclui os comportamentos do anterior em contraste com um conjunto de novos ou emergentes

comportamentos que uma equipe pode desenvolver (Gersick, 1988). Outros críticos afirmaram que Tuckman desenvolveu seu modelo a partir da revisão de pesquisas que lidavam principalmente com terapia e grupos multidisciplinares, ambos buscando mudanças deliberadas. Conseqüentemente, esses grupos estão super-representados no modelo em relação a outros tipos de equipes, como equipes de trabalho ou de tarefas (Tuckman, 1965). Além disso, a pesquisa original carece do rigor da análise quantitativa e do controle adequado das variáveis de pesquisa (Tuckman, 1965). No entanto, durante os mais de cinquenta anos desde o artigo seminal do Modelo de Tuckman, muitas pesquisas foram conduzidas sobre diferentes tipos de equipes, incluindo equipes de trabalho e equipes envolvidas com desenvolvimento de *software*. Pesquisas posteriores a Tuckman aprofundaram-se em outras limitações do modelo, incluindo o impacto de variáveis externas, como tamanho da equipe, mudança intencional e papel do líder (Kozlowski et al., 2009). De acordo com Zoltan e Vancea (2016), um dos problemas remanescentes com a pesquisa é como as equipes transitam de um estágio para o próximo. O Quadro 12 sumariza a evolução dos estudos de Tuckman e as contribuições para este trabalho.

Quadro 12: Trabalhos sobre o Modelo de Tuckman e contribuições para o presente trabalho

Autores e ano	Tema principal	Contribuição para este trabalho
Tuckman, 1965	Artigo seminal sobre formação de times	Composição do modelo-base de referência
Tuckman; Jensen, 1977	Adição da fase de encerramento	Composição do modelo-base de referência
Gersick, 1988	Crítica quanto à linearidade do modelo de Tuckman	Análise crítica dos resultados
Farrell et al., 2001	Caso prático da aplicação do modelo de Tuckman	Análise de impacto positivo após a transposição das fases iniciais
Kozlowski et al., 2009	Impacto das variáveis externas à efetividade do modelo (tamanho de equipe, mudanças e liderança)	Análise de impacto negativo na performance de times
Tseng; Ku, 2011	Importância do nível de confiança dos membros do time	Fatores críticos para o atingimento da maturidade da equipe
Zoltan; Vancea, 2016	Crítica ao modelo a respeito das transições entre fases	Análise crítica dos resultados

Crunk, 2018	Análise de fatores emocionais e impacto na performance de times	Fatores críticos para o atingimento da maturidade da equipe
Silva; Lovato, 2016, Taborga, 2018, Gren et al., 2019, Solomon, 2020, Moyo et al. 2021, Kamaludin et al., 2022	Análise aprofundada do modelo de Tuckman	Composição do modelo-base de referência

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

## 2.12 Modelagem Matemática Probabilística e a Maturidade de Times

Alguns estudos exploraram alternativas para a composição de modelos matemáticos que buscam prever comportamentos de equipes. A modelagem matemática probabilística é uma abordagem que permite a representação e análise de sistemas complexos como, por exemplo, o comportamento humano (Roudposhti et al., 2016).

Alguns métodos que são comumente citados na literatura são as Cadeias de Markov, Modelos de Monte Carlo, Modelos de Regressão Logística, Modelos de Séries Temporais, e Modelos Bayesianos (Samui et al., 2020).

As Cadeias de Markov são amplamente utilizadas para modelar processos em que o próximo estado depende apenas do estado atual e não de estados anteriores, caracterizando um comportamento de "memória curta". Estas cadeias são bastante aplicadas em áreas como a biologia, na modelagem de processos genéticos, e finanças, na previsão de flutuações de preços (Piterska et al., 2018).

Os métodos de Monte Carlo envolvem a utilização de simulações repetidas para estimar propriedades de sistemas complexos. São particularmente úteis em situações em que os modelos determinísticos são difíceis de resolver analiticamente (Samui et al., 2020).

A regressão logística é uma técnica estatística que modela a probabilidade de um determinado evento ocorrer, usando uma ou mais variáveis independentes. É amplamente utilizada em áreas como medicina, economia e ciências sociais (Yang; Loog, 2018).

Os modelos de séries temporais são usados para analisar dados que são coletados ao longo do tempo. Estes métodos são fundamentais para previsões em economia, meteorologia e controle de qualidade industrial (Lim; Zohren, 2021).

Os modelos bayesianos utilizam a Teoria de Bayes para atualizar a probabilidade de uma hipótese à medida que mais evidências ou informações se tornam disponíveis. Esse método é particularmente poderoso em situações com dados limitados ou quando se deseja incorporar conhecimento prévio no modelo (Roudposhti et al., 2016).

No Quadro 13 são elencados os principais métodos com suas principais características.

Quadro 13: Principais métodos de modelagem matemática probabilística

Método	Característica
Modelos de Cadeia de Markov	Referência de curto prazo embasada no estado atual
Modelos de Monte Carlo	Múltiplas repetições com grandes volumes de dados
Modelos de Regressão Logística	Utilização de uma ou mais variáveis independentes
Modelos de Séries Temporais	Utilização de dados históricos para previsão de comportamentos futuros
Modelos Bayesianos	Utilização de poucos dados históricos para simulação de eventos em cadeias de causa-efeito

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A modelagem matemática probabilística proporciona ferramentas poderosas para a análise de sistemas e suas incertezas. Os métodos descritos são apenas alguns exemplos de técnicas amplamente aplicadas em diversas áreas de conhecimento (Samui et al., 2020).

## 2.13 Comentários finais ao capítulo

Neste capítulo foram revisados os conceitos gerais de gestão de projetos e suas origens. Tal contextualização é importante para o entendimento do quão

disruptiva é a mudança à qual as empresas estão submetidas durante a troca de métodos preditivos, ou estilo *waterfall*, como o PERT e o CCPM para o modelo ágil de gestão de projetos, com métodos como *Scrum*, escalonamento do *Scrum*, *kanban*, entre outros.

Para a continuidade do trabalho, é estabelecido um foco em especial para a gestão de projetos ágeis em ambientes de manufatura. Os exemplos de métodos ágeis em projetos de manufatura serviram para ilustrar o poder da customização neste ambiente. O método híbrido é destacado com um grande potencial de alavancar o uso do ágil em ambientes mais tradicionais, como é o caso da manufatura, por ser um método menos disruptivo comparado com o *Scrum*. O modelo de Tuckman é apresentado dentro do contexto de times ágeis que seguem o *Scrum* para embasar o trabalho que é desenvolvido utilizando as referências de modelagens matemáticas probabilísticas na composição do método apresentado no capítulo 3.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

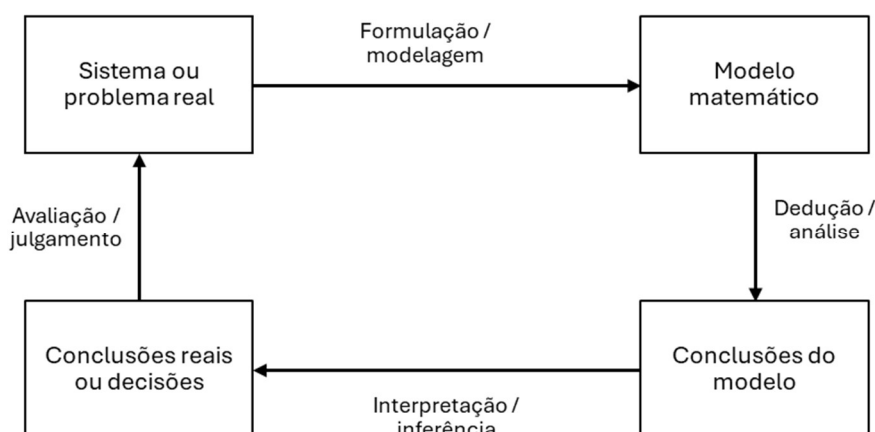
Neste capítulo apresenta-se o método de pesquisa a fim de cumprir com os objetivos propostos. Para tanto, foi escolhido como referência o método de modelagem matemática apresentado na seção 3.1. O formato proposto e as etapas para a implementação do projeto de pesquisa e potencialmente para a sua replicação é detalhado na seção 3.2.

#### 3.1 Modelagem matemática

A modelagem matemática é um processo no qual fenômenos do mundo real são representados por equações matemáticas. Isso envolve identificar variáveis, definir parâmetros e estabelecer relações entre eles para descrever o comportamento de um sistema. O objetivo é criar um modelo que capture de maneira precisa e útil as características essenciais do fenômeno em estudo, permitindo análises e previsões. O desenvolvimento do modelo pode envolver simplificações para tornar as equações mais manejáveis, mas é crucial que o modelo seja validado em relação aos dados experimentais ou observacionais (Morabito; Pureza, 2012).

O diagrama da Figura 11 ilustra um processo simplificado da abordagem de solução de um problema através da modelagem matemática.

Figura 11: Diagrama de construção de modelo matemático



Fonte: Arenales et al. (2007).

Na construção do modelo, ou formulação da modelagem, determinam-se as variáveis de interesse e as relações matemáticas necessárias para descrever o comportamento relevante do sistema ou problema real. Nesse estágio, o pesquisador decide quais variáveis devem ser incluídas no modelo e estabelece as relações causais entre elas. Esta etapa é de suma importância para a pesquisa empírica quantitativa, mas também é significativa em pesquisas axiomáticas quantitativas, onde se exploram modelagens alternativas para um problema idealizado.

A dedução (análise) utiliza técnicas matemáticas e tecnologia para resolver o modelo matemático (geralmente através de códigos computacionais e computadores) e visualizar as conclusões e/ou decisões sugeridas pelo modelo. Esta etapa é fundamental em pesquisas axiomáticas que desenvolvem métodos de solução mais eficazes ou examinam métodos existentes.

A interpretação (inferência), por outro lado, avalia se as conclusões e/ou decisões derivadas do modelo são suficientemente significativas para aplicar ao problema real. Frequentemente, uma avaliação dessas conclusões ou decisões mostra que elas não são adequadas, indicando que o escopo do problema e sua modelagem matemática precisam ser revistos, o que pode resultar na repetição do ciclo. Esta etapa é especialmente importante na pesquisa empírica quantitativa (Morabito; Pureza, 2012).

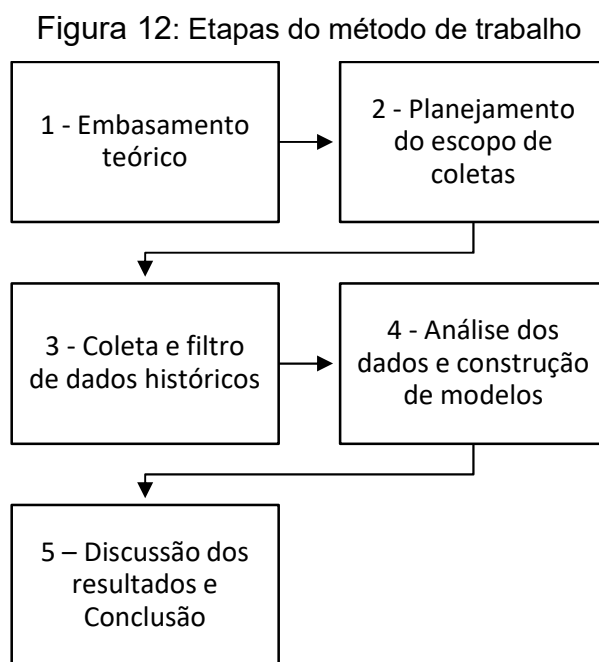
### **3.2 Método de trabalho**

Nesta seção são detalhados os passos que compõe o método de trabalho utilizado para a realização deste estudo. Este detalhamento é particularmente importante na replicação do método uma vez que este estudo também abre caminho para aperfeiçoamento do conhecimento sobre o tema (Hevner et al., 2004).

O método de trabalho dessa pesquisa é composto pelas seguintes etapas: definição conceitual da teoria, planejamento do escopo de coletas, coleta e filtro de dados históricos, análise de dados e construção de modelos, discussão dos resultados e conclusão. Tais etapas foram planejadas utilizando como base o conceito de modelagem apresentado por Arenales et al. (2007) e diagramado na



Figura 11, porém, não em sua totalidade. As etapas de avaliação do modelo foram excluídas em função de limitações de recursos e disponibilidade de amostras para este trabalho conforme limitação descrita na seção 1.5. O diagrama de sequência lógica na Figura 12 demonstra as etapas do método de trabalho.



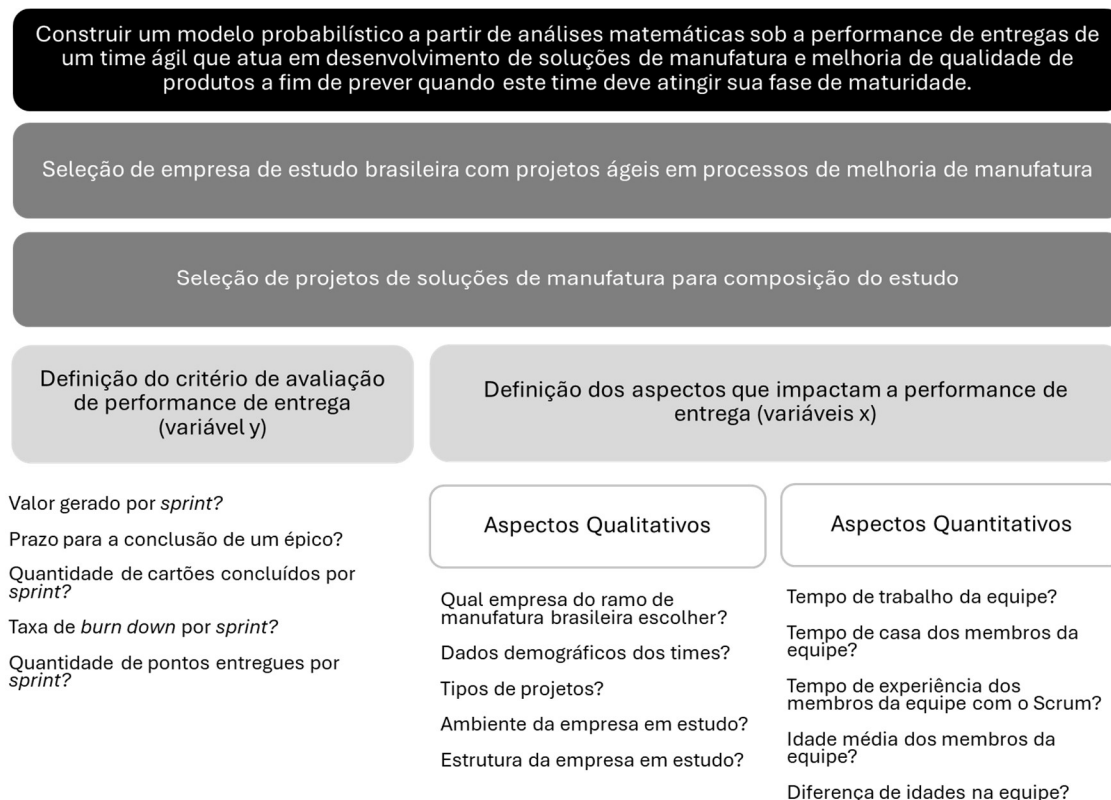
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na primeira etapa, de embasamento teórico, é realizada uma busca na literatura atual a fim de entender os conceitos de projetos, ferramentas de gestão de projetos utilizados na atualidade e um modelo comportamental de equipes de projetos. No contexto dos elementos presentes no Manifesto Ágil e da gestão de projetos ágeis, é importante consultar os métodos clássicos como PERT para o correto entendimento do propósito do *Scrum*, já que este é o método ágil mais explorado e difundido entre as empresas da atualidade (Patrucco et al., 2022). O entendimento do conceito de gestão ágil e o ambiente em que está inserido também colabora para a compreensão quanto aos fatores que motivam os indivíduos membros dos times ágeis e contribuem para as suas performances individuais e em equipe. Juntamente com este conteúdo, são aprofundados os conhecimentos sobre a aplicação da teoria de formação de equipes criada por Tuckman, seus impactos na

performance de times e suas curvas de maturação, além da sua aplicação em times ágeis de *Scrum*.

Na segunda etapa, é feito um planejamento para a coleta dos dados de projetos que contribuem para o estudo. É considerada uma empresa do ramo de manufatura que trabalha com projetos ágeis. Também são considerados os projetos que possuem documentação de dados qualitativos relacionados às características do ambiente e dos times envolvidos no projeto. Além disso, são buscados projetos com dados quantitativos referentes à progressão de performance de entrega por *sprint*, métrica que será utilizada para a mensuração da velocidade de amadurecimento dos times. A fim de garantir o alinhamento dos elementos de pesquisa com o objetivo do trabalho, foi confeccionado um construto conforme a Figura 13 destacando-se os subgrupos da pesquisa e potenciais perguntas a serem respondidas.

Figura 13: Construto para o processo de seleção dos projetos a serem considerados na análise



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Alinhado com os elementos dispostos na Figura 13, é confeccionado o protocolo de pesquisa que visa, além de responder à pergunta de pesquisa, garantir o direcionamento das ações a cumprir os objetivos de pesquisa além dos objetivos específicos. O protocolo de pesquisa é apresentado no Quadro 14.

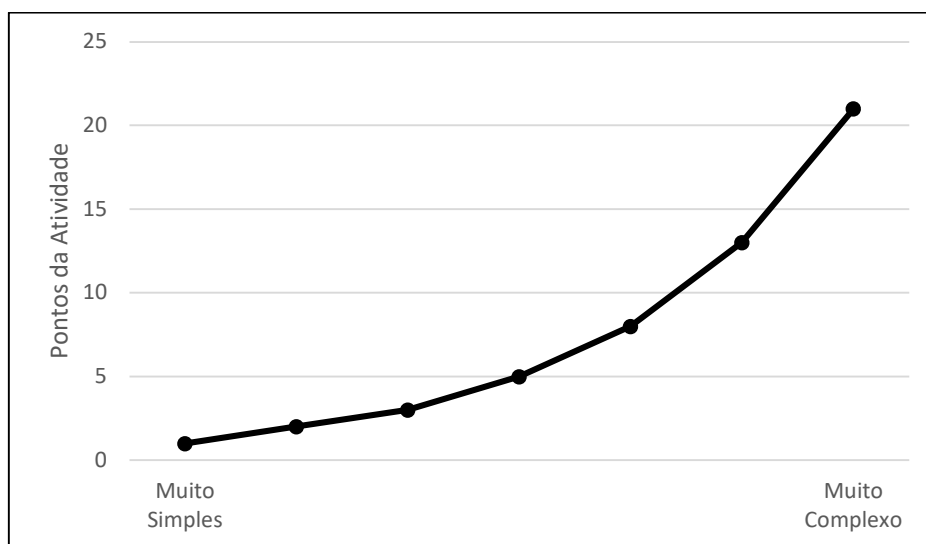
Quadro 14: Protocolo de pesquisa

<b>Questão principal da pesquisa</b>	Em que momento um time ágil, que opera utilizando o método <i>Scrum</i> , atinge a maturidade no ciclo de vida de um projeto, maximizando a performance de entrega por <i>sprint</i> ?
<b>Objetivo principal</b>	O objetivo geral de pesquisa é construir um modelo probabilístico, a partir de análises matemáticas, sob a performance de entregas de um time ágil que atua em desenvolvimento de soluções de manufatura e melhoria de qualidade de produtos, a fim de prever quando este time deve atingir sua fase de maturidade.
<b>Temas baseados na sustentação teórica</b>	Maturidade de times de times ágeis em <i>Scrum</i> atuando na melhoria de resultados em processos de suporte à manufatura em empresas brasileiras. Palavras de busca: “Project Management”, “Agile”, “Scrum”, “Maturidade de Times”, “Modelos Probabilísticos”.
<b>Unidade de análise</b>	Uma empresa de manufatura brasileira que trabalha com projetos ágeis há pelo menos 1 ano.
<b>Tipos de projetos</b>	Dados históricos de projetos ágeis para melhorias de qualidade, custos, segurança do trabalho, produtividade e implementação novos produtos na área de manufatura.
<b>Período de realização</b>	De 2018 a 2023.
<b>Forma de coleta dos dados</b>	Contato com gestores de equipes e líderes de projetos da empresa através de e-mails e compartilhamento de arquivos em Excel, remotamente, contendo dados históricos de execução de projetos ágeis.
<b>Obtenção da validade</b>	Documentação da empresa: planilhas em Excel com controles da evolução dos times conforme a conclusão das <i>sprints</i> de trabalho.
<b>Confiabilidade</b>	O presente estudo pode ser replicado por outros pesquisadores.
<b>Questões elementares do estudo de caso</b>	Qual empresa do ramo de manufatura brasileira escolhida (estrutura da empresa, ambiente da empresa)? Como foi medida a performance do time ágil (valor gerado por <i>sprint</i> , Prazo para a conclusão de um épico, quantidade de cartões concluídos por <i>sprint</i> , taxa de <i>burn down</i> por <i>sprint</i> , quantidade de pontos entregues por <i>sprint</i> )? Qual o objetivo do time ágil (tipos de projetos)? Qual o tamanho da equipe? Dados demográficos dos times (tempo de casa, experiência com Scrum, idade média, diferença de idades)?

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na terceira etapa, é eleita a empresa de estudo e realizados os contatos com as lideranças de projeto para efetuar uma coleta de dados históricos de performance de times ágeis que tivessem o acompanhamento de velocidade desde quando foram montados e iniciaram os trabalhos. Também é feito um esforço de resgate de informações dos projetos, conforme questões elementares do estudo de caso presentes no protocolo de pesquisa. Nesta etapa é feito o descarte de alguns projetos uma vez que não são encontradas evidências sobre o uso do mesmo formato de pontuação nas atividades desenvolvidas ao longo das *Sprints*. Para padronizar o formato de demonstração de progressão de performance são escolhidos apenas os projetos que convencionam o uso da sequência de Fibonacci para a pontuação, excluindo-se os projetos que consideraram a variável tempo (horas) para a atribuição do peso das atividades, ou até mesmo a quantidade de cartões por *sprint* como critério de performance (uma vez que cartões de atividades provavelmente possuíam pesos diferentes). A escala de Fibonacci atribui o peso 1 a uma atividade muito simples e 21 a uma atividade muito complexa conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2: Escala de Fibonacci



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O uso da escala de Fibonacci propicia uma avaliação relativa da equipe de trabalho em relação a sua própria avaliação de performance conforme princípio ágil da autonomia das equipes. Tal avaliação subjetiva é transformada em dados através da curva de performance e a estabilização da curva indica o atingimento da etapa de maturidade do time.

Na quarta etapa, os dados de velocidade dos projetos selecionados são plotados e analisados em gráficos através do Microsoft Excel, parte do pacote Office 365. Com as curvas de velocidade geradas de cada time ágil, através do *software* CurveExpert, é feita uma aproximação matemática através de algoritmos de regressão não-linear. As escolhas das equações que mais se aproximam da representação matemática do comportamento de cada curva de performance são dadas pela avaliação do parâmetro  $R^2$  onde um valor próximo de  $0.9 \pm 0.1$  representa uma boa aproximação. Com base nas equações geradas para cada curva de performance de times, é estabelecido o ponto de inflexão que caracteriza o período, ou o número da *sprint*, em que deve ocorrer o término da fase de performance de acordo com o conceito apresentado por Tuckman. É utilizado o *software* Symbolab para a geração da equação derivada da curva de performance. Com a função derivada igualada a zero (ponto de inflexão da curva) é gerado o valor teórico da *sprint* onde ocorre a estabilização de performance. Utilizando o Microsoft Excel é composto um quadro demonstrando a tendência, em número de *sprints*, dos pontos de inflexão dos times ágeis performando no método *Scrum*. A partir dos dados gerados, é demonstrada a probabilidade de atingimento da fase madura da equipe de trabalho optando-se por não utilizar métodos mais complexos de modelagem matemática probabilística e utilizando-se apenas uma abordagem simplificada em função da baixa quantidade de amostras disponíveis.

Na quinta e última etapa, são discutidos os resultados obtidos nas etapas anteriores e suas contribuições. Além disso, é verificado se o trabalho efetivamente alcançou os objetivos propostos. Também é proposta uma continuidade do estudo visando aprimorar o conhecimento gerado em trabalhos futuros.

## **4 RESULTADOS: ANÁLISE E DISCUSSÃO**

Nesse capítulo serão feitas análises sobre as características dos times e ambientes aos quais os projetos ágeis na empresa em estudo são desenvolvidos. Também são feitas análises sobre os dados coletados referentes aos resultados de performance obtidos pelos times de projeto. Avaliam-se os pontos de inflexão das curvas de performance e compõe-se o modelo probabilístico correspondente a amostra utilizada. Por fim, são discutidas oportunidades encontradas na gestão dos times e na maximização da performance das equipes ágeis analisadas neste trabalho.

### **4.1 Empresa em estudo**

Para este trabalho foram utilizados recursos de uma empresa de produção de máquinas agrícolas. Esta empresa tem abrangência em escala global, empregando mais de 60 mil profissionais em mais de 100 fábricas e distribuindo produtos em mais de 150 países. Em 2023, a empresa teve vendas líquidas globais superando a marca de 50 bilhões de dólares e um lucro líquido acima de 10 bilhões de dólares.

A empresa em estudo é líder do setor de equipamentos agrícolas em diversos mercados e tem uma forte atuação em causas sociais. Em parcerias com organizações não governamentais, contribui com mais de 200 milhões de dólares em programas e doações para ações socioambientais focadas em desenvolvimento agrícola sustentável, principalmente em países em desenvolvimento.

No Brasil, são 7 unidades fabris que empregam cerca de 9 mil profissionais diretos. Duas unidades da empresa foram consideradas neste trabalho: uma unidade no Estado de São Paulo e outra no Estado do Rio Grande do Sul. Somadas, ambas unidades contam com cerca de 2 mil profissionais diretos e impactam aproximadamente 6 mil empregos indiretos.

A unidade de São Paulo, produz 4 famílias de máquinas diferentes, responsável pelas vendas de equipamentos para mais de 80 países. Na unidade do Rio Grande do Sul, inicialmente projetada para a produção de máquinas especiais e com baixo volume, devido ao aumento de demanda de equipamentos trazido pelo

crescimento do agronegócio brasileiro, a estratégia da empresa foi atualizada, seguindo o mesmo sistema de produção da unidade de São Paulo: produção sequenciada em linha de montagem com baixos inventários intermediários, seguindo a lógica *just in time*, com um arranjo de negócio baseado no conceito *build to order*.

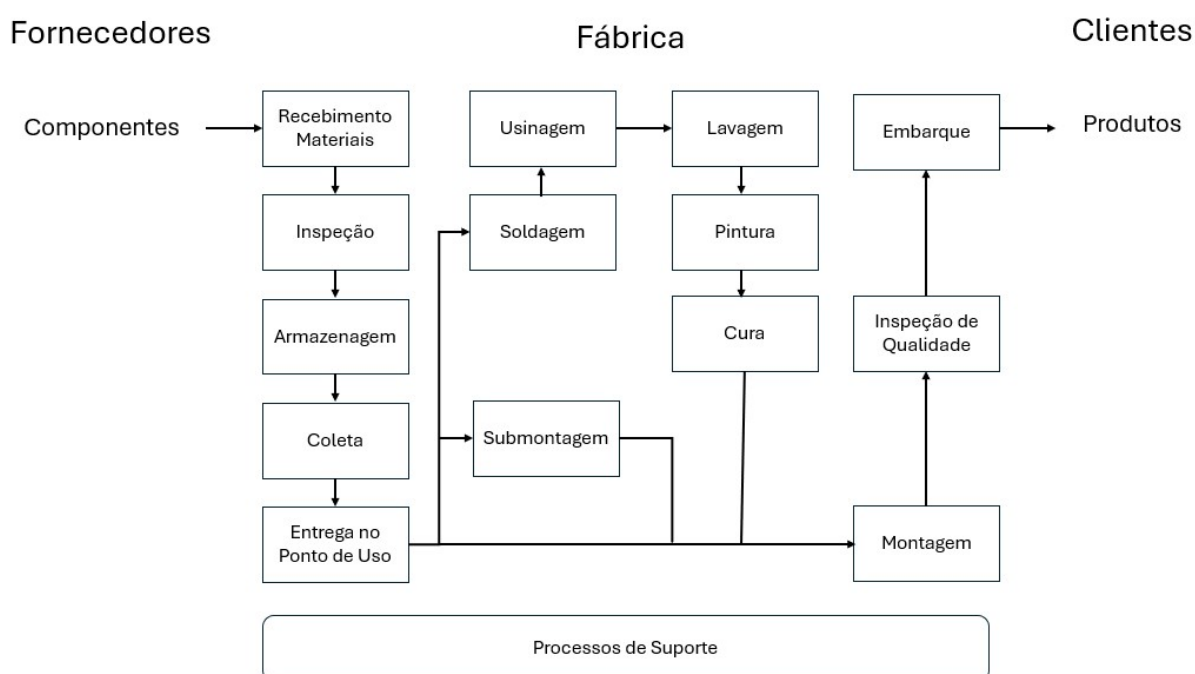
O fluxo de produção das fábricas da empresa em estudo se inicia no recebimento e inspeção de componentes e materiais executados pelos departamentos de operações logísticas. Os componentes são estocados nos armazéns da fábrica de forma que haja rastreabilidade dos dados de recebimento, controlados através de um sistema de gerenciamento de inventário. A partir de uma ordem de produção, um sistema que gerencia a necessidade de peças nas áreas de produção indica a demanda de coleta dos itens do armazém e gerencia a entrega desses itens nas áreas de soldagem e montagem, nas posições chamadas de ponto de uso.

Com os componentes dispostos nos pontos de uso, inicia-se o processo de fabricação das estruturas. As primeiras etapas ocorrem no processo de soldagem, com a união de materiais em gabaritos dedicados. Uma vez que a estrutura está confeccionada, ela é levada para centros de usinagem onde determinadas superfícies são usinadas e qualificadas conforme a geometria e aplicação das peças durante a montagem. O processo de fabricação é finalizado na área de pintura, através das etapas de lavagem, preparação das superfícies para a pintura, a pintura em si e a cura da tinta que ocorre em fornos de temperatura controlada.

Com as estruturas já pintadas e disponíveis nos pontos de uso da montagem, juntamente com os demais materiais coletados no armazém e disponibilizados para os montadores, inicia-se o processo de montagem. Este processo ocorre em paralelo nas áreas de submontagens e montagens principais. Os processos de montagens principais ocorrem na linha de montagem, que possui um sistema de movimentação do chassi entre postos. Ao final da linha de montagem ocorre o processo de inspeção de qualidade, onde são avaliadas as condições funcionais e de aparência do produto conforme suas especificações. Uma vez aprovado, o produto é direcionado para a área de embarque, onde é feita uma última inspeção antes de carregar as máquinas em caminhões que as levarão até os clientes finais.

Durante os processos produtivos também são desempenhados os processos de suporte ao fluxo de produção. Tais processos ocorrem dentro da fábrica e nos setores administrativos, e são desempenhados pela própria empresa. Dentre os processos de suporte com maior demanda de profissionais destacam-se os processos de melhoria dos métodos de manufatura, altamente importantes para o ganho de produtividade, e os processos de melhoria da qualidade e redução de custos, essenciais para a manutenção e o crescimento da competitividade da empresa. A Figura 14 demonstra o fluxo do processo produtivo.

Figura 14: Fluxo de produção atual



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Um desafio encontrado na empresa é o de gestão das prioridades de melhorias de manufatura em face à restrição de recursos e necessidade de rápida resposta às demandas da fábrica, principalmente relacionadas a objetivos de melhoria em qualidade, redução de custos e ganhos em produtividade. A utilização e divulgação dos dados utilizados neste estudo foi autorizada pela empresa de estudo.



## 4.2 Uso do *Scrum* na gestão de projetos de melhoria de manufatura na empresa em estudo

Na empresa em estudo é aplicado o método *Scrum* para a gestão de projetos de melhoria de manufatura entre 2018 e 2023. Conforme o método, as *sprints* ocorriam a cada duas semanas, ao final da *sprint* ocorria a reunião de revisão com o time, e antes de iniciar uma nova *sprint* era realizada a reunião de planejamento.

Ao longo desta trajetória, foram aprimoradas algumas técnicas de gestão que resultaram em uma adaptação do modelo considerando restrições de recursos e modelo mental da liderança da fábrica. Nas seções subsequentes seguem as principais diferenças implementadas:

### 4.2.1 Projetos pequenos

Os times ágeis tipicamente eram montados com poucos membros (de 3 a 6 pessoas) e foram inicialmente implementados em projetos de melhoria de qualidade a problemas reportados por clientes. Após estes, foram criados times para explorar a viabilidade econômica de ideias de redução de custos de materiais diretos. Também foram formados times para trabalharem nas tratativas de propostas de melhorias vindas da área operacional, além de análises sobre trabalhos visando o aumento da capacidade de produção de um determinado setor de manufatura. Estes times estavam expostos a demandas imprevistas, fator determinante para a implementação de métodos ágeis. Nestes casos, os projetos eram divididos entre 5 e 8 atividades, tipicamente executadas por um único membro do time, ao longo das *sprints*. Cada atividade era avaliada pelo time e quantificada em pontos de forma verbal, durante a reunião de planejamento, utilizando a escala de Fibonacci. A correlação entre tempo e complexidade sempre foi um desafio, porém, ao longo das *sprints*, os membros do time com menor experiência no método aos poucos deixavam de fazer esta correlação temporal e contribuía com argumentos para aumentar ou diminuir uma pontuação proposta.

#### 4.2.2 Dedicção de recursos

Os membros dos times ágeis não eram permanentes. Eles poderiam entrar e sair dos times, a depender da necessidade do negócio. Em todos os casos, a premissa de dedicação exclusiva para o time ágil não era cumprida em função da escassez de recursos e competição com outras atividades, principalmente relacionadas ao suporte à produção. Neste caso, foi estabelecida uma meta diária de 50% de dedicação ao time ágil. Desta forma, sabia-se que determinado membro do time estaria trabalhando no suporte da produção enquanto outro estaria focado nas atividades do time ágil e que ambos poderiam se revezar para que a produção permanecesse suprida de suporte.

Esta é uma característica típica de fábricas pequenas a médias. Na medida em que há um crescimento do faturamento e da complexidade de gestão da produção se faz necessário revisar esta prática a fim de ter maior aproveitamento dos recursos para ambas as atividades.

Da mesma forma, outros papéis do *Scrum* não possuíam dedicação exclusiva ao time ágil. O papel de *Product Owner* tipicamente era exercido pelo supervisor da área com maior interesse no resultado do trabalho do time ágil. Em times de redução de custos de material direto, o *Product Owner* era o supervisor de custos. Em times de análise de defeitos de qualidade, o *Product Owner* era o supervisor da qualidade. Nos casos em que o time ágil era focado em um entregável do próprio departamento, sem haver a necessidade de envolvimento de outras áreas, o *Product Owner* era o próprio supervisor do departamento (exemplo: estudos de capacidade de processos de manufatura). No caso do *Scrum Master* convencionou-se que esta seria um papel de um dos membros do time. Além de executar suas tarefas também teria a responsabilidade de buscar eliminar barreiras e zelar pelo seguimento do método acordado entre todos. Em alguns times ágeis a função do *Scrum Master* era assignada a membros diferentes a cada *sprint* para desenvolver habilidades de protagonismo entre os participantes.

#### 4.2.3 Reuniões remotas

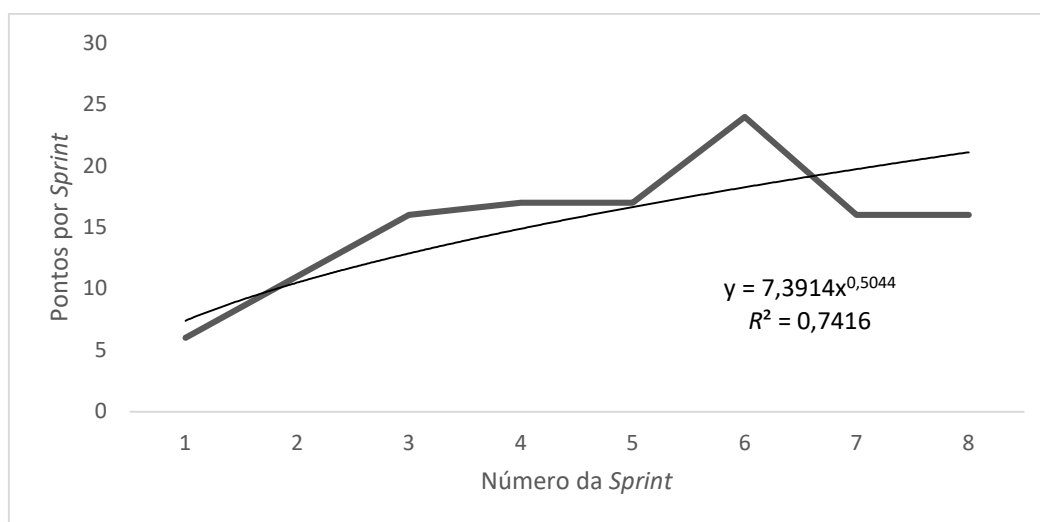
Apesar do conceito de times ágeis ter sido implementado inicialmente em 2018, somente em 2019 que se tornou mais popular entre os departamentos. Com os resultados que vinham sendo apresentados, mais áreas despertaram o interesse em testar o uso do *Scrum*. Em 2020, com a chegada da pandemia do COVID, foi estabelecida uma rotina de trabalho remoto que impossibilitou a execução das reuniões diárias presenciais de *Scrum*. Neste momento, abriu-se a possibilidade de execução de todos os eventos do *Scrum* de forma remota. A execução das reuniões seguia o mesmo protocolo das reuniões presenciais. O diferencial era a necessidade de abertura das câmeras para que todos os membros pudessem melhor interagir durante a reunião. Este formato se mostrou eficiente aumentando a participação nas reuniões diárias, o que era um problema no formato presencial devido ao compartilhamento dos recursos com o suporte à produção. Este formato se manteve mesmo depois da pandemia apenas para as reuniões diárias. Para o planejamento e revisão das *sprints*, bem como para as reuniões de retrospectivas e *kaizen* de melhoria, as reuniões voltaram a ser de forma presencial, aproveitando ao máximo a capacidade de comunicação dos membros do time.

#### 4.2.4 Controle de velocidade de entrega

O foco dos times ágeis na empresa em estudo estava na busca de entregas incrementais de melhoria em processo e não na execução de processos-fim da empresa, como a execução da produção. Tais melhorias não eram agrupadas em projetos ao estilo convencional, onde são identificados os épicos, características (ou *features*) e as histórias de usuário (*user stories*). Os projetos eram quebrados em subatividades que por sua vez eram pontuadas conforme demonstrado anteriormente no Gráfico 2, presente na seção 3.2. Neste cenário, não se via como um grande valor realizar o controle das entregas da *sprint* baseado nos gráficos de *burn-down*, onde se estabelece uma meta de pontos na *sprint* e diariamente se subtrai da meta a quantidade pontos que foram concluídos pelo time. No controle dos projetos dos times ágeis utilizou-se a métrica de velocidade, que consiste em

monitorar a cada *sprint* a quantidade de pontos concluídos pelo time. Em um caso piloto durante as primeiras tratativas para implementação de times ágeis na empresa em estudo observou-se uma curva de velocidade conforme mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Exemplo de curva de velocidade de entrega por *sprint* de um time ágil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Como esperado, a curva é bem descrita ( $R^2 > 74\%$ ) por um modelo exponencial negativo cujo expoente é menor do que 1, o que aponta para incrementos decrescentes no número de pontos à medida que cresce o número de *sprints*. O modelo logístico, em princípio, também poderia descrever a curva, mas o quarto ponto, mais elevado do que o esperado segundo este modelo, o torna menos provável. Um ponto fora do patamar final pode indicar que o comportamento de estabilidade previsto pelo modelo logístico, após a inflexão, não seja generalizável. Deste modo, preferiram-se modelos que comportem retomadas parciais após a inflexão, pois este comportamento não deve ser descartado em times ágeis. Tal comportamento é compatível com o que foi exposto por Moyo et al. (2021) acerca da eventualidade de retomada do ciclo de crescimento de performance do time, o que pode ocorrer quando se observa recomposição da equipe e esta injeta um novo ânimo na equipe, oportunizando uma elevação momentânea do desempenho, mesmo em fase de estabilização. Por isto, o modelo a ser usado deve prever a possibilidade de que a estabilização não seja perfeita.

Como visto no Gráfico 3, à medida em que as *sprints* são concluídas, são contabilizados os números de pontos que o time foi capaz de entregar, respeitado o peso que foi atribuído pelo time a cada atividade durante o planejamento da *sprint*. Não são feitas análises de performance individual, por membro do time, para que todos tenham um sentimento de necessidade de colaboração entre si. Para a análise dos times de trabalhos contínuos, como no caso de análise de falhas de qualidade de produtos, foi estabelecido o critério de manter 2 *sprints* após a inflexão aparente da curva para delimitação da amostra dos dados.

### 4.3 Seleção dos dados para análise

Foram filtrados trabalhos de times entre 2018 e 2023. Foram utilizadas informações como o objetivo do time, quantidade de membros no time, números de atividades concluídas e quantidade de pontos computados por *sprints*. O formato de medição das entregas para estes times foi o mesmo, possibilitando o uso deles na composição deste estudo. Tais informações são apresentadas nas Tabelas 2, 3, 4, e 5.

Tabela 2: Dados dos times ágeis selecionados: Time 1

Time 1	<i>Sprint</i> (a cada 2 semanas com 4 membros)							
Fibonacci	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	2	2	4	5	2	1	3
2	1	2	3	1	2	2	1	4
3			1	2	1		1	
5		1	1	1	1	2	2	1
8						1		
13								
21								
TOTAL	6	11	16	17	17	24	16	16

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 3: Dados dos times ágeis selecionados: Time 2

Time 2	<i>Sprint</i> (a cada 2 semanas com 5 membros)							
Fibonacci	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	3	1	4	6	1
2		1	2	1	1	3		1
3			2	2	2	1	2	3
5	2	2		1		2		1
8			1	2	1	1	2	
13					1			1
21								
TOTAL	12	15	22	32	30	31	28	30

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 4: Dados dos times ágeis selecionados: Time 3

Time 3	<i>Sprint</i> (a cada 2 semanas com 4 membros)													
Fibonacci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4	2	4	2	5	2	4	2	1	1	1	4	2	3
2	1	1	2	2	2	1	2	5	2	5	1	2	2	1
3	1	1	2		2			3	2	1	1	2	2	2
5			1	2	2	1	2	3	1	1		3	4	4
8		1		1			1		2	2		3	2	2
13	1					1								
21														1
TOTAL	22	15	19	24	25	22	26	36	32	35	53	53	48	47

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 5: Dados dos times ágeis selecionados: Time 4

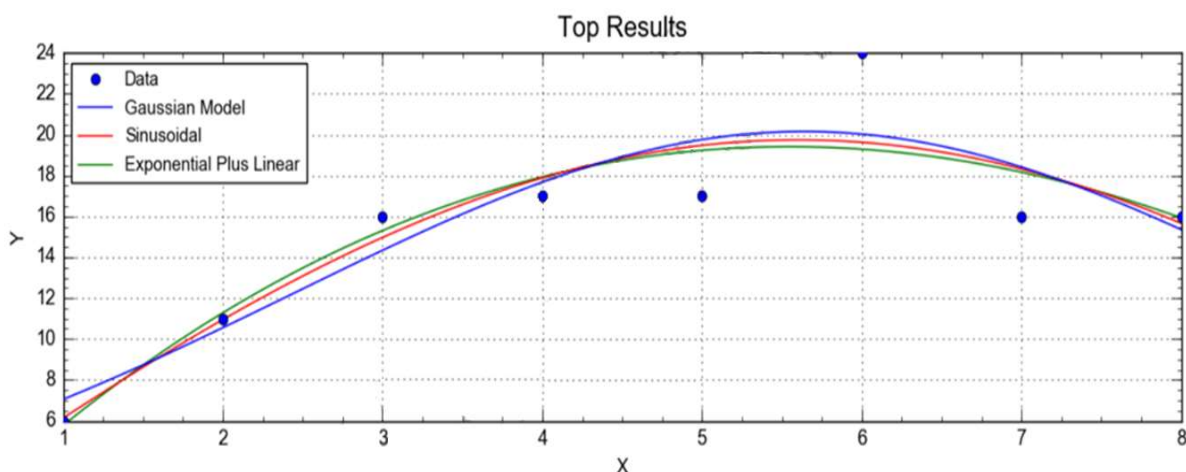
Time 4	<i>Sprint</i> (a cada 2 semanas com 3 membros)													
Fibonacci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	2		2		1	3	1	6	3	1	3	1	3
2	1		1	1	1	1	2				3			1
3			1	2		1	2	1	2	1	1	2	2	
5			2	1		2	1	2	1	1	2	1		
8					1			1		1		1	1	1
13														
21														
TOTAL	3	2	15	15	10	16	18	22	17	19	20	22	15	13

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 4.4 Análise dos dados sobre o time 1

O primeiro time analisado foi montado em Outubro de 2018 com o intuito de analisar falhas reportadas por clientes e dar uma disposição rápida a elas a fim de definir ações de contenção e abrangência durante o processo de investigação de causa-raiz e definição de ações corretivas. Este time não possuía um objetivo de conclusão de um determinado *backlog* estando amplamente aberto às variações e demanda em que estava submetido. Este foi um primeiro piloto onde todo o time estava em processo de aprendizado sobre o método *Scrum*. Neste time, havia 4 membros, entre analistas e engenheiros de qualidade, todos com treinamento e experiência em análises de falhas de qualidade dos produtos da empresa em estudo. Não foi observado o comportamento de retomada parcial de desempenho após o início da fase de estabilização. A partir dos dados coletados de números de pontos executados por *sprint* foi possível plotar através do *software* CurveExpert a curva de dispersão e as melhores aproximações de matemáticas para ela conforme a Figura 15.

Figura 15: Time 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Através da análise de correlação, o melhor resultado indicado pelo cálculo do coeficiente de determinação  $R^2 = 0,893$  foi da equação 1.

Equação 1: Modelo matemático do comportamento do time 1.

$$y(x) = \frac{1}{3,384 \cdot 10^{-3}x^2 - 3,861 \cdot 10^{-2}x + 1,568 \cdot 10^{-1}}$$

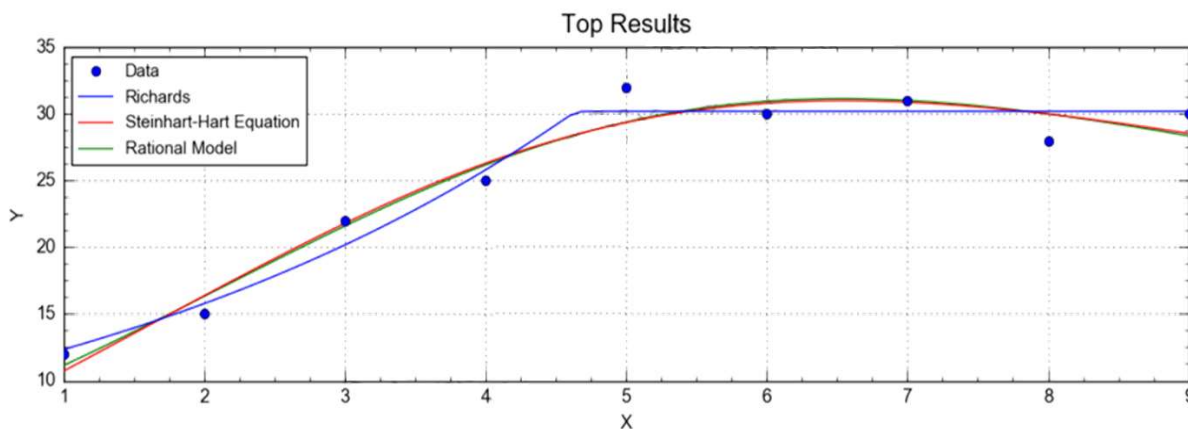
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.5 Análise dos dados sobre o time 2

O segundo time analisado também foi criado em um ambiente onde não possuía um *backlog* específico para ser concluído. Este time foi montado em Julho de 2022 contando com 5 membros, 3 analistas de manufatura e 2 estagiários, sendo que todos possuíam a mesma carga horária diária destinada para trabalhar no time ágil. O objetivo do time era atuar em projetos de melhoria contínua oriundos do setor operacional, dentro do programa de melhoria estabelecido na empresa de estudo. Tais projetos eram cadastrados em uma plataforma corporativa e destinados ao time de manufatura para análise. Historicamente, tais iniciativas não eram priorizadas por aparentemente não gerarem grandes benefícios, o que acarretava desengajamento do time operacional e reflexos nas pesquisas de engajamento e clima organizacional. Com a implementação do time ágil de manufatura, os projetos foram priorizados e o valor agregado percebido aumentou, com o uso da métrica de velocidade. Neste time, foi observado comportamento oscilatório após o início da estabilização. Da mesma forma que no time 1, foram tabulados os resultados das *sprints* em um gráfico e realizada a regressão não-linear e a correlação com a equação gerada, validada por um  $R^2 = 0,952$ , como mostram a Figura 16 e a Equação 2.



Figura 16: Time 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Equação 2: Modelo matemático do comportamento do time 2.

$$y(x) = \frac{1}{1,216 \cdot 10^{-3}x^2 - 1,651 \cdot 10^{-2}x + 8,713 \cdot 10^{-2}}$$

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.6 Análise dos dados sobre o time 3

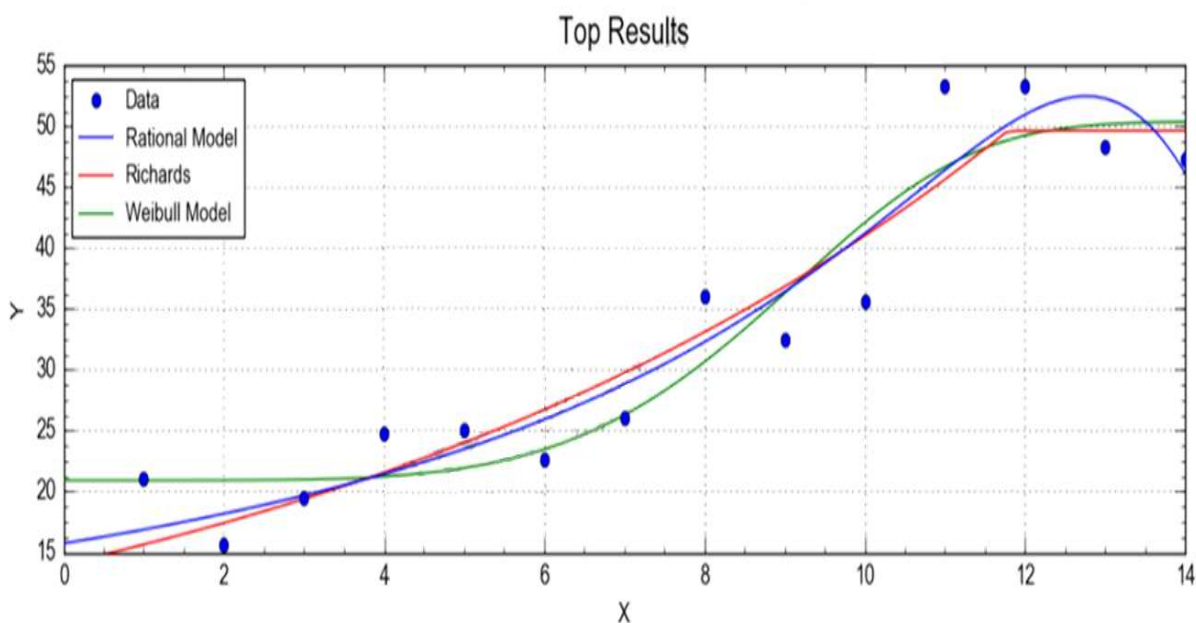
O terceiro time já é categorizado por ter sido criado com um escopo pré-determinado e um *backlog* refinado para a implementação do projeto. Neste caso, foi criado um time para análise da viabilidade de implementação de propostas de redução de custos de materiais diretos cuja lista havia sido gerada em ocasiões anteriores, provenientes de *workshops* de redução de custos. Os projetos de redução de custos eram divididos em atividades de tal forma que pudessem ser avaliadas pelos membros do time que era multifuncional, contando com integrantes das áreas de custos, engenharia de produto, compras e engenharia de manufatura. Neste caso, os especialistas de cada área acabavam definindo o peso das atividades a serem computadas no final da *sprint* no controle de velocidade do time. Neste caso foram controlados o número de projetos, redução de custo validada além do número de pontos em que o time foi capaz de entregar em cada *sprint*. Para este

estudo focou-se apenas no número de pontos. Tal time contava com 4 integrantes que performaram o trabalho durante o ano de 2021, entre Janeiro e Outubro.

Infere-se que este time, por ter sido implementado durante a pandemia de COVID, deve ter sofrido impactos por efeitos do trabalho remoto. De acordo com os conceitos difundidos pelo *Scrum*, as reuniões presenciais diárias são a forma mais efetiva de resolução de problemas, alinhamento de prioridades e elevação da moral do time em um ambiente ágil (Sutherland, 2014). Foi observado comportamento oscilatório durante a estabilização.

Na Figura 17 são mostradas as aproximações realizadas no CurveExpert e na Equação 3 é mostrado o modelo matemático cuja correlação se mostrou mais favorável através do teste de  $R^2$  que resultou em 0,939.

Figura 17: Time 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Equação 3: Modelo matemático do comportamento do time 3.

$$y(x) = \frac{1}{2,743 \cdot 10^{-4}x^2 - 7,669 \cdot 10^{-3}x + 7,341 \cdot 10^{-2}}$$

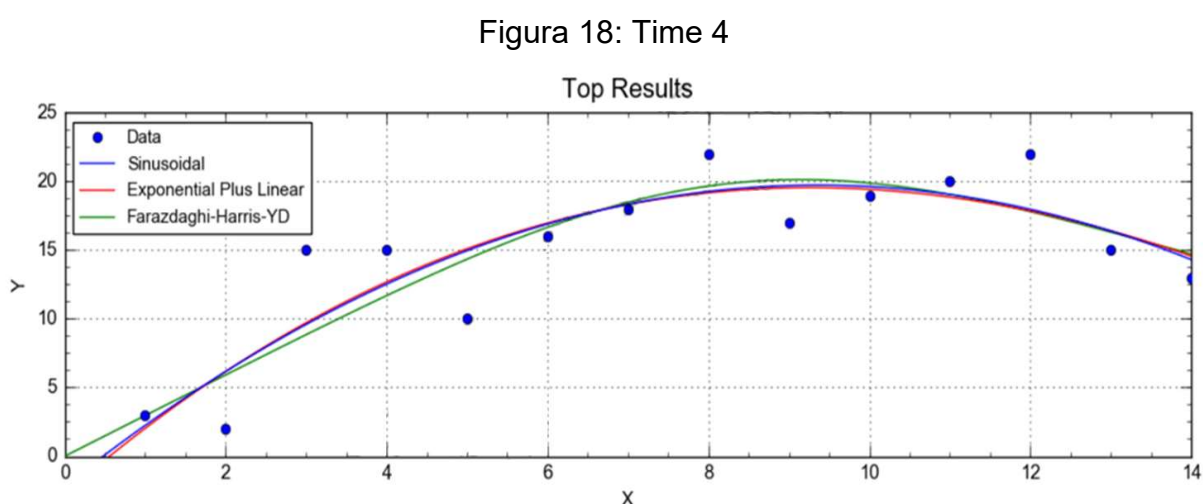
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.7 Análise dos dados sobre o time 4

O último time ágil analisado considerado para este estudo estava focado em realizar o cálculo de capacidade produtiva do setor de fabricação e montagem em 2023. Já sem o efeito da pandemia, porém ainda realizando reuniões diárias de forma remota, contava com a possibilidade da realização de reuniões de planejamento, revisão e retrospectiva de forma presencial. O *backlog* foi amplamente refinado e continha atividades como mapeamento de estado atual, identificação de gargalos, cronoanálises, orçamentação de equipamentos e planejamento de estado futuro.

Para a análise considerou-se a amostragem de duas *sprints* após a estabilização aparente da velocidade do time, uma vez que o time foi implementado em Janeiro de 2023 e permaneceu ativo até Dezembro do mesmo ano, realizando a entrega do plano para a empresa em estudo. Foi observado forte comportamento oscilatório durante a estabilização.

No time, havia 2 engenheiros e 1 estagiário, todos com a mesma carga horária destinada para o projeto. Mais uma vez, através do CurveExpert foram plotados os gráficos de correlação mostrados na Figura 18 e com um  $R^2 = 0,839$  foi gerada a Equação 4 que melhor se aproxima ao resultado da amostra.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Equação 4: Modelo matemático do comportamento do time 4.

$$y(x) = \frac{1}{1,330 \cdot 10^{-3}x^2 - 2,577 \cdot 10^{-2}x + 1,728 \cdot 10^{-1}}$$

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.8 Pontos de inflexão das curvas de performance

Uma vez identificadas as equações matemáticas que melhor descrevem o comportamento de velocidade dos times ágeis analisados, busca-se identificar o ponto de inflexão de tais curvas que caracterize o momento em que há uma queda de performance da equipe de trabalho. Para isso, fez-se uso do *software on-line* Symbolab para o cálculo das derivadas de cada equação. De acordo com o teorema das equações diferenciais, o ponto de inflexão de uma curva polinomial é representado pelo resultado da equação onde sua derivada seja igual a zero.

Na Tabela 6 são apresentadas as equações matemáticas que melhor representam as curvas de velocidade dos projetos escolhidos para compor o estudo e seus respectivos pontos de inflexão das curvas.

Tabela 6: Equações e valores dos pontos de inflexão das curvas dos times

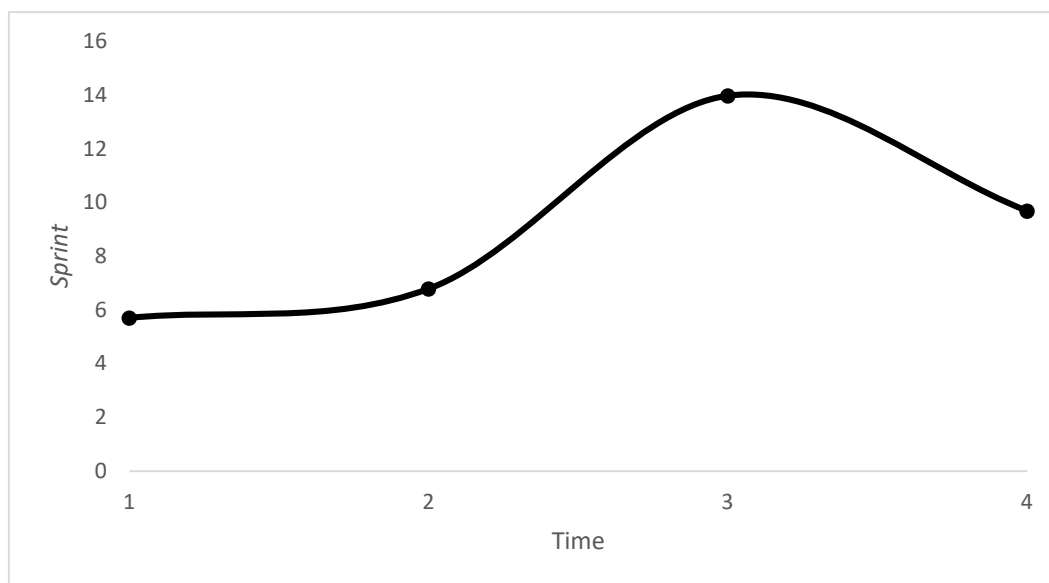
Time	Escopo	Equação de velocidade $y(x)$	Equação da derivada da velocidade $y(x)'$	Valor de x em que $y(x)' = 0$
1	Análise de Falhas de Qualidade	$\frac{1}{3,384 \cdot 10^{-3}x^2 - 3,861 \cdot 10^{-2}x + 1,568 \cdot 10^{-1}}$	$\frac{-6,768 \cdot 10^{-3}x + 3,861 \cdot 10^{-2}}{(3,384 \cdot 10^{-3}x^2 - 3,861 \cdot 10^{-2}x + 1,568 \cdot 10^{-1})^2}$	5,705
2	Implementação de Ideias de Melhoria Contínua de Manufatura	$\frac{1}{1,216 \cdot 10^{-3}x^2 - 1,651 \cdot 10^{-2}x + 8,713 \cdot 10^{-2}}$	$\frac{-2,432 \cdot 10^{-3}x + 1,651 \cdot 10^{-2}}{(1,216 \cdot 10^{-3}x^2 - 1,651 \cdot 10^{-2}x + 8,713 \cdot 10^{-2})^2}$	6,789
3	Avaliação de Ideias de Redução de Custos de Material Direto	$\frac{1}{2,743 \cdot 10^{-4}x^2 - 7,669 \cdot 10^{-3}x + 7,341 \cdot 10^{-2}}$	$\frac{-5,486 \cdot 10^{-4}x + 7,669 \cdot 10^{-3}}{(2,743 \cdot 10^{-4}x^2 - 7,669 \cdot 10^{-3}x + 7,341 \cdot 10^{-2})^2}$	13,979
4	Estudo Sobre a Capacidade de Produção	$\frac{1}{1,330 \cdot 10^{-3}x^2 - 2,577 \cdot 10^{-2}x + 1,728 \cdot 10^{-1}}$	$\frac{-2,660 \cdot 10^{-3}x + 2,577 \cdot 10^{-2}}{(1,330 \cdot 10^{-3}x^2 - 2,577 \cdot 10^{-2}x + 1,728 \cdot 10^{-1})^2}$	9,688

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nas colunas 1 e 2 da Tabela 2 são listados o número do time de projeto e uma rápida descrição do projeto em questão para a sua identificação. Na coluna 3 é apresentada a equação que melhor descreve o comportamento da curva de velocidade deste projeto adquirida através do *software* CurveExpert. Na coluna 4 é apresentada a equação obtida através da derivação da equação da coluna 3, através do *software* Symbolab. Na coluna 5, por fim, é apresentado o resultado da equação da expressão da coluna 4, igualada a zero, em números decimais. Tais resultados presentes na coluna 5 representam o número da *sprint* em que ocorre a inflexão da curva de velocidade, representando assim o atingimento do máximo grau de maturidade da equipe do projeto em questão.

Os resultados das quatro amostras das *sprints* que apresentaram pontos de inflexão calculados e, conseqüentemente, demonstram o momento de atingimento da etapa de maturidade da equipe são plotados no Gráfico 4 para se obter uma visualização gráfica da variabilidade encontrada no estudo.

Gráfico 4: Variação dos pontos de inflexão calculados dos times analisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.9 Modelo probabilístico da amostragem

Neste tópico são utilizados os valores das *sprints* em que ocorreram as estabilizações de performance e analisados sob uma ótica probabilística.

Inicialmente, são consideradas as *sprints* maduras aquelas que foram iniciadas logo após o ponto de inflexão calculado. Este arredondamento se deve ao fato de que uma *sprint* tem duração fixa e as entregas não são medidas diariamente, mas sim por pontos computados no término da *sprint* conforme modelo aplicado na empresa de estudo. A Tabela 7 apresenta as aproximações para cada time.

Tabela 7: Aproximação da *sprint* de inflexão calculada e *sprint* madura

Time	<i>Sprint</i> de Inflexão	<i>Sprint</i> Madura
1	5,705	6
2	6,789	7
4	9,688	10
3	13,979	14

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando  $x$  a variável independente, e assumindo que ela seja o número da *sprint* em que se estima que haverá o atingimento do máximo nível de maturidade do time ágil, para os casos estudados na empresa em estudo é construída uma função de distribuição de probabilidade conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Função de distribuição da probabilidade de um time atingir a maturidade em uma determinada *sprint*

$x = \textit{sprint}$ madura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P(x)	0	0	0	0	0	25%	25%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	25%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A partir da amostragem obtida, também é possível considerar que há 75% de probabilidade de que um time ágil, dadas as condições e características encontradas na empresa de estudo, atinja a sua fase madura entre as *sprints* 6 e 10 conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Probabilidades de atingimento da maturidade dos times

Time	<i>Sprint</i> madura	Probabilidade
1	6	
2	7	75%
4	10	
3	14	25%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De outra forma, são apresentados cenários com suas respectivas probabilidades de ocorrência da maturidade em determinada *sprint* conforme Tabela 10.

Tabela 10: Probabilidades de atingimento da maturidade dos times por cenários

$P(x): x < 6$	0
$P(x): x = 6$	25%
$P(x): 6 \geq x \geq 7$	50%
$P(x): 6 \geq x \geq 10$	75%
$P(x): x > 10$	25%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Tabela 10, onde  $x$  é a variável independente referente ao número da *sprint* onde ocorre a maturidade, não há probabilidade de ocorrer a maturidade antes da sexta *sprint*. A partir da sexta *sprint*, a probabilidade é de 25%. Entre a sexta e a



sétima *sprints* ela passa a ser 50% e entre a sexta e a décima é de 75%. A partir da décima *sprint* a probabilidade passa a ser de 25%.

#### 4.10 Discussão sobre ações preventivas em relação ao declínio de performance de times ágeis

Em vista aos resultados apresentados, é possível para a empresa em estudo, dentro das condições de contorno apresentadas neste trabalho, buscar formas de manter as equipes motivadas durante a fase de maturidade.

Os conceitos de *gamification* trazidos pelo *Scrum*, como o *planning poker*, em que, de forma descontraída, os membros das equipes jogam cartas estimando a duração de cada *user story*, ou as celebrações aos finais das retrospectivas das *sprints* são fatores planejados para elevar a moral dos times e manter o engajamento.

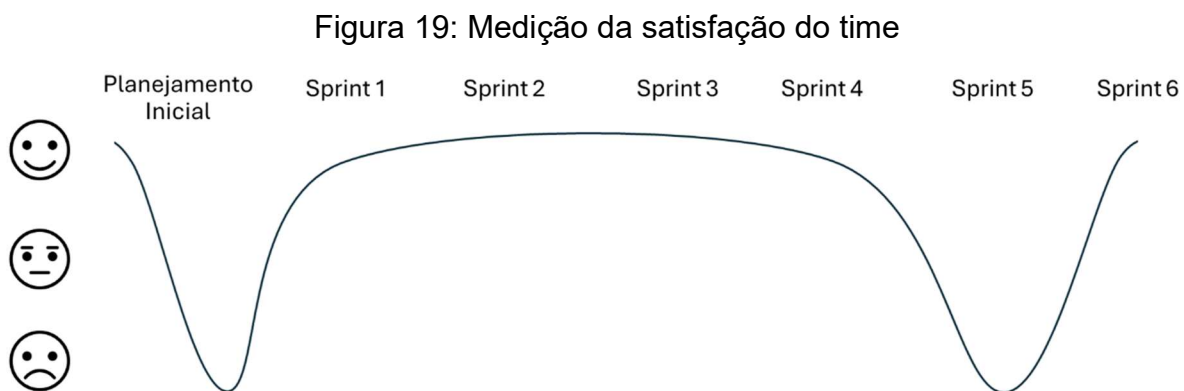
A moral dos times é um tema de grande importância dentro do *Scrum*. O próprio Jeff Sutherland, um dos criadores do *Scrum*, advoga que uma das principais métricas de sucesso de um time ágil deve ser o índice de felicidade. Essa métrica, conforme o autor, pode ser composta por respostas a um questionário aplicado a cada reunião de retrospectiva da *sprint*. Tipicamente são recomendadas quatro perguntas: uma questão fechada de múltipla escolha com pontuação de 1 a 5 e outras 3 perguntas abertas que buscam contextualizar o momento em que a resposta ocorreu conforme o Quadro 15 (Sutherland, 2014).

Quadro 15: Questionário para medição do índice de felicidade

Quão feliz você está com sua empresa	Questão Fechada (Pontuação 1-5)
O que faz você se sentir bem agora?	Questão Aberta
O que faz você se sentir mal agora?	Questão Aberta
O que faria aumentar a sua felicidade?	Questão Aberta

Fonte: Sutherland (2014).

A medição da felicidade pode ser feita nas reuniões diárias, retrospectivas ou em momentos diferentes, de acordo com Moe et al. (2010). Este questionário foi aplicado em um estudo sobre a implementação do método *Scrum* em uma empresa de desenvolvimento de *softwares* norueguesa no ano de 2006. No contexto deste trabalho, um time de 5 desenvolvedores que nunca haviam trabalhado com métodos ágeis iniciou as tratativas de implementação do *Scrum*. A empresa contratou um *Scrum Master* e um *Product Owner* para auxiliarem na implementação deste time. A métrica de índice de felicidade, ou satisfação do time, como apresenta o autor, é apresentada na Figura 19 (Moe et al., 2010).



Fonte: Adaptado de Moe et al. (2010).

No gráfico é possível notar que no início, o que começou como uma excitação para testar o método novo acabou gerando descontentamento e falta de entendimento quanto aos propósitos e organização do trabalho. Este reflexo está alinhado com a fase de *forming* e *storming* descrita por Tuckman. Na medida em que o trabalho começou a surtir efeito, a partir da *sprint* 1 o grau de satisfação no trabalho permaneceu alto até a *sprint* 4, quando iniciou-se a fase de instalação do *software* desenvolvido. Nesta fase encontraram-se diversos problemas que necessitaram correções enquanto outras atividades planejadas disputavam pelos recursos do projeto. A partir da *sprint* 5, com a resolução dos problemas, a satisfação do time voltou a se elevar até a conclusão do projeto na *sprint* 6 (Moe et al., 2010).

Saber como o time se sente e antecipar suas necessidades através deste simples questionário é uma ação efetiva para a manutenção da moral enquanto o time segue trabalhando em regime de alta performance (Sutherland, 2014).

#### **4.11 Discussão sobre formação de times ágeis e aceleração da maturidade**

As fases de desenvolvimento de times, formação (*forming*), conflito (*storming*), normalização (*norming*), desempenho (*performing*) e encerramento (*adjourning*), descritas por Tuckman, ajudam a mapear os estágios de maturidade e, conseqüentemente, de capacidade para performarem (Solomon, 2020).

Os fatores anímicos impactam o engajamento das equipes e são determinantes para a manutenção do moral dos times que atuam nos projetos ágeis, como visto no item 4.10. Tais fatores devem ser considerados na tentativa dos gestores em acelerar a passagem pelas fases de formação, conflito e normalização das equipes (Lin; Roan, 2021).

Na busca de acelerar a maturação das equipes a fim de maximizar as entregas de valor, alguns outros elementos podem ser considerados. A participação ativa da liderança da empresa, do patrocinador do projeto, ou *sponsor*, ou da figura do *Product Owner* durante os eventos da equipe ágil contribui significativamente para um bom entendimento coletivo sobre a importância do trabalho que está sendo executado (Sutherland, 2014). Líderes engajados não apenas inspiram confiança, mas também facilitam a coesão do time, mostrando-se acessíveis e dispostos a ouvir sugestões e preocupações dos membros da equipe (Hickman, 2021). A liderança servidora, onde o líder atua como um facilitador e apoio para a equipe, permite que os membros do time se sintam valorizados e empoderados para tomar decisões que melhorem a produtividade e a qualidade das entregas (Nauman et al., 2021). Este modelo de liderança é extremamente eficaz e provê um ambiente de *feedback* contínuo, onde as críticas construtivas são bem-vindas e utilizadas como ferramentas de melhoria. Isso não só acelera a resolução de problemas, como também fortalece a confiança entre os membros, criando um ciclo virtuoso de aprendizagem e adaptação. A presença de líderes que reconhecem e celebram as conquistas da equipe, mesmo as menores, contribui para a elevação da moral e

motivação do time. Essa prática meritocrática não só reconhece o esforço individual e coletivo, mas também exemplifica os comportamentos desejados, incentivando todos a se esforçarem para alcançar altos níveis de performance (Hoegl; Gemuenden, 2001).

A clareza de objetivos e a definição de metas SMART (Específicas, Mensuráveis, Alcançáveis, Relevantes e Temporais) garantem que todos os membros da equipe estejam alinhados e focados nas mesmas prioridades. Metas bem definidas proporcionam uma direção clara e um senso de propósito, facilitando a coordenação das atividades e a medição dos progressos alcançados. A comunicação clara e transparente sobre os objetivos da empresa e como as entregas do time estão conectadas a esses objetivos ajuda a diminuir a intensidade da fase de conflitos. Quando os membros da equipe compreendem a relevância e o impacto de suas contribuições, eles tendem a se alinhar mais rapidamente com a visão coletiva, favorecendo a colaboração e reduzindo mal-entendidos (Nerur; Balijepally, 2007).

A escolha de membros das equipes que sejam mais experientes e tenham conhecimento do método e de como aplicá-lo tende a facilitar a passagem pela fase de formação e conflito. A composição de equipes que mesclam jovens talentos com profissionais mais experientes é, na maioria das vezes, bem-recebida por ambos. (Kichuk; Wiesner, 1998). Conforme os autores, para selecionar os membros ideais, é crucial considerar os seguintes aspectos:

- **Competências Técnicas:** Avaliar o conhecimento técnico dos candidatos através de testes práticos e revisões de portfólio, garantindo que eles possuam as habilidades necessárias para contribuir efetivamente para o projeto.
- **Experiência Prévia:** Preferir indivíduos que já tenham trabalhado em ambientes ágeis, pois eles estarão familiarizados com as práticas e dinâmicas do time, reduzindo o tempo necessário para adaptação.
- **Flexibilidade e Adaptabilidade:** Escolher pessoas que demonstram capacidade de se adaptar a mudanças rápidas e de lidar com a incerteza, características essenciais em equipes ágeis.

- Habilidades Interpessoais: Considerar a capacidade de comunicação e colaboração dos candidatos, uma vez que o trabalho em equipe e a resolução de conflitos são fundamentais para o sucesso de um time ágil.
- Atitude Positiva e Proatividade: Optar por membros que demonstram entusiasmo e iniciativa, pois isso pode elevar a moral do time e inspirar outros a assumirem uma postura semelhante.

Outro fator essencial para a aceleração da maturidade de times ágeis é a capacitação e o desenvolvimento profissional. Investir em treinamentos, *workshops* e cursos que ampliem o conhecimento técnico e as habilidades interpessoais dos membros da equipe não só aumenta a competência individual, mas também a capacidade coletiva de enfrentar desafios complexos. Além disso, a formação contínua mantém o time atualizado com as melhores práticas do mercado, incentivando a inovação e a adoção de novas metodologias que podem otimizar ainda mais os processos internos. *Workshops* dedicados ao desenvolvimento de habilidades de comunicação e sessões de *brainstorming* colaborativo podem proporcionar oportunidades para que os membros da equipe pratiquem a entrega e a recepção de *feedback* de maneira eficaz. Da mesma forma, atividades que promovam o reconhecimento mútuo consolidam a unidade e o espírito de equipe (Libreros et al., 2021).

Sessões de *team building* guiadas por especialistas e customizadas de acordo com as preferências do time em questão também são contribuintes para a aceleração das etapas iniciais de formação e conflito (Arshad, 2016). Essas sessões podem incluir atividades que promovem a confiança, a comunicação aberta e a colaboração entre os membros da equipe. Ao fomentar um ambiente onde os participantes se sentem à vontade para expressar suas ideias e preocupações, é possível criar uma base sólida para o trabalho em equipe (Fox, 2022). Além disso, o *team building* pode ajudar a identificar e resolver potenciais conflitos antes que eles escalem, promovendo uma cultura de *feedback* contínuo e construtivo. Atividades que envolvem resolução de problemas em grupo e desafios colaborativos podem

reforçar a coesão do time e a capacidade de trabalhar de forma sincronizada, essencial para o sucesso em ambientes ágeis. Outro aspecto importante é que o *team building* pode alinhar os objetivos individuais com os objetivos coletivos, incentivando todos a se comprometerem com a visão e as metas do projeto. Isso se traduz em um time mais motivado e focado, capaz de alcançar altos níveis de performance mais rapidamente. Criar momentos de lazer e descontração durante atividades de *team building* fortalece os laços interpessoais e aumenta a moral da equipe, elementos cruciais para o bem-estar e a produtividade no longo prazo (Burke et al, 2009).

*Feedback* honesto e embasado é um fator fundamental que contribui para a aceleração da fase de normalização até o time atingir os níveis mais altos de performance. Um ambiente onde o *feedback* é contínuo e construtivo permite que os membros da equipe identifiquem áreas de melhoria de forma rápida e eficaz. Esse ciclo de *feedback* presente nas reuniões de lições aprendidas performadas ao término das *sprints*, não apenas corrige erros individuais e coletivos, mas também ajusta processos, além de promover uma cultura de aprendizagem constante. Quando os membros da equipe se sentem seguros para compartilhar críticas e sugestões sem medo de represálias, a confiança interna cresce, resultando em uma coesão maior e em uma colaboração mais eficiente (Voloshchenko; Nikolaeva, 2024).

A demonstração genuína de apreço pelo trabalho individual ou coletivo, com a celebração das conquistas, tanto grandes quanto pequenas, desempenha um papel crucial no engajamento e na motivação da equipe. O reconhecimento público dos esforços e das vitórias alcançadas não só aumenta a moral, mas também estabelece um exemplo positivo de comportamento e desempenho para todos os membros. Essas celebrações podem ser formais, como cerimônias de premiação, ou informais, como palavras de agradecimento durante uma reunião ou até um *e-mail* de reconhecimento (Hickman, 2021).

Outro aspecto importante é a diversidade e inclusão dentro da equipe. Times compostos por membros de diferentes origens, culturas e experiências trazem perspectivas únicas que enriquecem a resolução de problemas e a criatividade. A

inclusão promove um ambiente onde todos se sentem respeitados e ouvidos, o que aumenta o engajamento e a colaboração entre os membros (Liang; Liu, 2007).

Por fim, a garantia de disponibilização de recursos físicos adequados para a execução do trabalho, seja remoto ou presencial, como conexões de *internet* rápidas e estáveis, locais abertos e arejados, salas amplas com cadeiras confortáveis, são estímulos para a alta performance e configuram como estratégias para a elevação da moral dos times e da entrega de valor em altos níveis mais rapidamente (Moura et al, 2021). Ambientes bem equipados com ferramentas tecnológicas adequadas, como quadros brancos para *brainstorming*, projetores, e *softwares* colaborativos, facilitam a comunicação e a visualização de ideias, promovendo sessões de trabalho mais produtivas. Além disso, áreas de descanso bem projetadas permitem que os membros do time recuperem suas energias, reduzindo o estresse e melhorando a concentração durante as atividades. A ergonomia no ambiente de trabalho também desempenha um papel crucial: mesas ajustáveis, cadeiras ergonômicas e iluminação adequada contribuem para o bem-estar físico, prevenindo problemas de saúde e aumentando a satisfação dos colaboradores. Espaços dedicados a reuniões informais e interações sociais fortalecem os laços entre os membros da equipe, facilitando a construção de um espírito de equipe coeso e colaborativo. Essas melhorias no ambiente físico não só incentivam a produtividade, mas também aceleram o processo de amadurecimento dos times ágeis, permitindo que se adaptem rapidamente às mudanças e melhorem continuamente sua performance (Koirala; Nepal, 2022).

As ações propostas neste item estão consolidadas no Quadro 16. O quadro também apresenta referências bibliográficas que dão suporte teórico e apontam evidências empíricas que apóiam cada uma das ações propostas.

Quadro 16: Temas das ações propostas para a aceleração da maturidade de times ágeis

Item	Tema da ação proposta	Referências
1	Participação ativa da liderança	Hoegl; Gemuenden, 2001, Sutherland, 2014, Hickman, 2021, Nauman et al., 2021
2	Clareza de objetivos e definição de metas SMART	Nerur; Balijepally, 2007
3	Escolha de membros para o time	Kichuk; Wiesner, 1998
4	Capacitação e desenvolvimento profissional	Libreos et al., 2021
5	Atividades de <i>team building</i>	Arshad, 2016, Burke et al, 2009, Fox, 2022
6	<i>Feedbacks</i> honestos e embasados	Voloshchenko; Nikolaeva, 2024
7	Celebração das conquistas	Hickman, 2021
8	Diversidade e inclusão dentro da equipe	Liang; Liu, 2007
9	Recursos físicos	Moura et al., 2021, Koirala; Nepal, 2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).



## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo construir um modelo probabilístico a partir de análises matemáticas sob a performance de entregas de times ágeis que atuam em desenvolvimento de soluções de manufatura e melhoria de qualidade de produtos a fim de prever quando estes times devem atingir suas fases de maturidade. O resultado deste estudo beneficia praticantes do *Scrum*, método de gestão de projetos ágeis altamente difundido não somente no meio de desenvolvimento de soluções de *software* como também em ambientes industriais como o da manufatura de máquinas e equipamentos. Para este trabalho, utilizou-se a experiência de uma empresa no ramo de manufatura de máquinas agrícolas que utiliza o método *Scrum* para otimizar a implementação de melhorias em ambientes onde as incertezas são grandes e as variações das necessidades de escopo cada vez mais constantes. A empresa em estudo utiliza o método *Scrum* há efetivamente seis anos e adaptou algumas características a fim de melhor adequar a gestão ágil à sua realidade, ocasionando que uma gama de times gerenciasse suas entregas de formas diferentes. Foi preciso filtrar os resultados para que a comparação entre os times fosse feita considerando fatores mensuráveis. A partir da obtenção dados confiáveis de quatro times ágeis foi possível dar continuidade no estudo.

Esse trabalho utilizou como referência o modelo de Tuckman (1964) e contribuições mais recentes que tratam sobre o tema como Taborga (2018), Solomon (2020) e Lin e Roan (2022). Também foi utilizada como referência o método de modelagem de Morabito e Pureza (2012).

Através do método descrito e da modelagem matemática foi possível estabelecer uma sequência de passos a fim de criar um modelo probabilístico que pode ser replicado em outros ambientes, conforme o objetivo geral estabelecido.

O modelo resultante gerado a partir das amostras da empresa em estudo demonstrou que, considerando as condições de contorno presentes, que um time ágil possui 75% de probabilidade de que sua curva de performance se estabilize entre as *sprints* 6 e 10. Nestas condições, onde as *sprints* duram duas semanas, isto significa que se deve esperar que haja uma desaceleração na taxa de entrega de valor dos times *Scrum* entre 12 e 20 semanas, correspondendo a aproximadamente entre o terceiro e quinto mês de trabalho.

Estimar quando um time ágil deve atingir sua fase de maturidade contribui não somente para a empresa em estudo, mas também para outras empresas que buscam implementar o método *Scrum* na gestão de projetos não associados ao desenvolvimento de *software*, uma vez utilizando o método descrito neste estudo considerando suas próprias características e condições de contorno.

Esta estimativa também auxilia no entendimento quanto ao período em que um time ágil tende a cair em produtividade ao adentrar na fase de encerramento. Isto gera a possibilidade de avaliação de performance e monitoramento do tempo de permanência de membros em equipes de projetos semelhantes aos casos aqui abordados. Abre-se também a possibilidade de antever possíveis quedas de performance por questões anímicas relacionadas aos membros das equipes.

Fatores relacionados à moral das equipes influenciam fortemente os resultados de times ágeis e precisam ser considerados em abordagens futuras. No item 4.10 são descritas formas de evitar que a moral do time decaia e no item 4.11 são exploradas alternativas para a aceleração da maturidade de equipes ágeis, explicitadas no Quadro 16.

Este estudo, para que seja mais significativo e possa, com maior segurança, ser replicado em outras empresas, carece de uma amostragem maior de números de projetos sob as mesmas condições. Com um maior número de amostras é possível fazer estudos probabilísticos mais completos, com a análise de desvios e o uso de ferramentas como histogramas, por exemplo.

## **5.1 Pesquisas futuras**

Com o uso dos resultados, a continuidade e o aprofundamento desta pesquisa, é possível projetar ganhos futuros consideráveis para a empresa em estudo. A adoção de um modelo probabilístico mais robusto permitirá uma previsão mais acurada de desvios e problemas potenciais nos projetos, o que se traduz em uma maior capacidade de mitigação de riscos. Isso pode resultar em uma redução significativa de custos associados a atrasos e ineficiências, além de melhorar a alocação de recursos e a entrega de valor conforme o planejamento estratégico.

Com o aprimoramento contínuo do modelo, a empresa poderá também identificar com antecedência os pontos de melhoria no processo de desenvolvimento

ágil, aumentando a produtividade e a satisfação das equipes. A capacidade de prever e intervir em questões relacionadas à moral do time antes que estas afetem a performance pode levar a um ambiente de trabalho mais harmonioso e motivador, potencializando a criatividade e a inovação.

A longo prazo, com a padronização dos dados e a utilização de ferramentas como a inteligência artificial, o modelo probabilístico aprimorado pode posicionar a empresa como líder em sua indústria, com processos ágeis altamente eficientes e adaptáveis às mudanças do mercado. Portanto, a continuidade desta linha de pesquisa não só reforça a base teórica e prática do gerenciamento ágil de projetos em ambientes de manufatura, mas também oferece uma perspectiva promissora de vantagens competitivas duradouras.

Com base nas ações propostas de aceleração da maturidade, recomenda-se que em estudos futuros sejam validados os impactos, de forma quantitativa, destas iniciativas por meio de pesquisa-ação.

Por fim, uma sugestão de pesquisa futura que pode ajudar a consolidar um modelo matemático para o desempenho de equipes de projetos é a realização de uma survey em uma indústria. Dada uma indústria específica, e com apoio de um questionário adequado, seria possível incluir um número de respondentes que torne significativa uma amostra e com isto embasar, e dado um certo nível de significância, um modelo matemático que descreva o desempenho de times de projeto segundo o modelo de Tuckman e usando o método SCRUM.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, D. C., CONFORTO, E. C., BENASSI, J. L. G., & ARAUJO, C., Gerenciamento ágil de projetos: aplicação em produtos inovadores, São Paulo: Saraiva, 2011.
- ANASTASIU, L., CÂMPIAN, C., ROMAN, N., Boosting Construction Project Timeline: The Case of Critical Chain Project Management (CCPM). Suíça: Buildings, v. 13, n. 5, p. 1249, 2023.
- ANWER, F., SHABIB, A., SYED, M., USMAN, W., Comparative Analysis of Two Popular Agile Process Models: Extreme Programming and Scrum. Inglaterra: International Journal of Computer Science and Telecommunications, 2017.
- ARDAKANI, M., HASHEMI, M., RAZZARI, M. Adapting the scrum methodology for establishing the dynamic inter-organizational collaboration. Estados Unidos: Journal of Organizational Change Management, 2018.
- ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R., YANASSE, H. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Campus / Elsevier, 2007.
- ARSHAD, S. H., The Role of Motivation in an Efficacious Team Building of Organization. Inglaterra: International Journal of Management Sciences and Business Research, v. 5, n. 10, p. 16, 2016.
- BAGSHAW, K. B., PERT and CPM in Project Management with Practical Examples. Estados Unidos: American Journal of Operations Research, v. 11, p. 215-226, 2021.
- BAKER, K. R., TRIETSCH, D., PERT 21: Fitting PERT/CPM for Use in the 21st Century. Estados Unidos: International Journal of Project Management, 2011.
- BARROS, F., CESAR F. I. G., Análise da influência da inovação e indústria 4.0 no crescimento econômico brasileiro frente aos brics/Analysis of the influence of innovation and industry 4.0 on brazilian economic growth in front of the brics, Curitiba: Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p.16227-16248, 2020.
- BAUMGART, R., HUMMEL, M., HOLTEN, R., Personality Traits of Scrum Roles in Agile SoftwareDevelopment Teams - A Qualitative Analysis., Alemanha: ECIS 2015 Completed Research Papers. Paper 16, 2015.
- BECK, K., BEEDLE, M., BENNEKUM, A. V., COCKBURN, A., CUNNINGHAM, W., FOWLER, M., GRENNING, J., HIGHSMITH, J., HUNT, A., JEFFRIES, R., KERN, J., MARICK, B., MARTIN, R. C., MELLOR, S., SCHWABER, K., SUTHERLAND, J., e THOMAS, D., Manifesto for agile software development, 2001, consultado em <http://www.agilemanifesto.org> no dia 20 de Dezembro de 2022.
- BENASSI, J. L. G., FERREIRA JUNIOR, L. D., & AMARAL, D. C., Identificação das propriedades da visão do produto no gerenciamento ágil de projetos de produtos manufaturados. São Paulo, Produto & Produção, 2011.

BENNETT, N., LEMOINE, G. J., What VUCA really means for you. Estados Unidos: Harvard Business Review, 92(1/2), 2014.

BERTRAND, J.W.M., FRANSOO, J.C., Modeling and Simulation – operations management research methodologies using quantitative modeling. Estados Unidos: International Journal of Operations & Production Management, 2002.

BOND-BARNARD, T. J.; FLETCHER, L.; STEYN, H. Linking trust and collaboration in project teams to project management success. Canadá: International Journal of Managing Projects in Business, v. 11, n. 2, p. 432-457, 2018.

BURKE, R. L., GOODWIN, G. F., KLEIN, C., GRANADOS, D. D., SALAS, E., HUY LE, C. S., Does Team Building Work? Estados Unidos: Small Group Research, v. 40, p. 181-222, 2009.

CALVOSA, M. V. D., FRANCO, I. M., Descomplicando o VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity). XLVI Encontro da ANPAD – EnANPAD, 2022.

CANO, E., CAMUS, J. M. G., GARZAS, J., MOGUERZA, J. M., SANCHEZ, N. N., A Scrum-based framework for new product development in the non-software industry Estados Unidos: Journal of Engineering and Technology Management. V. 61, 2021.

CHIU, Y., An introduction to the History of Project Management: From the Earliest Times to A.D.1900. Holanda: Eburon, 2010.

CIRIC, D., LALIC, B., GRACANIN, D., PALCIC, I., ZIVLAK, N., Agile Project Management in New Product Development and Innovation Processes: Challenges and Benefits Beyond Software Domain, Inglaterra: IEEE International Symposium on Innovation and Entrepreneurship (TEMS-ISIE), 2018.

CONFORTO, E., SALUM, F., AMARAL, D., DA SILVA, S., DE ALMEIDA, L. Can agile project management be adopted by industries other than software development? Estados Unidos: Project Management Journal, 2014.

COOPER, G., SOMMER, F. Agile Stage-Gate for Manufacturers: Changing the Way New Products Are Developed Integrating Agile project management methods into a Stage-Gate system offers both opportunities and challenges. Inglaterra: Research Technology Management, 2018.

CRUNK, J., Examining Tuckman's Team Theory in Non-located Software Development Teams Utilizing Collocated Software Development Methodologies. Estados Unidos: Capella University ProQuest Dissertations & Theses, 2018.

EDEKI, C., Agile Unified Process. Inglaterra: International Journal of Computer Science and Mobile Applications, 2013.

FARRELL, M., SCHMITT, M., & HEINEMANN, G., Informal roles and the stages of interdisciplinary team development. Estados Unidos: Journal of Interprofessional Care, v. 15, n. 3, p. 281–295, 2001

FAZAR, W., MALCOLM, D.G., ROSEBOOM, J.H., CLARCK, C.E., Application of a technique for a research and development program evaluation. Estados Unidos: Operations Research Journal, 1959.

FOX, L., Team Building for Employee Morale and Productivity. Estados Unidos: SIGUCCS '22: Proceedings of the 2022 ACM SIGUCCS Annual Conference, p. 34-37, 2022.

GERSICK, C., Time and Transition in Work Teams: Toward a New Model of Group Development. Estados Unidos: Academy of Management Journal, v. 31, n. 10, p. 9-41, 1988.

GOLDRATT, E., Critical Chain. Estados Unidos: North River Press, 1997.

GREEN, S., PAGE, F. A., DEATH, P., PEI, EI, LAM, B., VUCA challenges on the design-engineering and product design education. Escócia: Proceedings of the 21st International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2019), University of Strathclyde, 2019.

GREN, L., GOLDMAN, A., JACOBSSON, C., Agile Ways of Working: A Team Maturity Perspective. Estados Unidos: Journal of Software: Evolution and Process, v. 32, p. 1-13, 2019.

GUJAR, S. M., SHAFIGHI, N., Project Management in the Manufacturing Sector. Inglaterra: Archives of Business Research, v.11, n. 8, p. 257-270, 2023.

GUSTAVSSON, T., Benefits of Agile Project Management in a Non-Software Development Context: A Literature Review, Letônia: Latvijas Universitate Project Management Development – Practice and Perspectives, p. 114-124, 2016.

HALLGREN, M., OLHAGER, J., Lean and Agile Manufacturing: External and Internal. Estados Unidos: International Journal of Operations and Production Management, 2009.

HALUSHKA, Z. I., Uncertainty as an economic category and as a business functioning environment, Ucrânia: Economics: time realities, v. 65, n.1, p. 26-32, 2023.

HASSANEIN, E. E., HASSANIEN, S. A. (2020). Cost efficient scrum process methodology to improve agile software development. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), 18(4).

HENDLER, S., Exploring coordination practices in digital–physical product development. Inglaterra: Journal of Manufacturing Technology Management, v. 32, n, 3, p. 742-771, 2020.

HERROELEN, W., LEUS, R., DEMEULEMEESTER, E., Critical Chain Project Scheduling: Do Not Oversimplify. Estados Unidos: Project Management Journal, 2002.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S., Design Science in Information Systems Research, Inglaterra: MIS Quarterly, 2004.

HICKMAN, A., Managers Hold the Key to Team Performance. Estados Unidos: American Journal of Health Promotion, v. 35, n. 5, p. 747-749, 2021.

HOEGL, M., GEMUENDEN, H. G., Teamwork quality and the success of innovative way for learning and innovation. Estados Unidos: Communications of the ACM 50, p. 79-83, 2007.

HRON, M., OBWEGESER, N., Why and How is Scrum Being Adapted in Practice: A Systematic Review. Inglaterra: Journal of Systems and Software, v.183, 2022.

TSENG, H., KU, H., The relationships between trust, performance, satisfaction and development progressions among virtual teams., Estados Unidos: Quarterly Review of Distance Education, v.12, n. 2, p. 81-94, 2011.

HURZHYI N., MISHUSTINA, T., KULINICH, T., DASHKO, I., HARMIDER, L., TARANENKO, I., The Impact of Innovative Development on the Competitiveness of Enterprises, Romênia: Postmodern Openings, v. 12, n. 4, p. 141-152, 2021.

JONES, C., Software Methodologies: A Quantitative Guide. Inglaterra: CRC Press, 2017.

JOVANOVIC, M., MESQUIDA, A. L., RADAKOVIC, N., MAS, A. Agile Retrospective Games for Different Team Development Phases. Austria: Journal of Universal Computer Science, v. 22, n. 12, p. 1489-1508 , 2016.

KAMALUDIN, P. N. H., YUSOF, S. M., NAWI, S. M., NORDIN, N. A., ZABIDIN, N., SAIN, N. Group Online Engagement: An Analysis From Tuckman Model. Inglaterra: International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, v. 12, n. 9, p. 931 – 949, 2022.

KELLEY, J.E., WALKER, M.R., Critical path planning and scheduling. Estados Unidos: Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, 1959.

KICHUK, S., WIESNER, W., Work teams: selecting members for optimal performance. Canadá: Canadian Psychology, v. 39, n. 1, p. 23, 1998.

KIM, S., PÉREZ-CASTILLO, R., CABALLERO, I., LEE, D. (2022). Organizational process maturity model for IoT data quality management. Journal of Industrial Information Integration, 26, 100256.

KOIRALA, R., NEPAL, A., A Literature Review on Ergonomics, Ergonomics Practices, and Employee Performance. Inglaterra: Quest Journal of Management and Social Sciences, v. 4, n. 2, p. 273-288, 2022.

KORTUM, F., KLÜNDER, J., SCHNEIDER, K., Behavior-Driven Dynamics in Agile Development: The Effect of Fast Feedback on Teams, Estados Unidos: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019.

KOZLOWSKI, S. W. J., WATOLA, D. J., JENSEN, J. M., KIM, B. H., & BOTERO, I. C., Developing adaptive teams: A theory of dynamic team leadership. Estados Unidos: E. Salas, G. F. Goodwin, & C. S. Burke (Eds.), *Team effectiveness in complex organizations: Cross-disciplinary perspectives and approaches*, p. 113–155, 2009.

KRUCHTEN, P., NORD R., OZKAYA, I., Managing Technical Debt: Reducing Friction in Software Development, Inglaterra: Person Education, 2019.

KYWAK, Y. H., Brief History of Project Management. In K. A. Carayannis, *The Story of Managing*. Estados Unidos: Quorum Books, 2003.

LEONG, J., YEE, K. M., BAITSEGI, O., PALANISAMY, L., Hybrid Project Management between Traditional Software Development Lifecycle and Agile Based Product Development for Future Sustainability. Inglaterra: Sustainability, v. 15, n. 2, 2023.

LIANG, T., LIU, C., Effect of team diversity on software project performance. Estados Unidos: Industrial Management & Data Systems, v. 107, n. 5, p. 636-653, 2007.

LIBREROS, J., VIVEROS, I., TRUJILLO, M., GAONA, M., CUADRADO, D., Improving Soft Skills in Agile Software Development by Team Leader Rotation. Estados Unidos: Proceedings of Fifth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 1183, 2021.

LIN, C., ROAN, J., Identifying the development stages of virtual teams – An application of social network analysis. Estado Unidos: Information Technology & People, V. 35 N. 7, 2022.

LIM, B., ZOHREN, S., Time-series forecasting with deep learning: a survey. Inglaterra: Philosophical Transactions. Royal Society, v. 379, 2020.

LOPEZ, A., SERRANO, L., MIGUEL, V., MUÑOZ, J., SANCHES, M. Comparative Analysis of the SCRUM and PMI Methodologies in Their Application to Construction Project Management. Estados Unidos: Project Management and Engineering Research, 2021.

MANI, S., MISHRA, M., Swaminathan Mani, Characteristics and ingredients of an agile work force – a strategy framework. Inglaterra: Strategic HR Review, v. 19, n. 5, p. 227-230, 2020.

MOE, N. B., DINGSOYER, T., DYBA, TI., A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum project. Estados Unidos: Information and Software Technology, v. 52, n. 5, p. 480-491, 2010.

MORABITO, N. R., PUREZA, V., Modelagem e Simulação. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª Ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.



MORCEIRO, P., Influência metodológica na desindustrialização brasileira. São Paulo: Brazilian Journal of Political Economy, v. 41, p. 700-722, 2021.

MOURA, I, DOMINGUEZ, C., VARAJÃO, J., Information systems project team members: factors for high performance. Estados Unidos: The TQM Journal, v. 33, n. 6, p. 1426-1446, 2021.

MOURA, R. L. D., CARNEIRO, T. C. J., DIAS, T. L., O ambiente VUCA no sucesso do projeto: Os efeitos dos métodos de gerenciamento de projetos. Espírito Santo: BBR - Brazilian Business Review, v. 20, p. 236-259, 2023.

MOYO, A. J., KHOZA, L. T., Agile Practices and a Team's Maturity. Canadá: Journal Modern Project Management, v. 9, n. 1, p. 141-153, 2020.

MUHLBAUER, K., MURRAY, J. Pipeline Risk Management. São Paulo: ABCM – Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. v. 23, p. 939-957, 2024.

NAUMAN, S., BHATTI, S. H., IMAM, H., KHAN, M. S., How Servant Leadership Drives Project Team Performance Through Collaborative Culture and Knowledge Sharing. Estados Unidos: Project Management Journal, v. 53, n. 1, 2021.

NERUR, S., BALIKEPALLY, V., Theoretical reflections on agile development methodologies – the traditional goal of optimization and control is making projects: a theoretical concept and empirical evidence. Estados Unidos: Organization Science, v. 12, n. 4, p. 435-449, 2001.

NGUYEN, D. S. Success factors for building and managing high performance agile software development teams. Jordânia: International Journal of Computer, v. 20, n. 1, p. 51-82, 2016.

NISHIJIMA, R., DOS SANTOS, J., The challenge of implementing scrum agile methodology in a traditional development environment. Estados Unidos: International Journal of Computers & Technology, v. 5, n. 2, 2013.

PACAGNELLA JUNIOR, A. C., DA SILVA, V. R., 20 Years of the Agile Manifesto: A Literature Review on Agile Project Management. Polônia: Management and Production Engineering Review, v. 14, n. 2, p. 37-48, 2023.

PALMER, S., FELSING, J., A Practical Guide to Feature-driven Development. Estados Unidos: Cornell University. 2002.

PATRUCCO, A., MINELGAITE, I., CANTERINO, F., How do Scrum Methodologies Influence the Team's Cultural Values? A Multiple Case Study on Agile Teams in Nonsoftware Industries, Estados Unidos: IEEE Transactions on Engineering Management, 2022.

PEÇAS, P., ENCARNAÇÃO, J., GAMBÔA, M., SAMPAYO, M., JORGE, D., PDCA 4.0: A New Conceptual Approach for Continuous Improvement in the Industry 4.0 Paradigm. Suíça: Applied Sciences, v. 11, n. 16, p. 7671, 2021

PITERSKA, V., KOLESNIKOV, O., LUKIANOV, D., KOLESNIKOVA, K., GOGUNSKII, V., OLEKH, T., RUDENKO, S., Development of the Markovian model for the life cycle of a project's benefits. Ucrânia: Jornal da Europa Oriental de Tecnologias Empresariais, v. 5, n. 4, p. 30-39, 2018.

PMI BRASIL, disponível em <[brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatisPMI.aspx](http://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatisPMI.aspx)>. Acesso em: 2 dez. 2022, 22:02

PORTER M.E. The Competitive Advantage of Nations. Estados Unidos: Free Press, 1990.

RASNACIS, A., e BERZISA, S. Method for adaptation and implementation of agile project management methodology. Inglaterra: Procedia Computer Science, 2017.

ROLLAND, K. H., FITZGERALD, B., DINGSØYR, T., STOL, K. J. (2023). Acrobats and safety nets: problematizing large-scale agile software development. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 33(2), 1-45.

ROUDPOSHTI, K. K., NUNES, U., DIAS, J., Probabilistic Social Behavior Analysis by Exploring Body Motion-Based Patterns. Estados Unidos: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 38, n. 8, p. 1679-1691, 2016.

SAMUI, P., BUI, D. T., CHAKRABORTY, S., DEO, R.C., Handbook of Probabilistic Models. Inglaterra: Elsevier, 2020.

SANCHES, L., NAGI, R., A review of agile manufacturing systems, Inglaterra: International Journal of Production Research, 2001.

SCHUMPETER, J. The Theory of Economic Development. Estados Unidos: Harvard University Press, 1934.

SCHWAB, K., The fourth industrial revolution. Suíça: World Economic Forum, 2016.

SCHWABER, K., Agile Project Management with Scrum, Estados Unidos: Microsoft Press, 2004.

SCHWABER, K., e SUTHERLAND, K. The definitive guide to Scrum: The rules of the game. Disponível em: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf>, 2017, acessado em 2 de Setembro de 2023.

SEYMOUR, T., HUSSEIN, S., The History of Project Management, Estados Unidos: International Journal of Management and Information Systems, 2014.

SHAFIGHI, N., GUJAR, S. M., Project Management in the Manufacturing Sector. Inglaterra: Archives of Business Research, v. 11, n. 8, p. 257-270, 2023.

SHARFUDDIN, A. K., MOHAMAD, A. K., SHIRAZ, I. B. J., PALVISHA, I, Application of continuous improvement techniques to improve organization performance A case study. Inglaterra: International Journal of Lean Six Sigma, Sigma, v. 10, n. 2, p. 542-565, 2018.

SILVA, E. C., LOVATO, L. A., Framework Scrum: Eficiência em Projetos de Software. São Paulo: Revista de Gestão e Projetos - GeP, v. 7, n. 2, p. 1-15, 2016.

Symbolab, Disponível em <https://pt.symbolab.com/solver/derivative-calculator>, acessado em 13 de Agosto de 2024.

SLACK, N., BRANDON-JONES, A., JOHNSTON, R. Administração da Produção. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

SOLOMON, D., The Worth of Steady Digital Team Formation Strategy: A Case Study of Bruce Tuckman's Model in Software Industry. Disponível em: [https://advance.sagepub.com/articles/preprint/The\\_Worth\\_of\\_Steady\\_Digital\\_Team\\_Formation\\_Strategy\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_Bruce\\_Tuckman\\_s\\_Model\\_in\\_Software\\_Industry/12644939/1](https://advance.sagepub.com/articles/preprint/The_Worth_of_Steady_Digital_Team_Formation_Strategy_A_Case_Study_of_Bruce_Tuckman_s_Model_in_Software_Industry/12644939/1), 2020, acessado em 5 de Maio de 2024.

State of Agile: The 17th State of Agile Report. <https://info.digital.ai/rs/981-LQX-968/images/RE-SA-17th-Annual-State-Of-Agile-Report.pdf>. Acessado em 13 de Agosto de 2024.

SUTHERLAND, J., Scrum, a Arte de Fazer o Bem na Metade do Tempo, São Paulo: LeYa, 2014.

TABORGA, J., Toward Adaptive Stage Development in Software Scrum Teams. Estados Unidos: Saybrook University ProQuest Dissertations & Theses, 2018.

THESING, T. A., FELDMANN, C. A., BURCHARDT, M. B., Agile versus Waterfall Project Management: Decision Model for Selecting the Appropriate Approach to a Project Holanda: Procedia Computer Science, v. 181, p. 746-756, 2021.

THIEME, R. J., SONG, X. M., & SHIN, G. C., Project management characteristics and new product survival. Estados Unidos: Journal of Product Innovation Management, 2003.

TOLFO, C., WAZKAWICK, R. S., FERREIRA, M.G.G., FORCELLINI, F.A., Agile methods and organizational culture: Reflections about cultural levels. Estados Unidos: Journal of Software Maintenance and Evolution Research and Practice, 2011

TUCKMAN, B. W., Developmental sequence in small groups. Estados Unidos: Psychological Bulletin, 1965.

VAN AKEN, J. E., Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management, Inglaterra: British Journal of Management, 2005.

VOLOSHCHENKO, J., NIKOLAEVA, M., Methods and techniques to increase employee motivation, Estados Unidos: Strategic HR Review, v. 23, n. 1, p. 10-15, 2024.

WYSOCKI, R., MCGARY, R., Effective Project Management: traditional, adaptive, extreme, Estados Unidos: Wiley Publishing, 2007.

YANG, Y., LOOG, M., A benchmark and comparison of active learning for logistic regression. Inglaterra: Pattern Recognition, v. 83, n. 1, p. 401-415, 2018.

ZOLTAN, R., VANCEA, R., Work group development models: The evolution from simple group to effective team. Romênia: Ecoforum, v. 5, n. 1, p. 241-246, 2016.

ZUZEK, T., GOSAR, Z., KUSAR, J., BERLEC, T., Adopting Agile Project Management Practices in Non-Software SMEs: A Case Study of a Slovenian Medium-Sized Manufacturing Company. Suíça: Sustainability, v. 12, n. 21, 2020.