

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

**PROPOSIÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE PRÁTICAS ÁGEIS NO SETOR DE
DIGITALIZAÇÃO DE FÁBRICA DE MANUFATURA PARA OTIMIZAÇÃO
DE PRAZOS DE ENTREGAS DE FUNCIONALIDADE**

JESSYCA MONTENEGRO PADILHA

**Orientador: ISTEFANI CARÍSIO DE
PAULA**

PORTO ALEGRE
OUTUBRO/2023

1. INTRODUÇÃO

Com o mercado global de desenvolvimento de *software* crescendo de US\$ 322,3 bilhões em 2019 para US\$ 341,7 bilhões em 2020 (GARTTHNER, 2020), as empresas enfrentam uma competição acirrada para se manterem relevantes e competitivas. Para empresas de outros ramos, que possuem apenas setores internos de desenvolvimento de *software* o desafio é maior, pois além de cuidar do *core* do negócio, ainda precisam se manter competitivas no setor. (PRESSMAN, 2015).

Empresas não especialistas em desenvolvimento de *software*, como Renner, C&A e Riachuelo, focadas principalmente no setor varejista de vestuário, também precisam se manter relevantes no setor de *e-commerce*. Já as empresas industriais, como AGCO, TDK, Stihl e Gerdau, enfrentam o desafio adicional de incorporar conceitos e enfrentar desafios inerentes ao desenvolvimento de software para viabilizar a indústria 4.0, como o uso, por exemplo, do MES (*Manufacturing Execution System*), sistema de gerenciamento da produção. (RAÚL, LUTH IRACLENES DE SOUZA, 2022)

Os principais desafios enfrentados pelas empresas no desenvolvimento de *software* são a rápida evolução das tecnologias, a complexidade no gerenciamento, a garantia da qualidade, a retenção de talentos e o cumprimento de prazos. Existem dezenas de técnicas, métodos, *frameworks* e boas práticas para superar esses desafios (OSMUNDSON *et al.*, 2002; ROPPONEN & LYYTINEN, 2000).

Uma das práticas amplamente utilizadas pelas empresas que enfrentam esses desafios são as práticas de gerenciamento ágil de projetos, como *Kanban*, *Scrum*, *Lean*, *Crystal* e *Extreme Programming*. Essas práticas têm como objetivo maximizar a entrega de valor contínuo ao cliente, garantir a qualidade do software desenvolvido e manter as equipes motivadas (MORANDINI *et al.*, 2021).

Este artigo aborda a adoção das práticas de gerenciamento de projetos para auxiliar nos desenvolvimentos, na garantia da qualidade, na retenção de talentos e no cumprimento dos prazos em uma empresa industrial no setor de digitalização da fábrica. A empresa alvo deste estudo possui um setor dedicado ao desenvolvimento de funcionalidades, e atualmente trabalha com a contratação de uma empresa terceirizada para a realização dos projetos.

O objetivo geral deste estudo é propor e implementar melhores práticas de gestão de projetos ágeis no setor de digitalização de uma fábrica de uma empresa de manufatura,

com a finalidade de reduzir erros e prazos de entrega de funcionalidades. Entre os objetivos específicos, encontra-se a análise do processo atual de desenvolvimento de sistemas e a proposição de metodologias de práticas ágeis aderentes à natureza do trabalho da equipe e como implementar as proposições realizadas.

O estudo se justifica pelo fato que o setor de desenvolvimento de *software* enfrenta muitos desafios, os quais as práticas de gerenciamento ágil de projetos podem ajudar a superá-los. Esta pesquisa ação mostra como setor de digitalização da fábrica pode implementar essas práticas para melhorar seu processo de desenvolvimento de *software* e otimizar o gerenciamento de seus processos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta sessão traz-se os conceitos sobre práticas ágeis necessários para a compreensão do trabalho e também apresentar o levantamento de casos semelhantes da aplicação de práticas ágeis em outras empresas.

2.1. DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* E MANIFESTO ÁGIL

O desenvolvimento de *software* consiste no processo de criação de programas de computador, aplicativos, sistemas operacionais, jogos e outras soluções de *software* para atender às necessidades ou resolver problemas. Esse processo envolve várias etapas, desde a concepção da solução e análise de requisitos até a implementação, testes e manutenção do *software* desenvolvido (PRESSMAN, 2015).

No entanto, de acordo com Frederick P. Brooks Jr, o desenvolvimento de *software* é um processo complexo e incerto que pode acabar se tornando algo totalmente diferente do planejado, estourando orçamentos, não atingindo prazos e não resultando em uma solução eficiente. Sendo assim, não há uma única solução que vá resolver de vez todos os desafios enfrentados no desenvolvimento de *software*, por ser uma atividade que exige conhecimento de pessoas e tecnologias em constante evolução, não existem garantias, mas existem diversas práticas que se propõe a mitigar seus desafios (BROOKS JR, 1986).

Uma das soluções para esses desafios são as práticas ágeis, que surgiram em 2001 com o Manifesto Ágil, um conjunto de valores e princípios do desenvolvimento ágil. Segundo Beck *et al.* (2001), o Manifesto propõe valores e princípios que orientam a implementação de metodologias para mitigar os principais problemas do desenvolvimento de *software*, como demora na entrega de valor ao cliente, entrega de desenvolvimento erradas e sistemas que não funcionam ou que funcionam mal.

Os quatro valores do Manifesto Ágil são: indivíduos e interações mais que processos e ferramentas, *software* em funcionamento mais que documentação abrangente, colaboração com o cliente mais que negociação de contratos e responder a mudanças mais que seguir um plano. Os 12 princípios do Manifesto Ágil incluem a prioridade da satisfação do cliente, adaptação às mudanças, entrega contínua de *software*, trabalho conjunto do dono do produto e do time de desenvolvimento, sustentação de um ritmo constante de trabalho, atenção à excelência técnica e bom *design*, simplificação das atividades e auto-organização das equipes, entre outros (RAJPUT; LITORIYA, 2014).

Entre os 12 princípios delineados no Manifesto Ágil, do Princípio 1: "A nossa maior prioridade é satisfazer o cliente através da entrega antecipada e contínua de *software* valioso", enfatiza a satisfação do cliente através da entrega contínua de *software*, enquanto o Princípio 2: "Acolher com satisfação os requisitos de mudança, mesmo atrasando o desenvolvimento. Os processos ágeis aproveitam a mudança para agregar vantagem competitiva ao cliente". Aceitação favorável à mudança de requisitos (ALAMI; KRANCHER; PAASIVAARA, 2022).

Uma crítica comum a esses princípios é que eles são demasiado vagos, o que pode levar a dois resultados indesejáveis. Primeiro, as equipes podem utilizar métodos ágeis sem compreender suficientemente os valores e princípios subjacentes ao Manifesto, acreditando que a mera adoção das práticas recomendadas aumentará a agilidade. Outra questão relevante é que praticantes diferentes podem significar coisas diferentes quando se referem ao ágil e aos seus princípios (HOHL *et al.*, 2018).

Dado esse contexto, podem ocorrer mal-entendidos e mesmo a más implementações de métodos ágeis. Por conseguinte, uma tarefa importante para as equipes é estabelecer uma compreensão compartilhada dos princípios ágeis no início do processo de desenvolvimento (LAANTI; SIMILÄ; ABRAHAMSSON, 2013). Numa linha semelhante, como Dingsøyr *et al.* concluíram na sua revisão da literatura de desenvolvimento de *software* ágil, que uma missão importante para a investigação é clarificar o "núcleo" dos valores e princípios ágeis.

2.2. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)

Manufacturing Execution System (MES) é um sistema de informação utilizado para gerenciar, monitorar e controlar processos de produção em tempo real. Esse sistema oferece suporte às operações de chão de fábrica, ajudando as empresas a otimizarem o desempenho da produção, minimizar o desperdício e reduzir o tempo de ciclo. Além disso, o MES ajuda a melhorar a qualidade do produto e reduzir o tempo de lançamento no mercado (TAREEN & AKRAM, 2017).

O MES é composto por várias funcionalidades, como aquisição de dados de produção, gerenciamento de estoque, gestão de receitas de produção, gerenciamento de ordens de produção, gestão de qualidade e manutenção de equipamentos. O sistema também pode ser integrado com outros sistemas de automação de fábrica, como sistemas de controle de

processo, supervisão de fabricação e sistemas de planejamento de recursos empresariais (JIE LIU *et al.*, 2018).

De acordo com a pesquisa da *Markets and Markets*, o mercado global de MES deve crescer de USD 11,9 bilhões em 2020 para USD 24,6 bilhões até 2025, a uma taxa composta anual de crescimento de 15,1%. Os principais impulsionadores desse crescimento incluem a alta da demanda por automação de fábrica, a necessidade de redução de custos e a melhoria da eficiência operacional.

Cetinkaya e Özkan (2020) investigaram o impacto do uso MES na performance da produção em uma empresa manufatureira. Os autores realizaram um estudo de caso em uma empresa de roupas na Turquia, onde implementaram um MES para melhorar o monitoramento e o controle da produção. Os resultados mostraram uma redução significativa no tempo de espera entre as estações de trabalho, um aumento na eficiência da produção e uma redução no número de produtos defeituosos.

No âmbito da produção enxuta (*lean manufacturing*) o MES pode auxiliar no monitoramento e controle em tempo real dos processos produtivos, na identificação de gargalos e na melhoria contínua dos processos. Além de melhorar a eficiência da produção, reduzir o tempo de ciclo, melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a flexibilidade e adaptabilidade da produção e melhorar a comunicação e colaboração entre as equipes. No entanto, entre os desafios observados está a necessidade de integração com outros sistemas de TI, a necessidade de treinamento, capacitação, mudança cultural e de manter a flexibilidade para se adaptar às mudanças de demanda do mercado (TRIPATHI & CHAN, 2020).

Portanto a implementação de um sistema MÊS ajudar a conectar a produção ao planejamento empresarial, dando informações em tempo real para melhorar a gestão, que é uma função crucial para a viabilização da Indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, que implica em fábricas inteligentes, ou seja, que operam de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção humana. (RAÚL, LUTH IRACLENES DE SOUZA, 2022)

Na China, um estudo desenvolvido teve o objetivo de explorar a adoção de metodologias ágeis para a implementação do MES em uma empresa de manufatura de médio porte. A equipe de pesquisa utilizou uma abordagem de estudo de caso, em que a empresa implementou o MES com base na metodologia *Scrum*. Os resultados mostraram melhoria

na colaboração e na comunicação entre os membros da equipe, bem como retorno mais rápido e eficiente às mudanças nos requisitos do projeto. Além disso, a metodologia ágil permitiu que a empresa entregasse o projeto dentro do prazo e do orçamento previstos, o que contribuiu para o sucesso da implementação do MES (KUAN-CHIEH, 2019).

O estudo de Xin Liu *et al.*, publicado no *Journal of Intelligent Manufacturing* em 2020, descreve a implementação da metodologia ágil *Scrum* no desenvolvimento de um sistema MES em uma pequena empresa de manufatura. A utilização do *Scrum* permitiu o desenvolvimento mais rápido e eficiente do sistema, além de melhorar a comunicação e colaboração entre as equipes de produção, resultando em um aumento na eficiência e qualidade da produção. O estudo também concluiu que a metodologia ágil pode trazer benefícios significativos para empresas de manufatura de pequena escala, melhorando a eficiência da produção e reduzindo custos de desenvolvimento.

No contexto brasileiro, Oliveira *et al.* (2020) descrevem a implementação do MES em uma empresa do setor metalúrgico com base no Manifesto Ágil. O objetivo foi identificar os benefícios e as limitações no processo de implementação do MES. A metodologia utilizada foi um estudo de caso único, onde foram aplicadas entrevistas, observações e análise documental. Os resultados mostraram que a aplicação contribuiu para a melhoria do processo produtivo, aprimoramento da comunicação e aperfeiçoamento do trabalho em equipe. No entanto, foram identificadas limitações relacionadas à resistência à mudança e a necessidade de melhorar a definição das tarefas a serem executadas durante a implementação.

2.3.SCRUM

O *Scrum* é um *framework* de gerenciamento ágil de projetos que tem como objetivo ajudar as equipes a desenvolverem produtos complexos com alta qualidade e rapidez, através de uma abordagem iterativa e incremental. Sendo utilizado para gerenciar projetos de desenvolvimento de *software*, visa aumentar a produtividade e a qualidade do *software* entregue dentro de um determinado período, chamado de *sprint*. As equipes de desenvolvimento realizam reuniões pré-determinadas, como a *Daily Scrum* e a *Sprint Review*, para garantir a entrega de um produto de qualidade e satisfazer as necessidades do cliente (BUTT *et al.*, 2022).

Os objetivos do *Scrum* consistem em ajudar as pessoas, equipes e organizações a gerar valor através de soluções adaptativas para problemas complexos. Embora existam outros *frameworks* como o *Kanban*, *XP* e *Crystal*, o *Scrum* é uma estrutura leve que tem sido amplamente utilizado para gerenciar projetos de TI. Sendo composto por diversos rituais e artefatos que devem ser cumpridos, incluindo cerimônias ou eventos e artefatos como *boards*, *cards* e métricas (SUTHERLAND, 2014).

Além desses recursos, há outros que fornecem informações detalhadas sobre a teoria e a prática do *Scrum* e sua aplicação em diferentes contextos. Uma vez que, o *Scrum* é apenas um dos *frameworks* ágeis disponíveis e que cada um tem suas próprias características e benefícios. Por isso, é fundamental entender as necessidades e objetivos específicos de um projeto antes de escolher qual *framework* é mais adequado para a situação (CRUZ, 2018).

De acordo com Schwaber e Sutherland (2017), o *Scrum* é baseado em três pilares: transparência, inspeção e adaptação. A transparência permite que todos os envolvidos no projeto tenham uma visão clara do progresso do trabalho, permitindo que tomem decisões com base em informações atualizadas. A inspeção é realizada por meio de cerimônias, como as reuniões diárias, planejamento, revisão e retrospectiva, nas quais a equipe revisa o trabalho concluído, identifica problemas e oportunidades de melhoria. A adaptação é o processo de ajustar o trabalho com base na inspeção, de modo a otimizar o desempenho e atender aos requisitos do produto.

Segundo Cohn (2010), o *Scrum* é especialmente útil para projetos que envolvem incertezas e mudanças constantes, pois permite que a equipe se adapte rapidamente às novas demandas e prioridades do projeto. Além disso, ajuda a reduzir o tempo de lançamento do produto, aumenta a colaboração entre as equipes e melhora a qualidade do produto.

A literatura mostra que há grande abrangência de utilização do *Scrum* em projetos de desenvolvimento de *software*, mas também pode ser aplicado em outras áreas, como *marketing*, educação, saúde e até mesmo em projetos pessoais. Além disso, o *Scrum* tem sido adotado por muitas empresas ao redor do mundo, desde pequenas *startups* até grandes corporações (HRON; OBWEGESER, 2022).

Entre exemplos de empresas que utilizam o *Scrum* estão a Toyota, para gerenciar seus processos de produção, buscando maior eficiência e redução de desperdícios. A empresa

utiliza o *framework* para gerenciar equipes de produção, implementar melhorias contínuas e desenvolver novos produtos (SUTHERLAND,2015). A John Deere também utiliza o *Scrum* para gerenciar o desenvolvimento de produtos, projetos de inovação, gerenciar equipes multidisciplinares, desenvolver protótipos e realizar testes com os clientes (BEINERT,2020).

A Lockheed Martin, por sua vez, utiliza o *Scrum* para gerenciar projetos de defesa aeroespaciais, gerenciar as equipes de engenharia e propor soluções inovadoras, (SUTHERLAND, 2015) e a Ericsson utiliza o *Scrum* para gerenciar projetos de telecomunicações e tecnologia, gerenciar equipes multidisciplinares (PAASIVAARA, M; LASSENIUS,2014).

Um estudo de caso de uma empresa de tecnologia da informação que utilizou o *Scrum* para gerenciar os projetos de pesquisa e desenvolvimento. Os resultados destacaram a eficácia do *framework*, incluindo na redução de riscos e na melhoria da comunicação entre as equipes (SURYANA, M. M.; ABDUL-RAHMAN, S.; RAHMAN, N. A., 2019).

No contexto brasileiro, Alves e Marins (2019) apresentaram uma análise da aplicação do *Scrum* no desenvolvimento de produtos em empresas do setor metal-mecânico. A pesquisa foi realizada em quatro empresas onde foram avaliados como resultados obtidos o aumento da produtividade, a redução de tempo de desenvolvimento de produtos e a comunicação. Os autores destacam a importância da adoção do *Scrum*, uma vez que esse *framework* pode auxiliar as empresas a lidar com os desafios do mercado competitivo atual.

O estudo de Almeida e Salgueiro (2020) aborda a implantação do *Scrum* em projetos de desenvolvimento de produtos em uma indústria do setor elétrico. Os autores descrevem a metodologia utilizada na implantação, que incluiu treinamentos e acompanhamento dos projetos por um *Scrum Master*. Foram realizadas entrevistas com os membros da equipe e analisados os resultados obtidos após a implantação. Os resultados indicaram melhorias no planejamento e execução dos projetos, com aumento na qualidade dos produtos, redução de custos e prazos e aumento da satisfação dos clientes. Concluiu-se que a utilização do *Scrum* pode trazer benefícios significativos para empresas do setor elétrico e outras indústrias que trabalham com desenvolvimento de produtos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta sessão descreve-se o método utilizado para a execução deste trabalho, explicando o cenário analisado, bem como explica as etapas para a execução sistêmica da pesquisa-ação.

3.1.DESCRICÃO DO CENÁRIO

A organização alvo deste estudo é uma empresa multinacional de manufatura, que produz ferramentas motorizadas e que está no mercado há mais de 50 anos. Possui um parque fabril onde trabalham cerca de 3,7 mil funcionários, divididos entre operadores, analistas, gerentes, diretores, vice-presidentes e presidente.

Essa organização possui uma subdivisão operacional denominada *Integrated Manufacturing Solutions* (IMS), responsável por conceber e implementar soluções digitais que visam otimizar o gerenciamento das atividades produtivas na fábrica. Esse setor utiliza o *Manufacturing Execution System* (MES) como ferramenta para digitalização, automação de processos e geração de relatórios em tempo real. O quadro interno funcional do IMS é composto por dois especialistas, um analista, dois técnicos e dois estagiários.

O código fonte do sistema MES é fornecido por uma empresa terceirizada, que também disponibiliza programadores para a personalização de funcionalidades dentro do sistema. A contratação desses programadores pode ocorrer tanto por horas trabalhadas quanto mediante a elaboração de um orçamento específico para o desenvolvimento de cada nova funcionalidade, também chamadas de projetos. O setor de digitalização da fábrica, o IMS, se beneficia da *expertise* de programadores capacitados que trabalham em colaboração com o quadro funcional interno na criação de soluções digitais voltadas para o gerenciamento da produção na fábrica.

No fluxo de geração de valor atual do IMS, a fábrica apresenta os problemas e as necessidades e a equipe interna da empresa realiza toda a análise da demanda, desde o entendimento da necessidade, avaliação da viabilidade de negócio, realização do desenho da solução, análise da viabilidade técnica, especificação da funcionalidade, desenvolvimento e implementação.

A contratação dos desenvolvimentos de *software* escolhida pelo setor foi por projeto, ou seja, especifica-se o que a aplicação a ser desenvolvida precisa fazer e como, esta especificação é enviada para a empresa terceira. Na sequência é estabelecido o orçamento

para a realização deste projeto, a empresa terceira desenvolve e entrega a aplicação. No entanto, o processo de entrega pode levar vários meses. Na entrega do projeto, a empresa alvo do estudo avalia se está de acordo com a demanda solicitada. Após o projeto ser entregue, existe a garantia de 3 (três) meses para resolver problemas que venham a aparecer no *software* desenvolvido e o ciclo é finalizado.

Como mencionado anteriormente, o *core* da empresa é manufatura e os colaboradores do setor, que são responsáveis pelo MES, são engenheiros especializados em mecânica e organização de produção e analistas de sistemas. Todos têm conhecimento avançado em sistemas de gerenciamento de produção e nenhum conhecimento em gerenciamento de desenvolvimento de *software*, o que inclui não ter conhecimento em práticas ágeis de gerenciamento de projetos.

3.2.CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se classifica, quanto à natureza, como aplicado, uma vez que se trata da solução de um problema específico que propõe a implementação de melhores práticas de gestão de projetos ágeis no setor de digitalização de uma fábrica de uma empresa de manufatura. Em relação à abordagem, classifica-se como quantitativa, visando mensurar os resultados alcançados pela implementação dessas práticas. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, com o intuito de descrever as características e peculiaridades do contexto investigado. No que se refere ao procedimento, classifica-se como pesquisa-ação pois busca a produção de conhecimento através da modificação proposital de um dado cenário.

3.3.ETAPAS METODOLÓGICAS DO TRABALHO

Este projeto se trata de uma pesquisa do tipo pesquisa-ação, por se referir a uma modificação proposital de um dado cenário, portanto sua execução foi realizada conforme as etapas deste procedimento: planejamento, coleta de dados, análise, planejamento das ações, implementação das ações e avaliação.

- Planejamento: Exploração do problema e levantamento da literatura;
- Coleta de dados: Mapeamento das atividades;
- Análise: Desenho do fluxo;
- Planejamento das ações: Seleção de práticas ágeis e implementação delas;
- Avaliação: avaliação de resultados.

Figura 1- Fluxo do procedimento metodológico



Fonte: elaboração própria

3.3.1 INICIAÇÃO DA PESQUISA-AÇÃO

Esta pesquisa se deu início por um problema relatado pela empresa alvo do estudo. Foi dada autoridade à pesquisadora responsável pelo presente trabalho para a realização das ações necessárias para a resolução do problema relatado, desde que estas alterações fossem alinhadas com todo o time, mudanças organizacionais não serão possíveis por hora, apenas no setor alvo do estudo.

Os problemas enfrentados são os seguintes: demora nas entregas de valor da área e excesso de falhas nas entregadas realizadas.

Estes problemas se dão por dois fatores chaves, o primeiro como abordado no referencial teórico é o fato do desenvolvimento de *software* ser um processo complexo e incerto que pode acabar estourando orçamentos, não atingindo prazos e não resultando em uma solução eficiente como expôs Frederick P. Brooks Jr e pelo fato da empresa alvo do estudo não ser especialistas em desenvolvimento de *software*, mas ainda sim ter a necessidade de se manter competitiva utilizando de ferramenta como MES. Por esta razão, a ideia da empresa é implementar metodologias ágeis, a fim de diminuir estes problemas.

3.3.2 EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA

Foi necessário realizar um entendimento maior do problema relatado pela empresa, a fim de ser mais propositiva na busca da solução para o problema. Para compreender melhor o cenário e obter os dados necessários, foi necessária a realização de uma entrevista semiestruturada, com duas horas de duração, com o quadro interno funcional do time para esclarecimento do problema e levantamento do estado atual em relação aos problemas, ou seja, prazo das entregas e quantidade de *bugs*.

Esta entrevista foi realizada presencialmente, com os especialistas, o analista e o estagiário do IMS. Foi decidido assim, pois o time oficial que desenha e especifica as funcionalidades do sistema MES, são apenas esses colaboradores. Os funcionários da empresa terceira não são fixos, a cada novo projeto que o time interno desenhava, especificava e enviava para empresa terceira desenvolver, novos desenvolvedores eram alocados. Sendo assim não se considerou interessante para o mapeamento das atividades a presença destes.

Foi questionado qual era o papel de cada integrante do time no setor, qual era o papel do time do quadro interno funcional da empresa e qual era papel dos desenvolvedores da empresa terceira que programavam as funcionalidades do MES.

Foi relatado que ao testar as funcionalidades entregues pela empresa terceira sempre eram encontradas falhas, portanto, perguntou-se em média quantas falhas eram encontradas por funcionalidade entregue e, quanto tempo, no final das contas, estas funcionalidades começavam a gerar valor para a fábrica.

O time deu como exemplo uma funcionalidade finalizada, deste exemplo, analisou-se a complexidade dela, ou seja, se era algo com muitas funções diferentes ou algo mais simples com uma, duas ou no máximo três funções, quantos desenvolvedores foram necessários para o desenvolvimento dela e quantas horas de desenvolvimento foram necessárias.

Estas informações foram reunidas e registradas em um arquivo de *One Note*®, para que posteriormente pudessem ser analisadas frente ao estudo do mapeamento do trabalho do time e posteriormente comparadas com novos resultados obtidos após ações serem tomadas.

3.3.3 MAPEAMENTO DA LITERATURA

Foi realizado o mapeamento da literatura afim de encontrar casos parecidos ao da empresa estudada, casos em que um setor de desenvolvimento de software, mais precisamente do MES, enfrentou problemas de prazos de entregas e de falhas no sistema, para identificar como utilizaram práticas ágeis para ajudar.

A pesquisa por estes casos ocorreu através das bases Scopus, EBSCO e Google Scholar, priorizando os artigos publicados dentro do período de 2010 a 2022 e que envolvessem empresas que primordialmente não são de desenvolvimento de software, mas que

possuem esta atividade em seu escopo de trabalho. Verificando assim, quais práticas ágeis estas empresas selecionaram, utilizaram e tiveram bons resultados.

3.3.4 MAPEAMENTO DE ATIVIDADES

Para entender melhor o cenário e realizar proposição de práticas ágeis aderentes ao processo do time, realizou-se o mapeamento das principais atividades exercidas por ele. Para isso, foi conduzida um *workshop* de 2 horas com os membros efetivos do time, com o objetivo de identificar as atividades executadas por ele.

Esse processo foi realizado de forma iterativa, utilizando a plataforma Miro® como suporte, permitindo que todos os membros da equipe acessassem e fizessem suas anotações para posterior discussão em equipe. As atividades foram então separadas por responsáveis e atribuídas aos respectivos papéis. Esse método permitiu que todos participassem de forma colaborativa na identificação.

3.3.5 DESENHO DO FLUXO DAS ATIVIDADES

De posse das atividades realizadas pelo setor, a pesquisadora realizou a organização dos fluxos destas atividades em uma ferramenta disponibilizada pela empresa, o Confluence®. O software possui a funcionalidade Draw.io®, que por sua vez, permite o desenho de fluxogramas. Elaborado o fluxo das atividades foi realizada nova reunião com os integrantes do time para fins de validação do fluxograma. Ajustes foram realizados a partir dos *insights* da equipe.

3.3.6 SELEÇÃO DE PRÁTICAS ÁGEIS

De posse do fluxo de atividades compreendido e formalizado, nesta etapa a equipe realizou a etapa criativa. A partir da literatura foram selecionadas práticas ágeis. Esta etapa foi realizada por meio do cruzamento das práticas identificadas em casos parecidos e que fossem aderentes ao problema da empresa.

3.3.7 IMPLEMENTAÇÃO DAS PRÁTICAS ÁGEIS

As práticas ágeis sugerem o uso de alguma ferramenta de gestão de atividades e como a ferramenta padrão de gestão de atividades da empresa é o Jira®, ela foi utilizada para a viabilização da adoção das práticas ágeis.

As práticas ágeis selecionadas serão apresentadas pela pesquisadora para o time do IMS, e serão gradualmente implementadas no dia a dia da área. Os novos papéis e responsabilidades serão definidos, deverá ocorrer a familiarização do time com a ferramenta de gestão de atividades Jira® e deverá se rodar algumas semanas para começar a medir resultados referente a tempo de entrega e falha encontradas em desenvolvimento.

3.3.8 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Para realizar a avaliação da efetividade das práticas ágeis implementadas, se fará um acompanhamento do tempo da entrega de uma funcionalidade desenvolvida através da nova metodologia de trabalho. Também para fins de avaliação da efetividade do método, se realizará o levantamento da quantidade de *bugs* encontrados durante o desenvolvimento.

Para essa comparação será utilizado duas funcionalidades, a “Inspeção Amostral” que foi desenvolvida pelo time ainda na metodologia tradicional, com a funcionalidade “Abastecimento” desenvolvida com as práticas e metodologias ágeis propostas e implementadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA

Para ilustrar o problema relatado pelo setor a equipe explorou o exemplo da última funcionalidade entregue na metodologia anterior de gestão de atividades a “Inspeção Amostral”, funcionalidade esta que demorou 3 anos para chegar na mão do cliente final. Esta funcionalidade foi solicitada pela área da qualidade para substituir os planos de controle físicos em fábrica e auxiliar com a digitalização dos dados de inspeção de qualidade das peças e possibilitar uma melhor análise estatística dos defeitos encontrados pelos operadores.

Esta funcionalidade possui as seguintes funções:

- Integração total com a funcionalidade “Controle de produção”, para fazer a detecção de quantidade de peças produzidas pela máquina.
- Contagem de tempo decorrido de produção;
- Armazenagem e exibição dos planos de controle cadastrados para cada produto;

- Disparo de alerta para realização de inspeção;
- Coleta de dados de inspeções realizadas;
- Avaliação das informações inseridas na funcionalidade, classificando como dentro da especificação ou fora;
- Desenho de carta CEP, identificando pontos em tendência ou fora dos limites.

A Inspeção Amostral teve prazo de entrega inicial de 4 meses, acabou tendo diversos adendos durante o processo, o que fez demorar mais de 1 ano para ficar concluída. Ademais, considerando-se todo o tempo em que passou sendo testada e corrigida, totalizaram-se 6 mil horas de trabalho. Ao final, na entrega da funcionalidade a quantidade de falhas levantadas nos testes realizados pelo time foram 96 falhas no decorrer de 2 anos, entre testes e ajustes. Ainda mesmo após a disponibilização para o usuário final, novas falhas foram encontradas durante o uso.

4.1.LEVANTAMENTO DA LITERATURA E MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES

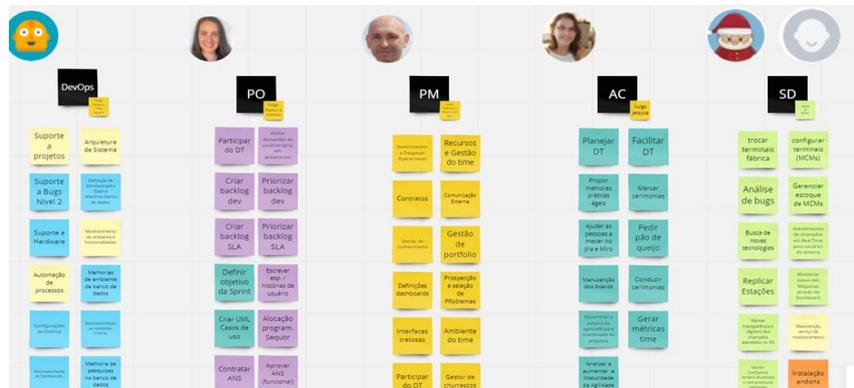
Como apresentado na seção 2 o método Scrum é uma estrutura leve de gerenciamento ágil de projetos para ajudar as equipes a desenvolverem produtos complexos. É usado para gerenciar projetos de desenvolvimento de software com o objetivo de aumentar a produtividade e a qualidade do software.

Considerando-se o resultado das pesquisas realizadas para identificar práticas ágeis utilizadas por empresas de manufatura para o desenvolvimento e implantação do sistema MES, identificou-se o Scrum como metodologias escolhida predominantemente. Exemplo dos casos que escolherem Scrum tem-se a empresa de manufatura de médio porte na China, a pequena empresa de manufatura do estudo de Xin Liu et al. e no contexto brasileiro na empresa do setor metalúrgico, como descreveu Oliveira et al. (2020), portanto decidiu-se por escolhê-lo para ser aplicado no estudo de caso da presente pesquisa.

Com o objetivo de entender os processos do IMS, inicialmente realizou-se o mapeamento das atividades exercidas por ele. Para isso, foi conduzido um workshop com os membros do time interno com a proposição de colocarem num quadro compartilhado no Miro® as principais atividades que eles exerciam dentro do time, todos colocaram ao mesmo tempo,

complementando as atividades uns dos outros e o resultado foi o quadro de atividades abaixo.

Figura 1 – Mapeamento de atividades do IMS



Fonte: elaboração própria.

Identificou-se que o time conta com 7 integrantes 4 deles efetivos, sendo eles 2 especialistas, 1 analista, 1 técnico, 2 estagiários e 1 funcionário temporário. Apesar de todos no time participarem de todas as etapas dos projetos, cada um possuía responsabilidades específicas:

- especialista sênior de engenharia: tinha responsabilidade de receber as demandas da fábrica, realizar o crivo inicial, priorizar as demandas com os diretores da empresa e cuidar da parte de orçamento e contratos com a empresa terceira;
- especialista plena de arquitetura de software: tinha como tarefa a comunicação com os *stakeholders*, agendamento das reuniões de exploração do problema e desenho das soluções;
- analista de sistemas: tinha como responsabilidade dar suporte ao chão de fábrica, resolver falhas simples no sistema, garantir que sistema estivesse rodando adequadamente;
- técnico de automação: tinha como responsabilidade instalar os computadores do MES e cuidar de sua infraestrutura;
- funcionário temporário: tinha como responsabilidade auxiliar no suporte à fábrica na parte da noite;
- estagiário 1 – auxílio no suporte na parte do dia;
- estagiário 2 – auxílio com os testes e organização das atividades do setor.

Da parte das atividades da empresa terceira que realiza a codificação das funcionalidades, obteve-se que elas são controladas por meio de contratos fechados, ou seja, uma

funcionalidade é desenhada, a especificação para ela é criada, é de responsabilidade da empresa terceira realizar a documentação técnica dela para fins de contrato, orçamento e desenvolvimento.

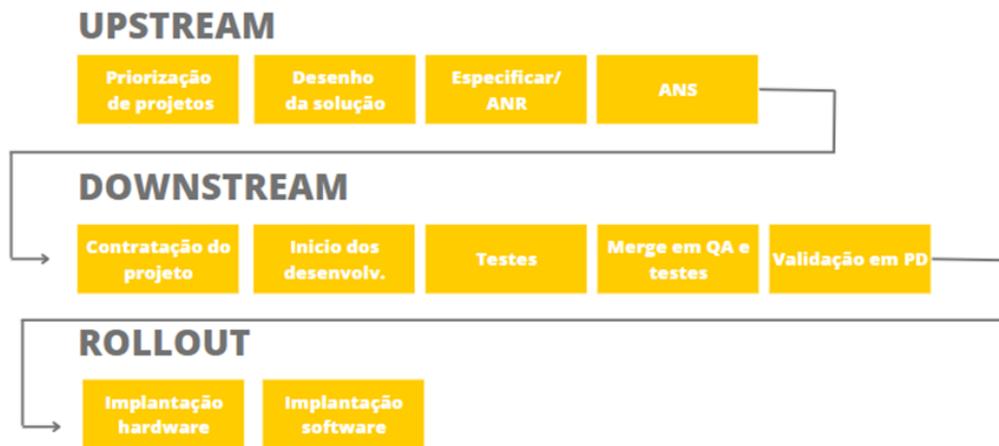
Depois das especificações realizadas elas devem ser aprovadas pelo especialista sênior e o contrato para execução da funcionalidade deve ser fechado. Depois do prazo estabelecido a empresa terceira disponibiliza a funcionalidade para que os integrantes do time possam testar, estas funcionalidades possuem 3 meses de garantia, em caso de acharem falhas, a empresa terceira se responsabiliza em concertar.

4.2.DESENHO DO FLUXO DAS ATIVIDADES

Após a conclusão do levantamento de atividades e papéis, procedeu-se ao desenho do fluxo de trabalho como um todo, a fim de integrar as atividades levantadas e preencher eventuais lacunas identificadas. Como a organização em análise utiliza a plataforma Atlassian®, que disponibiliza ferramentas como Jira® para gerenciamento de atividades e Confluence® para gerenciamento de documentos, o fluxograma foi desenhado dentro do Confluence® para que todos os membros do time pudessem acessá-lo facilmente.

Durante a análise do fluxo de trabalho do IMS foram identificadas três fases distintas. A primeira fase, denominada *Upstream* é responsável por receber as demandas do setor e explorá-las com o intuito de encontrar uma solução viável. Já a fase *Downstream* ou *Delivery* tem como objetivo a construção da solução escolhida após a compreensão completa do problema em questão. Por fim, a fase de *Rollout* é responsável por implantar a solução criada, desenvolvida e testada na fábrica, garantindo sua eficácia e efetividade. É importante ressaltar que cada uma dessas fases é essencial para o sucesso do processo produtivo do IMS. A Figura 3 demonstra as fases do processo mapeado.

Figura 2- Desenho do fluxo das atividades



Fonte: elaboração própria.

4.3. SELEÇÃO DE PRÁTICAS ÁGEIS

Nesta seção discorre-se sobre o que foi identificado com o mapeamento das atividades do IMS e seus fluxos de geração de valor, a fim de explicar quais práticas ágeis deveriam ser selecionadas para cada fase.

4.3.1. Fase de Upstream

A fase do *Upstream* é responsável pela exploração do problema e pela criação de uma solução. Trata-se de uma fase mais desestruturada em relação ao *Downstream* e *Rollout*, já que envolve a descoberta e exploração de problema que pode ser descartado ou sem solução. Nessa fase, as atividades não seguem uma cadência de tempo, mas sim um fluxo contínuo, onde cada entrega é feita à medida que o trabalho avança.

Figura 3- Fluxograma da fase Upstream



Fonte: elaboração própria.

Para esta fase foi necessário a pesquisa por métodos flexíveis de gestão, métodos como *Kanban Board*. O *board* do *Kanban* permite uma gestão visual do trabalho, dividindo-o

em três colunas: trabalho a ser feito, trabalho em andamento e trabalho concluído. Além disso, o board permite estabelecer limites para o trabalho em progresso e medir o tempo de conclusão das entregas.

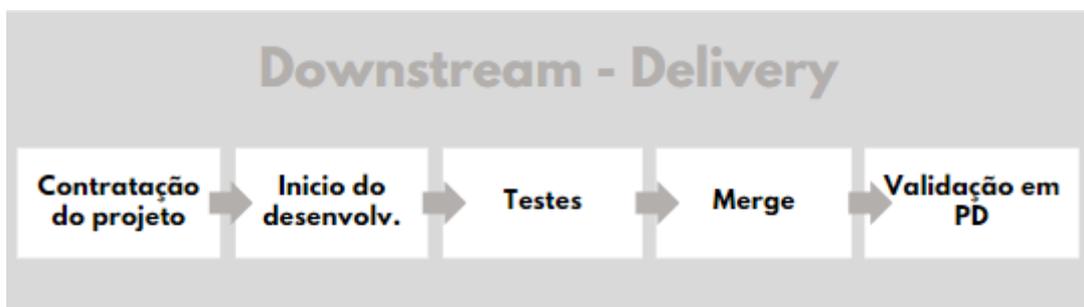
Na fase *Upstream*, a priorização do portfólio de projetos ocorre juntamente com o desenho da solução, a especificação do que precisa ser desenvolvido para a solução encontrada e a criação do documento técnico onde é acordado o que será entregue no projeto e em que prazo. O fluxo de atividades desse processo pode ser verificado na Figura 3.

Com a utilização da metodologia *Kanban*, não havia muito o que alterar no processo, pois a lógica que era utilizada já era a do *Kanban*, apenas foi adicionado ao uso um *Kanban board*, com os problemas que estavam sendo explorados e em que fase do *Upstream* estavam. Existem diversas práticas nessa metodologia, além do uso do quadro, porém, como não haviam novos problemas sendo explorados no período em que o trabalho estava sendo executado, não foi sugerido ou implementadas outras práticas.

4.3.2. Fase de Downstream

Durante esta fase ocorre o desenvolvimento da solução projetada. O desenvolvedor contratado é responsável por iniciar o trabalho e o que foi desenvolvido precisa ser testado e aprovado antes que a solução seja disponibilizada para uso. A Figura 4 ilustra o fluxograma da fase *Downstream*.

Figura 4- Fluxograma da fase *Downstream*



Fonte: elaboração própria.

Dado que o desenvolvimento de *software* envolve a criação de algo novo ou parcialmente novo, sem conhecimento exato de como ele se comportará, é importante monitorar diariamente o andamento do projeto, realizar testes regulares e fazer entregas pequenas e contínuas. Nesse sentido, a pesquisa de métodos ágeis foi voltada para práticas mais

estruturadas e regradas, como o *framework Scrum*, que se concentra em ciclos curtos e iterativos de desenvolvimento, com entregas contínuas e robustas.

Para viabilizar a utilização de práticas ágeis nessa etapa foi necessária a alteração do tipo de contratação dos projetos no setor, ao invés de realizar a contratação de um grande projeto com escopo fechado, alterou-se o contrato para a compra de horas de desenvolvimento. Como a empresa alvo do estudo, não tem o conhecimento em desenvolvimento de *software* a responsabilidade técnica pelas funcionalidades entregues ainda fica como responsabilidade da empresa terceira. Entretanto, diferentemente de como ocorria com as grandes entregas de funcionalidades por projeto, as entregas dos desenvolvedores serão menores e ocorrerão de forma contínuas e com o acompanhamento diário.

Para isso, o *framework Scrum* facilita o desenvolvimento das atividades descritas anteriormente, uma vez que possui cerimônias específicas para o planejamento do ciclo de trabalho, chamado de "*sprints*", com um horizonte de tempo pré-determinado (geralmente duas semanas).

No Scrum existem 3 papéis, o *Product Owner (PO)*, o *Scrum Master (SM)* e os desenvolvedores. Foi selecionada a especialista de arquitetura para ser a *Product Owner* e a estagiária autora deste trabalho para ser a *Scrum Master*. Desta fora as cerimônias do Scrum serão realizadas com a PO a SM e os desenvolvedores.

As cerimônias estabelecidas presentes no Scrum e que foram propostas para o time de desenvolvimento (PO, SM e desenvolvedores) foram:

- *Daily meeting* para o acompanhamento do trabalho e identificação de impedimentos com duração de 15 minutos todos os dias;
- *Sprint Planning* uma vez por *Sprint*, com duração de 2 horas, com o objetivo de planejar o que será entregue durante a próxima *Sprint*,
- *Sprint Review* para avaliar a entrega realizada na *Sprint*, com duração de 1 hora;
- *Sprint Retrospective*: com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria para o próximo ciclo de trabalho, com duração de 2 horas

A *Product Owner* portanto, ficaria responsável por demandar aos desenvolvedores o que é prioridade para desenvolver, melhorar ou concertar no *software*, através do uso de *User*

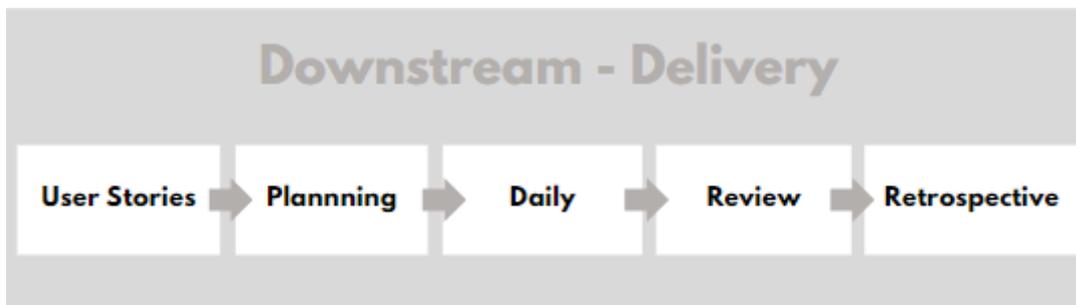
Stories (US) (casos de uso), ou “Histórias de Usuário”, que é uma forma padrão de explicar para os desenvolvedores, o que deve ser feito.

Os desenvolvedores ficariam responsáveis pela programação do *software*, e descrição das tarefas que viabilizariam as *US* criadas pela PO.

A *Scrum Master* ficaria responsável por treinar os desenvolvedores e a PO no *framework Scrum*, agendar e tocar as cerimônias e remover impedimentos no dia a dia do trabalho do time.

Essas cerimônias e períodos de trabalho são repetidos até a entrega total de toda nova funcionalidade. A Figura 5 ilustra o fluxograma da fase *Downstream* atualizado.

Figura 5- Fluxograma da fase *Downstream* atualizado



Fonte: elaboração própria

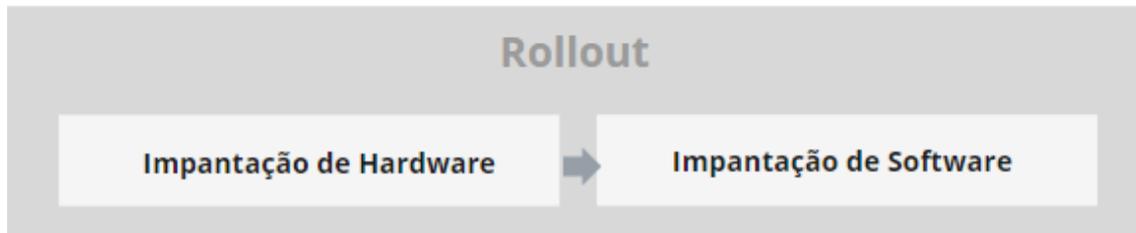
4.3.3. Fase de Rollout

A fase de *Rollout*, também conhecida como de implantação é o momento em que a solução desenvolvida e testada de forma adequada é disponibilizada para o usuário final. Como essa fase envolve a compra de *hardware*, cadastros em sistemas (tanto do MES como sistemas ligados à produção, como o SAP), treinamentos para operadores, técnicos e analistas, a forma mais adequada de gerenciamento dessas atividades é a gestão tradicional ou cascata.

A gestão tradicional é mais adequada para lidar com atividades conhecidas e sequenciadas, que necessitam de datas e responsáveis. Para esta etapa, é utilizado o Jira® em conjunto com a ferramenta *Big Picture*®, que permite a criação de um gráfico de *Gantt* para melhor visualização da linha do tempo das entregas planejadas. Dessa forma,

garante-se um melhor gerenciamento das atividades relacionadas ao *Rollout*. A Figura 6 apresenta o fluxograma da fase *Rollout*.

Figura 6- Fluxograma da fase Rollout



Fonte: elaboração própria.

Ou seja, nada neste processo foi alterado, realizamos apenas a inserção da ferramenta Jira® para auxiliar na gestão destas atividades.

4.4.IMPLEMENTAÇÃO DAS PRÁTICAS ÁGEIS

Foi realizada a apresentação da proposição das práticas ágeis para os integrantes do time interno, e para os desenvolvedores terceiros que foram alocados para trabalhar diretamente com o time. Foi necessária uma semana para que todos os integrantes do time inserissem as funcionalidades que estavam em andamento e suas respectivas atividades na ferramenta Jira®, com o propósito de iniciarmos a organização das Sprints, cerimônias e *backlog* do produto.

Além das atividades agregadas, foram organizadas reuniões diárias de planejamento e revisão, que foram conduzidas pela autora deste trabalho. Os membros da equipe levaram dois meses para se acostumar a planejar *sprints*, ou seja, comparecer nas cerimônias, descrever as *User Stories* para a criação do *backlog* das funcionalidades do produto (MES) e registrar suas tarefas no Jira®.

Após o time estar familiarizado com as ferramentas e cerimônias foram iniciadas as medições de tempo de entrega e quantidade de falhas encontradas no sistema. Todo mês, um relatório com as informações de *tasks* concluídas foi extraído do Jira®, evidenciando a diminuição dos tempos de entrega e iniciou-se o uso da funcionalidade Zephyr® dentro da ferramenta Jira®, para ficarem registrados os testes realizados em todas as atividades, para verificar a diminuição das falhas. Na ferramenta Zephyr® é possível criar casos de testes e seus passos que devem ser executados, estes testes podem ser relacionados às

User Stories (US), desta forma é possível saber quantos testes foram realizados em cada US, em quantos deles foram identificados bugs e em quantos deles foram aprovados com sucesso.

4.5. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

O processo de implementação de práticas ágeis no IMS foi iniciado em outubro de 2022, foi utilizada uma semana para os integrantes internos do time inserirem as funcionalidades em que estavam trabalhando no Jira®, durante este período também ocorreu a configuração do *board* também no Jira® para controle do andamento das atividades referente as funcionalidades e o agendamento das cerimônias do *Framework Scrum* (*Dailys, Plannings, Retrospectivas e Review*). Após quatro *sprints* de duas semanas, ou seja, dois meses, estas cerimônias e atualizações de tarefas no Jira®, entraram para a rotina do time.

Selecionou-se para fins de comparação de resultados obtidos com a implementação das práticas ágeis uma funcionalidade chamada “Abastecimento” que teria o intuito de verificar a produção de peças na fábrica versus quanto material teria disponível para a produção delas, ao atingir um valor mínimo o sistema deveria acionar o setor de logística para que novos insumos fossem entregues para a produção, de forma que a linha de produção nunca ficasse parada esperando material. Com este exemplo, pode-se avaliar tempo para entrega dela e quantidade de bugs no desenvolvimento.

A funcionalidade Abastecimento de foi quebrada em entregas pequenas para serem testadas e havia como planejamento quatro *sprints* para ela ser completamente entregue, ou seja, ao invés do time interno do IMS simplesmente especificar os requisitos da funcionalidade e enviar para a empresa terceira realizar, realizou-se o desenvolvimento dela utilizando-se do *Framework Scrum*, então à medida que partes desta funcionalidade ficavam prontas elas eram testadas individualmente. Quando *bugs* eram encontrados logo eram corrigidos. Neste método cerca de nove *bugs* foram encontrados durante o desenvolvimento, sendo quatro deles referentes a regra de negócio e dois de funcionamento da funcionalidade, este desenvolvimento teve a duração de oito *sprints*, então em quatro meses a funcionalidade se encontrava gerando valor na fábrica em um teste piloto em uma máquina na fábrica.

Fazendo uma comparação da funcionalidade “Abastecimento” com a funcionalidade “Inspeção Amostral” que foi usado como exemplo anteriormente neste artigo, para evidenciar os problemas do método de gerenciamento de projetos antigo, podemos notar que a funcionalidade Abastecimento começou a gerar valor muito mais rápido que a Inspeção Amostral que só começou a gerar valor três anos após seu início.

A funcionalidade “Abastecimento” que utilizou metodologia Scrum, levou cerca de quatro meses para iniciar a agregar valor ao cliente final. Obviamente o fato do “Inspeção Amostral” ter mais funcionalidades que o “Abastecimento” impactou em seu tempo de desenvolvimento, porém com a utilização do *Scrum*, poderiam dividir a funcionalidade em entregas menores e ir incrementando a aplicação com o tempo, como sugere o *Scrum* e as práticas ágeis, para que o valor seja gerado ao cliente o quanto antes.

A grande diferença do Scrum para o método tradicional é o ciclo de desenvolvimento, pois ele não planeja detalhadamente todos os requisitos para iniciar o desenvolvimento, detalha o que vai ser entregue na *Sprint*, desta forma não gerando uma espera de tempo tão grande, conforme foi apresentado na funcionalidade “Abastecimento”.

A vantagem de se utilizar Metodologias Ágeis aos Modelos de Processos Tradicionais é que o seu desenvolvimento é focado integralmente no desenvolvimento do *software*, assim, conclui-se que esta metodologia traz um *feedback* rápido e interativo para o cliente.

A indústria ainda tem muitos desafios a superar, mesmo para funcionalidades simples, há atrasos significativos na entrega, em parte devido a desenvolvedores inexperientes designados há pouco tempo, outra parte, porque o sistema é muito complexo e truncado por conta de muitas funcionalidades do sistema terem sido desenvolvidas na metodologia tradicional de gerenciamento de projetos.

Outro fator que impactou e ainda impacta o tempo da entrega das funcionalidades é o fato das dependências com outros setores da empresa que não adotam métodos ágeis, o IMS depende de entregas de outras áreas, como acesso da TI, manutenção das configurações do CLP pela área de manutenção e de compras de materiais para montagem de bancadas de testes pelo setor de compras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho era o de propor e implementar melhores práticas de gestão de projetos ágeis no setor de digitalização de uma fábrica de uma empresa de manufatura, com a finalidade de reduzir erros e prazos de entrega de funcionalidades. Conclui-se que o propósito do trabalho foi atingido, visto que as práticas foram implementadas no setor IMS da empresa alvo do estudo e trouxe diminuição de erros nas funcionalidades e redução dos prazos de entrega.

O IMS se mostrou satisfeito com o resultado e atualmente discute com outras áreas sobre os benefícios das práticas ágeis para o dia a dia de trabalho. Para resultados ainda mais satisfatórios entende-se que seria necessária a criação de uma equipe multidisciplinar composta por colaboradores de todas as áreas exigidas pela equipe, desta forma se conseguiria uma entrega totalmente ágil, pois tornaria o setor independente, sem ter que esperar a disponibilidade dos demais setores da empresa. Mas atualmente isso não é uma realidade na empresa, os resultados geraram um ótimo ganho, que futuramente quando a empresa estiver aberta a transformação ágil, poderá gerar resultados excelentes.

Para estudos futuros seria interessante explorar a transformação ágil em empresas de manufatura como um todo, apesar da natureza do trabalho ser mais rotineira acredito que haveria muitos ganhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMI, A.; KRANCHER, O.; PAASIVAARA, M. The journey to technical excellence in agile software development. **Information and Software Technology**, v. 150, p. 106959, 2022.

ALMEIDA, J. P., & SALGUEIRO, M. L. E. A implantação do Scrum em projetos de desenvolvimento de produtos em uma indústria do setor elétrico. **Anais do XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, pp. 1-16, 2020.

ALVES, M. L. S., & MARINS, F. A. S. Scrum no desenvolvimento de produtos em empresas do setor metal-mecânico. *Production*, 29, e20190031, 2019.

BECK, K. et al. Manifesto for Agile Software Development. Agile Alliance, 2001. Disponível em: <http://agilemanifesto.org/>

BEINERT, Markus; NIES, Heiko; SCHMIEDEL, Andreas Vermehren. IoT in Execution at John Deere: Innovation Leadership in What is Perceived to Be an Old Industry. *Marketing Review* St. Gallen, 2020, Issue 1, p. 56-63, 8p

BUTT, S. A. et al. A software-based cost estimation technique in scrum using a developer's expertise. **Advances in Engineering Software**, v. 171, p. 103159, 2022.

CETINKAYA, S., ÖZKAN, A. The effect of manufacturing execution systems on production performance: A case study in a manufacturing company. **International Journal of Industrial Engineering Computations**, 11(2), 207-220, 2020. Disponível em: doi: 10.5267/j.ijiec.2019.12.004

COELHO, P. M. N. N. Rumo à Indústria 4.0. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra: 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>> Acesso em 28 maio 2019.

COHN, M. Succeeding with agile: software development using Scrum. **Pearson Education**, 2010.

DINGSØYR, T.; NERUR, S.; BALIJEPALLY, V.; & MOE, N. B. A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development. **Journal of systems and software**, v. 85, n. 6, p. 1213-1221, 2012.

OLIVEIRA, F. S.; FERREIRA, G. A., SILVA, L. S.; FERNANDES, R. A.; SOARES, L. A. Aplicação do Manifesto Ágil na implementação de um MES em uma empresa do setor metalúrgico. *Revista Produção e Desenvolvimento*, Salvador, v. 6, n. 3, p. 166-181, 2020.

Oliveira, F. S., Ferreira, G. A., Silva, L. S., Fernandes, R. A., & Soares, L. A.

HOHL, P. et al. Back to the future: origins and directions of the “Agile Manifesto” – views of the originators. **Journal of Software Engineering Research and Development**, v. 6, n. 1, p. 15, 2018.

HRON, M.; OBWEGESER, N. Why and how is Scrum being adapted in practice: A systematic review. **Journal of Systems and Software**, v. 183, p. 111110, 2022.

HUANG, Kuan-Chieh (KC); HUANG, Yu-Chih et al. Adopting Agile Methodology for MES Implementation: A Case Study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2019.

JIE LIU, BO LI, WENBIN LI, YAN LI. A review of research on Manufacturing Execution System. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2018. 95.9-12, pp. 4373-4387.

KUAN-CHIEH, H., Yu-Chih H., et al. Adopting Agile Methodology for MES Implementation: A Case Study. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, 2019.

LAANTI, M.; SIMILÄ, J.; ABRAHAMSSON, P. Definitions of Agile Software Development and Agility. Em: MCCAFFERY, F.; O’CONNOR, R. V.; MESSNARZ, R. (Eds.). **Systems, Software and Services Process Improvement**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 364p. 247–258, 2013.

LEE, H.; LEE, S.; KANG, B. A real-time monitoring system for an integrated MES and APS in a semiconductor manufacturing environment. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 30(6), 2139-2153, 2019.

LIU, X.; XIANG, W.; ZHANG, Z.; DENG, Z. Agile development and application of manufacturing execution system in a small-scale manufacturing enterprise. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 31, n. 4, p. 767-777, 2020.

MARKETSANDMARKETS. Manufacturing Execution System (MES) Market by Offering, Deployment, Organization Size, Process Industry, Functionality And Geography - Global Forecast to 2025, 2021.

MORANDINI, M. et al. Considerations about the efficiency and sufficiency of the utilization of the Scrum methodology: A survey for analyzing results for development teams. **Computer Science Review**, v. 39, p. 100314, 2021.

OSMUNDSON, J. S.; MICHAEL, J. B.; MACHNIAK M. J.; GROSSMAN, M. A. Quality management metrics for software development. *Information & Management*, V. 40, N. 8. 2003

PAASIVAARA, M; LASSENIUS, C Communities of practice in a large distributed agile software development organization – Case Ericsson. **Journal Elsevier** JUL- 2014

PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach**. Eighth edition ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015.

RAJPUT, G. S.; LITORIYA, R. Corad Agile Method for Agile Software Cost Estimation. **OALib**, v. 01, n. 03, p. 1–13, 2014.

RAÚL, LUTH IRACLENES DE SOUSA. Indústria 4.0 - troca de informação entre MES e gestão da produção. ISEP - DM – Engenharia Electrotécnica e de Computadores, 2022.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. The scrum guide-the definitive guide to scrum: The rules of the game. **SCRUM.org**, Nov-2017, 2017.

SUTHERLAND, Jeff; SUTHERLAND, J. J. **SCRUM: A arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo**. Rio de Janeiro: LeYa, 2015

SUGAYAMA, R.; NEGRELLI, E. Connected vehicle on the way of Industry 4.0. Paraná: Especialização Engenharia Automotiva, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2016/PAP16.pdf>

SURYANA, M. M., ABDUL-RAHMAN, S., & RAHMAN, N. A. Agile project management using Scrum in research and development. *Journal of Information and Communication Technology (JICT)*, 18(2), 187-217, 2019.

SUTHERLAND, J. **Scrum: a revolutionary approach to building teams, beating deadlines, and boosting productivity**. London: Random House business Books, 2014.

TAREEN, W., & AKRAM, A. Analysis of Manufacturing Execution System (MES) implementation and integration strategies for industry 4.0. **Procedia Engineering**, 182, 677-684, 2017.

XIN L.; WEI X.; ZHIXING Z.; ZHIDONG D. Agile development and application of manufacturing execution system in a small-scale manufacturing enterprise. **Journal of Intelligent Manufacturing** 31, no. 4, 2020.