

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMA
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Alessandra Brancher Roeder

**PROPOSTA DE PROCESSO DE COMISSONAMENTO PARA INDÚSTRIA DE
ÓLEO E GÁS A PARTIR DE CONCEITOS DO BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM)**

Florianópolis

2021

Alessandra Brancher Roeder

**PROPOSTA DE PROCESSO DE COMISSIONAMENTO PARA INDÚSTRIA DE
ÓLEO E GÁS A PARTIR DE CONCEITOS DO BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM)**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título em Engenharia Civil, habilitação em Produção
Orientador: Prof. Dr.-Ing. Enzo Frazzon.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Roeder, Alessandra Brancher

Proposta de processo de comissionamento para indústria de óleo e gás a partir de conceitos do Building Information Modeling (BIM) / Alessandra Brancher Roeder ; orientador, Enzo Frazzon, 2021.

84 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. Building Information Modeling. 3. Comissionamento. I. Frazzon, Enzo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Civil. III. Título.

Alessandra Brancher Roeder

Proposta de processo de comissionamento para indústria de óleo e gás a partir de conceitos do Building Information Modeling (BIM)

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Civil habilitada em produção” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia de Produção Civil

Local, 21 de maio de 2021.

Prof. Mônica Maria Mendes Luna
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Enzo Frazzon -Dr.-Ing
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Ernani Fries, Dr
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Sindy Muller
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família que sempre esteve comigo, me apoiando e acreditando na minha capacidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por sempre ter me incentivado e acreditado no meu potencial. Agradeço a minha mãe Marinês e meu pai Milton por toda a educação recebida, por fazerem tudo para garantir meu bem-estar e lutarem muito para me dar as condições ideais para me dedicar aos meus objetivos. À minha irmã Andressa por ser meu exemplo desde criança e estar sempre disposta a me mostrar meus erros para que eu possa melhorar.

Agradeço às minhas amigas e amigos, que compartilharam diversos momentos comigo, fazendo essa trajetória mais leve e que sempre estiveram dispostos a me ajudar e me apoiar independente da situação.

Agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada e que diretamente, ou indiretamente me auxiliaram na conclusão do curso. Agradeço aos meus colegas de trabalho e especialistas na área dessa pesquisa que se dispuseram a colaborar e a compartilhar informações fundamentais para a conclusão do trabalho.

Meu muito obrigado à Universidade Federal de Santa Catarina por todos os desafios e oportunidades oferecidas nesses anos, por todo aprendizado e experiências vividos e por contribuir não só com meu crescimento como profissional, mas também como indivíduo.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído”

(Confúcio)

RESUMO

Percebe-se a dificuldade de integrar diferentes softwares e ferramentas e garantir que a troca de dados e informações seja concisa. O Building Information Modeling (BIM) é uma tecnologia emergente que visa interoperabilizar todos os sistemas e garantir que as trocas sejam eficientes e rápidas. Dentro da indústria de óleo e gás, a etapa de comissionamento é essencial para garantir que as operações sejam iniciadas com a maior qualidade possível. Dessa forma, o presente trabalho visa integrar os processos de comissionamento e o BIM em nível de processos. Para isso iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre a área de comissionamento, a área do BIM e sobre os indicadores.

Em sequência, foi realizada a coleta e a análise de dados, em conjunto com a empresa estudada, para entendimento das atividades, dificuldades e melhorias necessárias. Com isso, foi desenvolvido o mapa de estado atual do processo que serviu como base para o mapa de estado futuro do processo. A proposta do mapa futuro foi realizada a partir das necessidades da empresa e as oportunidades que o BIM oferece com a transformação digital. Por fim, foi feita a validação com a empresa e o desenvolvimento de indicadores para permitir a gestão do novo processo.

Palavras-chave: BIM. Comissionamento. Mapa de processo.

ABSTRACT

It is visible the difficulty of integrating different software and tools and ensuring that the exchange of data and information is concise. Building Information Modeling (BIM) is an emerging technology that aims to interoperate all systems and ensure that the exchanges are efficient and fast. Within the oil and gas industry, the commissioning stage is essential to ensure that operations are started with the highest possible quality. Thus, the present work aims to integrate the commissioning processes and BIM at the process level. For that, it started with a bibliographic review on the commissioning area, the BIM area and on the indicators.

In sequence, data collection and analysis were realized, with the company studied, to understand the activities, difficulties, and necessary improvements. With this, the current state map of the process was developed, which served as a basis for the future state map of the process. The proposal for the future map was done considering the needs of the company and the opportunities that BIM offers with the digital transformation. Finally, validation was performed with the company and the development of indicators was carried out to allow the management of the new process.

Keywords: BIM. Commissioning. Process Map.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Problemas mais frequentes em projetos	18
Figura 2 - Transição das etapas	24
Figura 3 - Fases do comissionamento	24
Figura 4 - Modelo proposto de estrutura do sistema	25
Figura 5 - Quadro de acompanhamento do processo de forma geral	32
Figura 6 - Quadro de acompanhamento semanal	33
Figura 7 - Ilustração da diferença entre interoperabilização e integração de sistemas.....	35
Figura 8 - Conjunto de símbolos do BPMN recomendados para o uso no IDM.....	39
Figura 9 - Procedimentos Metodológicos.....	44
Figura 10 - Relação entre a o método da empresa e o explicado por Bendiksen pode ser analisado Bendiksen e Young (2005).....	48
Figura 11 - Representação do processo total de comissionamento na empresa estudada	49
Figura 12 - Representação dos principais processos das fases de condicionamento de pré- operação partida.....	50
Figura 13 - Mapa atual do processo da FVI	54
Figura 14 - Mapa atual do processo da FVM	57
Figura 15 - Mapa atual do processo de preservação.....	60
Figura 16 - Mapa futuro do processo de verificação de itens.....	64
Figura 17 - Mapa Futuro do processo de verificação de malha.....	66
Figura 18 - Mapa futuro do processo de preservação.....	68
Figura 19 – Quadro de Indicadores de primeiro nível.....	70
Figura 20 - Quadro de Indicadores de segundo nível.....	71
Figura 21 - Quadro de Indicadores da verificação de itens	73
Figura 22 - Quadro de Indicadores da verificação de malha.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do comissionamento segundo Horsley (1998)	24
Quadro 2 – Descrição e definição dos itens recomendados para o uso do BPMN no IDM, com base na OMG (2011) e na ISO 29481-1(2014)	39
Quadro 3 - Comparação entre o estado atual e o estado futuro do processo de comissionamento	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM - Building Information Modeling
BPEL4WS - Business Process Execution Language for Web Serviços
BPMN - Business Process Modeling Notation
CAD - Computer Aided-Design
CCM - Certificado de Completação Mecânica
CQ - Controle de Qualidade
DART - Days Away, Job Restriction or Transfer
ER - Exchange Requirements
EM - Exchange Models
FPSO - Floating, Production, Storage and Offloading
FVI – Folha de Verificação de Item
FVM – Folha de Verificação da Malha
IDM – Industry Delivery Manual
IFC- Industry Foundation Classes
MVD - Model View Definition
O&G - Óleo e Gás
OMG - Object Management Group
SOP – Sistema Operacional
SSOP – Subsistema Operacional
TAF - Teste de Aceitação do Fabricante
TAP – Teste de Aceitação de Performance
TRIR - Total Recordable Incident Rate
TTAS - Termo de Transferência e Aceitação de Sistema

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2.	FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	17
1.3.	OBJETIVOS DO TRABALHO	19
1.3.1.	Objetivo Geral.....	19
1.3.2.	Objetivos Específicos	19
1.4.	INOVATIVAS E LIMITAÇÕES	19
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1.	A INDÚSTRIA DE O&G.....	21
2.2.	COMISSIONAMENTO	21
2.3.	COMISSIONAMENTO NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS	23
2.3.1.	CONCEITOS CHAVES.....	27
2.4.	INDICADORES	28
2.4.1.	Indicadores na indústria de óleo e gás	30
2.4.1.1.	<i>Métricas de custo.....</i>	<i>30</i>
2.4.1.2.	<i>Métricas de cronograma.....</i>	<i>30</i>
2.4.1.3.	<i>Métricas de Segurança</i>	<i>31</i>
2.4.1.4.	<i>Métricas de Performance de produção</i>	<i>31</i>
2.4.1.5.	<i>Métricas de quantidade</i>	<i>31</i>
2.4.2.	Indicadores no comissionamento da indústria de O&G	31
2.5.	BIM.....	33
2.5.1.	IDM.....	36
2.5.1.1.	<i>Mapeamento de Processos no IDM.....</i>	<i>37</i>
2.5.1.2.	<i>Simbologia do mapeamento de processos</i>	<i>39</i>
2.5.2.	MVD.....	42

2.5.3.	IFC	43
3.	METODOLOGIA	44
3.2.	COLETA DE DADOS	45
4.	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	48
4.1.	CENÁRIO ATUAL DO COMISSIONAMENTO	48
4.1.1.	Mapeamento estado atual - Folha de Verificação de Item	51
4.1.2.	Mapeamento estado atual - Folha de Verificação de Malha	55
4.1.3.	Mapeamento estado atual - Preservação	58
4.1.4.	Indicadores atuais	61
4.2.	PROPOSTA DO ESTADO FUTURO	61
4.2.1.	Mapa do Estado Futuro - Verificação de Itens	61
4.2.2.	Mapa do estado futuro - Verificação de Malhas	65
4.2.3.	Mapa do estado futuro - Preservação	67
4.2.4.	Indicadores gerenciais futuros	69
4.2.4.1.	<i>Indicadores do primeiro nível</i>	69
4.2.4.2.	<i>Indicadores do segundo nível</i>	71
4.2.4.3.	<i>Indicadores do terceiro nível</i>	72
4.3.	Comparação do estado atual com o estado futuro	75
4.4.	CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....	78
5.	CONCLUSÃO E PESQUISAS FUTURAS	79
	REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Cresce cada vez mais o mercado de exploração de petróleo no Brasil, e é de extrema importância a construção e instalação de novas unidades industriais e conseqüentemente o bom gerenciamento dos processos de comissionamento, etapa importantíssima para a indústria de óleo gás (AGUIAR, 2010).

O processo de comissionamento tem como objetivo central garantir que sistemas e ativos sejam projetados, instalados, testados e estejam operáveis de acordo com os requisitos do proprietário final. E quando bem executado, impacta diretamente na redução de custos e tempo de trabalho (NEY; FORTES, 2017), e na segurança e qualidade da entrega final da unidade industrial.

Todos os estágios da implementação de uma unidade industrial são complexos, porém a fase de comissionamento é mais exigente em habilidades, lideranças, julgamentos e a que apresenta maior potencial de perigo (HORSLEY, 1998).

Dentro do processo de comissionamento existe uma grande quantidade de documentação e registros a ser manipulada e, portanto, é imprescindível uma ferramenta que permita gerenciar a volumosa quantidade de registros gerados nos projetos (HORSLEY, 1998).

O uso de novas tecnologias na área de comissionamento além de auxiliar na gestão do grande volume de dados também vem com o objetivo de garantir a rastreabilidade do processo, o armazenamento de evidências, a disponibilização de informações a todos os envolvidos e a otimização do planejamento e da execução das atividades (GAETE; JOÃO, 2007).

Um das tecnologias emergentes é Building Information Modeling (BIM), que consiste na representação digital dos ativos e na interoperabilização dos softwares envolvidos. A importância e o uso do BIM crescem em diferentes partes do mundo. Atualmente, são 16 países que estão transformando o uso do BIM como obrigatório para agências nacionais e construções do estado, estando o Brasil entre eles. Além desses, 33 países desenvolvem, voluntariamente, a utilização do BIM e possuem ações de apoio por parte do governo para incentivar o desenvolvimento dessa tecnologia (BUILDINGSMART FRANCE, 2019).

O BIM traz como vantagem o aumento de eficiência e colaboração, por meio da redução da quantidade de retrabalho e detecção precoce de problemas potenciais, bem como a melhoria

do gerenciamento e a comunicação das informações geradas pela modelagem (ARAM et al., 2010).

O BIM não é apenas uma mudança de tecnologia, mas também uma mudança de processo (CHENG ET AL., 2016). Logo, o presente estudo busca trazer uma nova proposta de processo do comissionamento para a empresa estudada, levando em conta as mudanças permitidas pelo BIM e as necessidades de mudança da empresa. E a partir disso, realizar comparações entre o estado atual a proposta de estado futuro do processo.

1.2. FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Nesse contexto, o trabalho busca estudar e representar o cenário atual do comissionamento na indústria de óleo e gás (O&G) com um mapa de processos, por meio da análise dos gargalos, das ineficiências do processo, e das dificuldades dos envolvidos. Com base nisso e com o entendimento da tecnologia BIM e das possibilidades da transformação digital, o estudo propõe um novo processo digital para o comissionamento com as comparações entre o estado atual e o futuro.

O presente trabalho foi realizado com base nos processos reais de uma empresa da indústria de O&G, porém, devido a fins de confidencialidade não serão divulgadas informações específicas sobre ela.

No atual processo do comissionamento da empresa existem muitas etapas que são realizadas de forma manual, já que a troca de informações acontece por diversos documentos que posteriormente têm suas informações passadas para um sistema que gerencia o comissionamento. O que causa grande perda de informações e retrabalho, principalmente quando há perda e estrago dos documentos.

O BIM, além de permitir a retirada de todos os papéis do processo, o que reduz o tempo, também permite interoperabilizar as ferramentas. Ou seja, permite que as ferramentas e os sistemas se comuniquem diretamente entre si, sem a necessidade de importar e exportar dados e documentos, o que facilita o fluxo de informações. Em complemento, permite que a troca de dados entre fornecedores e contratadas seja mais rápida e assertiva, pois com o uso do formato neutro, não haverá necessidade de conversão de arquivos e informações.

Em contraponto, a falta de padronização dos processos faz com que cada contratada escolha fazer o processo de uma forma, o que dificulta o gerenciamento e a fiscalização deles.

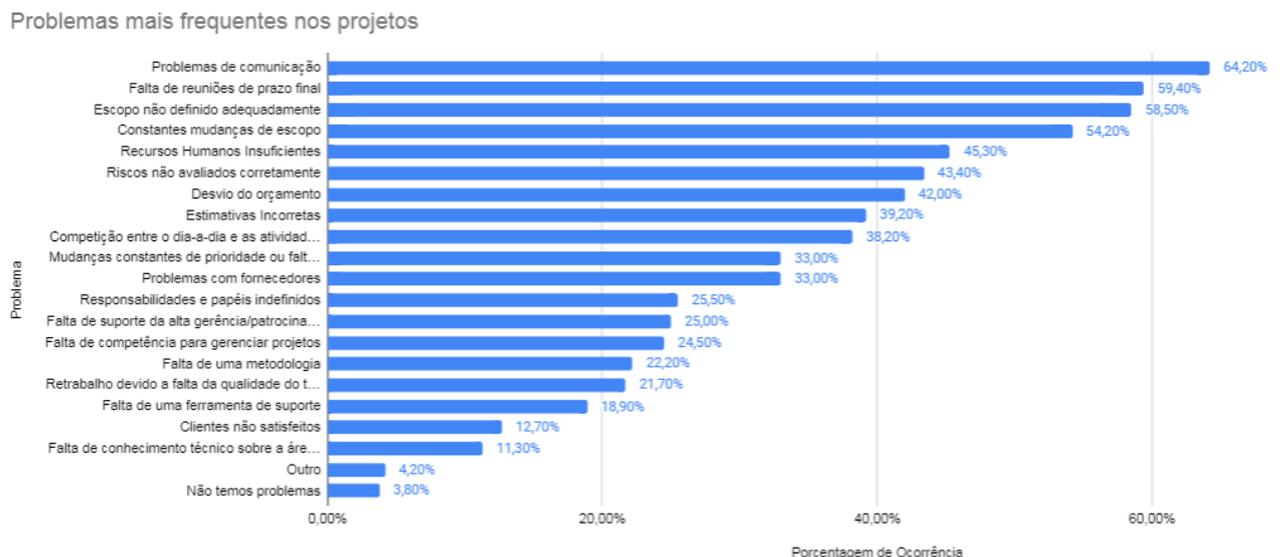
O mapeamento do processo permite a representação dele de forma clara e visual, proporciona uma visão holística e permite a identificação de gargalos e ineficiências que ocorrem e podem ser mitigadas.

Portanto, para o comissionamento, a junção da implementação do BIM, que traz mudanças na parte digital, com o mapeamento dos processos, que proporciona novas perspectivas, é de extrema importância para aumentar a eficiência e a eficácia dos processos.

Atualmente, a empresa estudada não possui indicadores padronizados, cada contratada possui seus próprios indicadores, o que dificulta o entendimento do estado dos processos e a tomada de decisões assertivas. Conforme dizia Edward Deming, “*o que não se mede não se gerencia*”. Como o processo sofrerá várias mudanças, a criação de indicadores personalizados para a empresa permitirá que o gerenciamento seja feito de forma correta, personalizada e adequada.

A Figura 1 representa uma pesquisa realizada pela PMSurvey em 2014 que representa os principais problemas que acontecem durante a execução de um projeto.

Figura 1 - Problemas mais frequentes em projetos



Fonte: Adaptado de PMSurvey, (2014)

Com a implementação do BIM dentro do comissionamento na empresa estudada, os problemas de “Problemas de Comunicação”, “Estimativas incorretas”, “Competição entre o dia a dia e as atividades planejadas” e “Falta de uma ferramenta de suporte” podem ser eliminados e/ou reduzidos de forma considerável.

Por fim, o uso do BIM no Brasil e na indústria O&G ainda é muito novo, logo, o presente trabalho visa trazer mais informações sobre essa metodologia e demonstrar a inovação e vantagens que ela pode trazer para uma instituição.

1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3.1. Objetivo Geral

Proposição de um fluxo de processo e indicadores para o comissionamento na Indústria O&G visando a transformação digital a partir de conceitos do BIM.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos serão tratados para atendimento do objetivo geral:

- Analisar e relatar o cenário atual do comissionamento na indústria O&G;
- Realizar proposta de mapas de estado futuro e de indicadores, do comissionamento na indústria O&G, baseado na utilização do BIM;
- Apontar as diferenças entre o processo atual e o futuro.

1.4. INOVATIVAS E LIMITAÇÕES

Embora empresas internacionais de petróleo, gás e petroquímica tenham começado a utilizar ferramentas e técnicas BIM em seus projetos, existem poucos estudos voltados a essa área e é reduzido o número de evidências de aplicação da tecnologia BIM na indústria O&G (CHENG ET AL., 2016) (FAKHIMI et al., 2017).

Além disso, não há muitas demonstrações do processo de comissionamento mapeado conforme a metodologia e o padrão Industry Delivery Manual (IDM) do BIM. Portanto o presente trabalho complementa essa área e traz sugestões para futuras pesquisas voltadas, principalmente, a área de dados.

Esse trabalho relata apenas uma etapa do projeto de transformação digital do comissionamento que é realizado na empresa. Portanto a implementação do mapeamento futuro e dos indicadores será feita apenas quando o desenvolvimento dos softwares estiver pronto,

logo não é possível relatar a implementação e fazer uma comparação do antes e depois. O estudo visa apresentar os principais processos da etapa de comissionamento para fornecer um panorama geral ao leitor. Portanto não houve um detalhamento a fundo dos processos de execução do mapeamento.

Devido a confidencialidade não serão fornecidos detalhes específicos sobre a empresa, apenas sobre seus processos.

O presente trabalho não visa explicar como fazer o desenvolvimento e a implementação da tecnologia BIM, mas explicá-los ao nível de processos. Devido a isso o trabalho não entrará em detalhes sobre o nível de dados e desenvolvimento.

Junto a isso, a execução da pesquisa se deu durante a pandemia do COVID-19 e, portanto, as interações físicas foram limitadas e conseqüentemente não foi possível observar os processos serem executados no dia a dia e *in loco*, o que limitou a coleta de dados.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira: o primeiro capítulo visa introduzir o assunto, explicar os objetivos geral e específicos, a importância e as limitações existentes durante o desenvolvimento. O segundo capítulo consiste na revisão da literatura do comissionamento, dos indicadores e das tecnologias e ferramentas utilizadas nesse trabalho,

O terceiro capítulo explica a metodologia e as etapas da pesquisa e o capítulo quatro traz o desenvolvimento do trabalho, e, portanto, as explicações, mapas de processos e comparações. Este, é dividido em duas partes: o cenário atual e proposta de mapa futuro. Para finalizar, o último capítulo traz a conclusão e recomendações de pesquisas futuras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A INDÚSTRIA DE O&G

A indústria de O&G se faz presente em diversas formas no cotidiano, desde o transporte de pessoas até a oferta de matéria prima para estradas, produtos de cabelo e plástico. Segundo o IPB -Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (2020), em 2015 o setor de Petróleo e Gás era o terceiro setor no ranking de atividades econômicas do país e o quarto colocado no ranking de exportações, mostrando que a relevância do setor é indiscutível. Entre os anos de 2007 e 2017, o setor arrecadou mais de R\$ 1,4 trilhão e a expectativa para os próximos 10 anos é que seja arrecadado mais de R\$ 1 trilhão (IPB, 2019), o que mostra a relevância do setor para o Brasil.

Segundo Badiru e Osisanya (2013), projetos na indústria de petróleo e gás são caracterizados por grandes investimentos, numerosas interfaces e complexos empreendimentos de engenharia. O tamanho e a complexidade desses projetos requerem atenção especial no processo de gerenciamento de projetos.

E conforme o relatório de atividades divulgado pela IPB em 2019, a transformação digital tem um papel crucial no setor, visto que o uso de tecnologias inovadoras focadas em aumentar a eficiência, confiabilidade, segurança e produtividade da indústria de O&G impactarão no desenvolvimento nas cadeias energéticas. Para o Instituto, a digitalização, um dos pilares da transformação digital, já promove mudanças no modo de gerenciamento e desenvolvimento de suas atividades, assim como na comunicação entre os envolvidos.

O Brasil conta com uma abundância de reservas e com um grande potencial de crescimento para a exploração do petróleo, para as próximas décadas (IBP, 2019), necessitando assim da construção de diversas unidades industriais para atender a demanda. Assim sendo, a transformação digital do comissionamento na indústria O&G garantirá que as unidades sejam construídas e gerenciadas com maior qualidade, segurança e produtividade.

2.2. COMISSIONAMENTO

A palavra comissionamento vem do latim *commission* (cargo ou missão de confiança), então, comissionamento é o “ato de atribuir determinado cargo e missão”. Seu primeiro uso foi

no meio naval, onde para os marinheiros significava “entregar um navio ao serviço ativo” (GUIMARÃES, [s.d.]). Com o passar do tempo, as práticas foram levadas a empreendimentos na terra firme e auxiliaram na implementação e fabricação de bens industriais. A normalização e padronização desses procedimentos começaram a ser desenvolvidas no final da década de 1980 e continua até hoje. As primeiras literaturas surgiram por volta de 1990 e a partir daí foram criadas mais legislações de modo a garantir a segurança e a qualidade dos processos.

Podemos encontrar as seguintes definições de comissionamento na literatura:

- “O comissionamento implementa um processo, focado na qualidade, para verificar e documentar que o desempenho de instalações, sistemas e conjuntos satisfazem os objetivos e critérios definidos” (ASHRAE HANDBOOK, 2011, cap.43.1, tradução própria)¹;
- Para a ISPE (2011), o comissionamento consiste em uma abordagem bem planejada de engenharia, que é documentada e gerenciada para deixar os sistemas e equipamentos prontos para partida e transferência ao usuário final;
- A U.S General Services Administration (GSA) define comissionamento como um processo sistemático que através da verificação e documentação garante que todos os sistemas da instalação funcionam totalmente de acordo com a documentação e intenção do projeto, e de acordo com as necessidades operacionais do proprietário (KUBBA, 2017).

O comissionamento pode, portanto, ser definido como o processo que garante que todo o ativo será entregue ao cliente em pleno funcionamento, com todos os testes e preservações realizados e com toda a documentação atualizada.

Tipicamente o comissionamento possui como resultados principais (ISPE, 2011):

- Inspeção;
- Preparação para operação;
- Regulação e ajuste;
- Teste e teste de performance;
- Treinamento.

¹ No original: Commissioning implements a quality-oriented process for achieving, verifying, and documenting that the performance of facilities, systems, and assemblies meets defined objectives and criteria.

2.3. COMISSIONAMENTO NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS

Na indústria O&G, o comissionamento é a “verificação de todos os equipamentos instalados no local para garantir a conformidade final com os padrões de design e especificação para os quais foi fabricado, adquirido e instalado” (ARNOLD, 2007, p. III-589, tradução própria)². Após a realização do comissionamento, a instalação deve operar de maneira integrada, estável, segura e rentável. Ele se inicia no nível de componentes e equipamentos e segue em uma sequência lógica na direção de subsistemas, sistemas e unidades instaladoras.

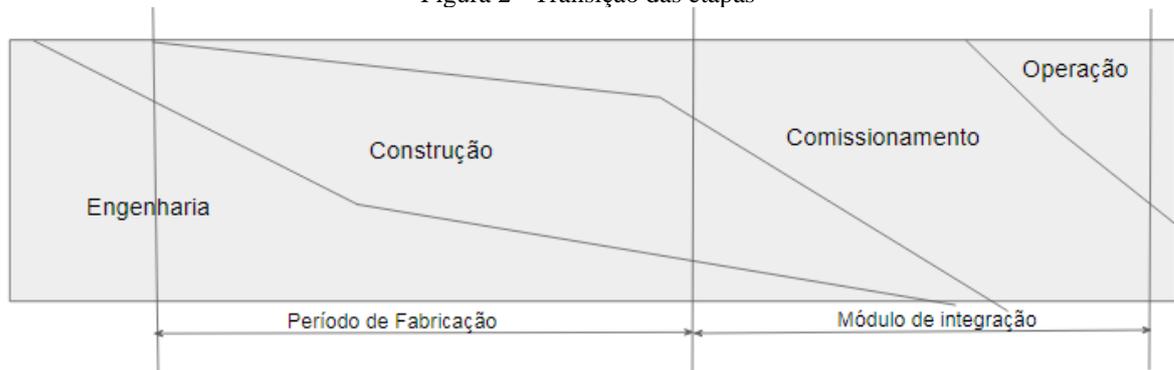
De acordo com Francis (2006), os principais objetivos do comissionamento são:

- Garantir uma partida rápida e eficiente da produção da planta;
- Validar se a equipe de construção do projeto fez a instalação de acordo com os requisitos especificados;
- Garantir que 100% dos testes mecânicos, elétricos e de automação foram realizados antes do início da produção;
- Demonstrar e documentar que todos os sistemas estão operacionais;
- Identificar deficiências e fazer correções;
- Ajustar ou modificar o equipamento para melhor operabilidade e manutenção;
- Fazer a ligação entre o término da fase de construção e o início da fase de operação;
- Ter toda a documentação de transferência completa;
- Certificar que a equipe de operação recebeu o treinamento prático adequado durante a duração do projeto;
- Garantir o progresso do comissionamento de acordo com os requisitos do projeto e metas de longo prazo dos ativos.

A Figura 2 mostra como pode ser feita a transição e divisão das etapas existentes. Observa-se que o comissionamento está presente tanto no período de fabricação dos ativos como no de integração.

² No original: “Commissioning is the site checking of all equipment installed on site to ensure final compliance with the design and specification standards to which it was fabricated, purchased, and installed.”

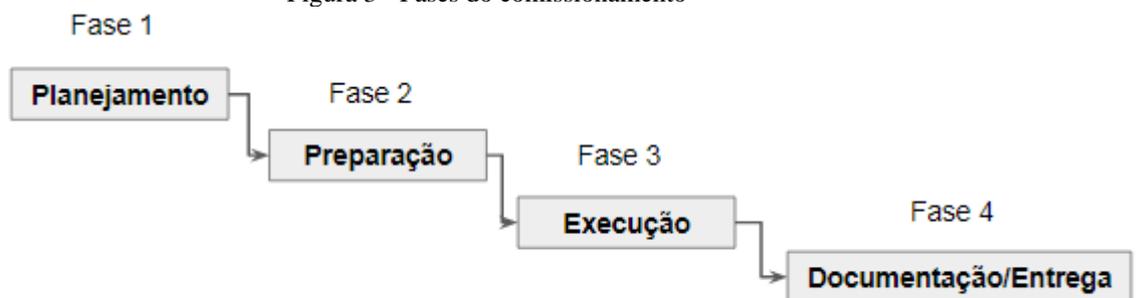
Figura 2 - Transição das etapas



Fonte: Adaptada de Bendiksen e Young (2005)

Segundo Bendiksen e Young (2005), a etapa do comissionamento na indústria de óleo e gás pode ser dividida em 4 fases, apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Fases do comissionamento



Fonte: Adaptado de Bendiksen e Young (2005)

Para Horsley (1998), as fases do comissionamento são apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Fases do comissionamento segundo Horsley (1998)

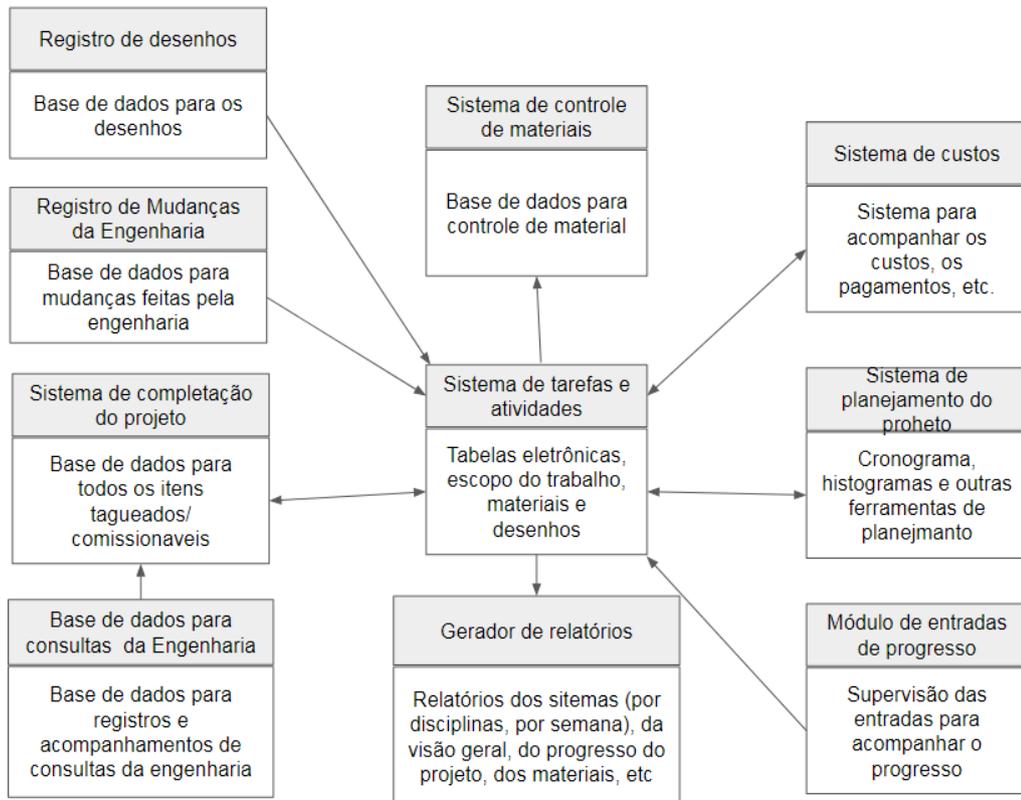
Construção e Pré-Comissionamento	Fase A: Preparar planta/equipamento para pré-comissionamento e testes mecânicos
	Fase B: Preparar serviços, limpar e testar os sistemas quanto a pressão
	Fase C: Verificar e preparar os principais equipamentos mecânicos, instrumentação, e sistemas de proteção
	Fase D: Preparações finais para a partida de operação
	Fase E: Carregar com matéria-prima e iniciar a partida

Comissionamento	Fase F: Testes de performance e aceitação da planta
	Fase E: - Restante do período de manutenção

Fonte: Adaptada de Horsley (1998)

Enquanto para Horsley (1998) as atividades podem ser separadas em pré-comissionamento e comissionamento, para Bendiksen e Young (2005) todas elas são consideradas como comissionamento e se enquadram nas fases de preparação e execução. Mas independente da forma que o responsável dividirá o projeto, para realizar uma boa gestão do comissionamento é necessário que todas as informações sejam integradas e gerenciadas através de um sistema e de uma base de dados. A Figura 4 mostra um modelo proposto por Bendiksen e Young, (2005). De acordo com eles, o sistema total é a integração de diversas ferramentas, como o Excel, MS Project, Access, entre outros.

Figura 4 - Modelo proposto de estrutura do sistema



Fonte: Adaptada de Bendiksen e Young (2005)

É necessário que a organização controle o sistema e não o contrário, já que o objetivo dela é auxiliar o processo e não gerar problemas. “Gastamos, ou desperdiçamos, grandes quantidades de tempo e recursos tentando consertar o sistema (mais especificamente problemas de interface” (BENDISKEN E YOUNG, 2005, p. 5, tradução própria)³. E além da interface, quando há uma comunicação clara entre a gestão, funcionários e colegas, muitos problemas de projeto podem ser evitados (BADIRU; OSISANYA, 2013, p. 100,). Portanto, um software eficiente é de extrema importância para atingir qualidade, custo e prazo planejado do projeto de comissionamento.

Em um projeto de comissionamento, a documentação malfeita ou mal preparada pode ser uma grande ameaça ao projeto (BENDISKEN E YOUNG, 2005). Os documentos e a gestão de informação são de extrema importância para a indústria de óleo e gás e influenciam diretamente na garantia e no controle da qualidade do projeto (SAMIE, 2016). Podem também acarretar diretamente na auditoria e em uma eventual necessidade de tomada de controle do projeto (BENDISKEN E YOUNG, 2005). Num processo não automatizado, os documentos papéis são evidências diretas que o processo foi realizado da maneira correta. Os documentos gerados durante o processo devem ter harmonia entre si e corresponder aos requisitos do projeto (SAMIE, 2016). Além disso, segundo Bendiksen e Young (2005), a preparação, no último momento de documentos para entregar ao cliente é um dos elementos mais comuns no atraso do projeto.

Outro elemento que pode causar grande atraso no cronograma do projeto é a preservação. Em pesquisa realizada por Bendiksen e Young (2005), a má preservação apareceu historicamente como causa de atraso de 10% a 20% das vezes como resultado da má execução é necessário a compra ou reparação de equipamentos, o que aumenta o custo e a duração do projeto.

A geração e utilização de relatórios semanais também é fundamental para a execução do comissionamento. É neste momento que a equipe responsável pode trocar informações sobre o momento do projeto e o andamento em relação ao planejado, e identificar áreas de preocupação (BENDISKEN E YOUNG, 2005).

Para que a execução saia como o planejado, também é essencial o gerenciamento da disponibilidade dos ativos de forma a garantir que a data de chegada seja condizente com o

³ No original: “...we spend, or waste, large amounts of time and resources in trying to fix the system (most specifically interface issues).”

cronograma e que seja cumprida. Para isto a comunicação constante com a equipe de suprimentos é fundamental (BENDISKEN E YOUNG, 2005). Outra comunicação primordial durante o projeto é com o cliente final, ou seja, quem fará a operação dos sistemas, pois o cumprimento de seus requisitos assegura que o projeto obteve sucesso.

Para Bendiksen e Young (2005), os seguintes riscos também estão ligados ao projeto do comissionamento:

- Treinamento inadequado sobre o uso de ferramentas padrões do projeto;
- Falta de procedimentos completos do comissionamento antes do início do comissionamento;
- Falta de entendimento e conhecimento do cronograma geral do comissionamento pelos engenheiros de comissionamento;
- Falta de persistência em garantir que a construção de todos os itens acontecesse antes da transferência para a fase de comissionamento;
- Falta de revisão do comissionamento nas peças de reposição recomendadas pelo fornecedor;
- Falta de acompanhamento dos equipamentos mais importantes e caros no processo.

Assim sendo, é essencial o uso de um sistema que permita o controle, armazenamento e gerenciamento de documentos, procedimentos e atividades envolvidos no projeto. E que permita a visualização do processo de modo claro e a comunicação entre os envolvidos.

2.3.1. CONCEITOS CHAVES

Os seguintes conceitos são importantes para melhor entendimento do comissionamento:

- SOP – Sistema Operacional

Um sistema operacional, dentro do comissionamento de uma indústria e O&G, consiste em um conjunto integrado de itens comissionáveis e malhas que realizam uma função produtiva ou que funcionam como apoio a um determinado processo.

- SSOP – Subsistema Operacional

Subconjunto de um SOP, com capacidade de realizar a mesma função produtiva, ou de apoio, mas em escala reduzida.

- Condicionamento

Etapa do comissionamento em que um conjunto de tarefas e atividades são realizadas nos itens comissionáveis e nas malhas com o objetivo de deixá-los prontos para os testes de funcionamento.

- Pré Operação e Partida

Etapa do comissionamento em que um conjunto de atividades e tarefas são realizadas sob os itens comissionáveis e malhas com o objetivo de garantir a transição do estágio de Completação mecânica ao estágio de operação plena deles.

- Item Comissionável

Qualquer componente físico que possui uma função ou presta suporte a algum processo e que poderá ser efetivamente instalado.

- Malha

Conjunto interligado de itens comissionáveis e linhas que interligados permitem o monitoramento e controle de diferentes variáveis do processo.

2.4. INDICADORES

Um sistema de rastreamento deve ser desenvolvido para garantir que o projeto avance conforme planejado, medindo o trabalho realizado em relação ao planejado (BADIRU; OSISANYA, 2013). E segundo os mesmos autores, o controle é essencial para poder melhorar o processo. Para gerenciar é necessário realizar o controle através de indicadores chaves de desempenho, também conhecidos como Key Performance Indicator (KPI).

Um indicador de desempenho pode ser definido como um item de informação coletado em intervalos regulares para acompanhar o desempenho de um sistema (FITZ-GIBBON, 1990) em termos de efetividade, eficiência e qualidade (COX; ISSA; AHRENS, 2003). Esses indicadores servem para harmonizar e gerenciar a qualidade do serviço em toda a gama de suas funções (HINKS; MCNAY, 1999).

Os KPI's permitem controlar e monitorar o progresso das atividades e tarefas. Para Bendiksen e Young (2005), a definição dos indicadores deve ser simples e de fácil entendimento (KISS - Keep It Simple Stupid) e o KPI geral, que representa o comissionamento como um todo, é a quantidade progressiva de sistemas entregues às operações em relação às

datas planejadas para ele. Os KPI's permitem controlar e monitorar o progresso das atividades e tarefas.

Métricas de desempenho são importantes para avaliar a evolução do projeto e, frequentemente, são utilizadas para comparar o desempenho do projeto com diferentes pontos de vista (RUI et al., 2017). As métricas podem ser utilizadas como indicadores de alerta antecipados para que os gerentes de projeto avaliem a eficiência e desempenho do projeto em nível de fase, obtenham valores mais confiáveis para comparação e estabeleçam estratégias que melhorem o desempenho de fases subsequentes do projeto e projetos futuros (YUN et al, 2016).

De acordo com Chan e Chan (2013, apud COLLIN, 2002) o processo de desenvolvimento de indicadores de performance engloba os seguintes fatores e aspectos:

- KPI's são indicadores gerais de desempenho e se concentram em aspectos críticos de produtos ou resultados;
- Para uso regular, deve ser mantido e gerenciado apenas um número limitado de KPI's, pois ter muitos KPIs (e muito complexos) pode consumir muito tempo e recursos. para a coleta e gerenciamento;
- O uso sistemático de KPIs é essencial, pois o valor dos KPIs é quase totalmente derivado de seu uso consistente em vários projetos;
- A coleta de dados deve ser feita da forma mais simples possível;
- Um grande tamanho de amostra é necessário para reduzir o impacto das variáveis específicas do projeto. Portanto, os KPIs devem ser projetados para uso em todos os projetos de construção;
- Para que a medição de desempenho seja eficaz, as medidas ou indicadores devem ser aceitos, compreendidos e adotados em toda a organização;
- Os KPIs precisarão evoluir e é provável que um conjunto de KPIs esteja sujeito a alterações e refinamentos;
- As exibições gráficas de KPIs precisam ser simples no design, fáceis de atualizar e acessíveis.

Além disso, os indicadores podem ser escolhidos a partir de objetivos mensuráveis ou subjetivos, como exemplo tem-se respectivamente a variação de custos e a satisfação do cliente (CHAN; CHAN, 2013) (PIETERSON; ICF, 2019).

2.4.1. Indicadores na indústria de óleo e gás

Segundo Rui et al (2017), melhorar a eficiência da indústria de O&G é de extrema urgência e, para isso, é necessário desenvolver indicadores e métricas de desempenho para avaliar os projetos, seus resultados e identificar possíveis melhorias para o futuro (YUN et al, 2016).

Para o desenvolvimento e escolha de métricas é importante levar em conta as características do projeto, as fases (YUN et al, 2016), a aplicabilidade de cada métrica (RUI et al., 2017).

Rui et al. (2017), a partir da sua revisão literária, dividiu as métricas de desempenho da indústria de O&G em cinco características: custo, cronograma/prazo, segurança, qualidade e produção.

2.4.1.1. Métricas de custo

O desenvolvimento das métricas de custo deve levar em conta diversas categorias como: engenharia, gerenciamento de projeto, equipamentos, materiais a granel, fabricação, instalação, construção, inicialização e custos de comissionamento. Para entender o custo geral do projeto é necessário entender cada categoria, porém o cálculo para o custo de categoria e fase vai ser determinado por diferentes fatores (RUI et al., 2017).

Para YUN et al (2016), o custo total do projeto não deve ser utilizado na fase do comissionamento, pois o valor total só será conhecido no final do projeto.

2.4.1.2. Métricas de cronograma

As métricas de desempenho do cronograma são importantes para avaliar a evolução dos projetos em diferentes estágios e a principal métrica utilizada é a de crescimento do cronograma, que deve ser utilizada tanto para o projeto geral como para uma fase específica (RUI et al., 2017) (YUN et al, 2016). Ela é calculada pela diferença percentual entre a duração da fase real e planejada.

2.4.1.3. *Métricas de Segurança*

A natureza de trabalho e as propriedades de projetos e produtos da indústria de O&G representam sérias ameaças à segurança dos trabalhadores e, portanto, métricas de segurança são elementos essenciais para um bom gerenciamento (RUI et al., 2017).

As métricas de segurança, aplicáveis também em níveis de fase do projeto são bem padronizadas dentro de todas as indústrias e são definidas como: a taxa total de incidentes registráveis (TRIR) e a taxa de dias de afastamento, transferências e restrições do trabalho (DART) (YUN et al, 2016) (RUI et al., 2017).

2.4.1.4. *Métricas de Performance de produção*

Métricas de performance permitem avaliar o desempenho do projeto em níveis de resultados do projeto (YUN et al, 2016). Em nível da indústria O&G podem ser utilizados o índice de produção e a quantidade de barris por poço, mas são necessários alguns anos de operação para coletar um nível suficiente para ser útil em nível gerencial (RUI et al., 2017). Em nível de fases elas devem ser desenvolvidas pelos gerentes responsáveis e devem ser específicas para cada fase (YUN et al, 2016).

2.4.1.5. *Métricas de quantidade*

As métricas de quantidade envolvem o valor das áreas e pesos de componente e subcomponentes e geralmente são usadas para avaliações mais detalhadas para a equipe de engenharia e ou de design dos componentes (RUI et al., 2017).

2.4.2. **Indicadores no comissionamento da indústria de O&G**

Segundo Bendiksen e Young (2005), o sistema deve permitir a geração de diversos relatórios, mas é de necessário ter a visão geral do processo como um todo, com a utilização dos seguintes indicadores:

- KPI 1. Quantidade de sistemas ou em progresso;

- KPI2. Quantidade de sistemas ou subsistemas entregues atrasados ou antecipados desde a construção até o comissionamento;
- KPI 3. Quantidade de sistemas ou subsistemas concluídos pelo comissionamento (e itens pendentes da lista de pendências);
- KPI4. Quantidade de sistemas ou subsistemas totalmente concluídos pelo comissionamento e prontos para transferência para as operações;
- KPI 5. Quantidade de sistemas ou subsistemas realmente assumidos pelas operações.

Segundo os autores, além desses KPI's é necessário haver outros para os subníveis, como por exemplo: status da preservação, status da lista de pendências, status das listas regulatórias, entre outros.

Bendiksen e Young (2005) propuseram o quadro de acompanhamento mostrado na Figura 5. Ele tem como objetivo reunir os indicadores explicados em cima para a unidade como um todo, e, mostrar de forma resumida como estão os sistemas operacionais de cada fase.

Figura 5 - Quadro de acompanhamento do processo de forma geral

Sistemas em construção				Sistemas com comissionamento em progresso (KPI 1)					Sistemas com comissionamento completo e com pendências (KPI 3)				Sistemas com comissionamento completo - pronto para operações (KPI 4)		
Número de sistemas =		3	4008	Número de sistemas =		3	2455	Número de sistemas =		3	Número de sistemas =		4		
Sist.	Descrição do sistema	Status	Horas restantes	Sist.	Descrição do sistema	Status	%	Horas restantes	Sist.	Descrição do sistema	Lista de Pendências		Sist.	Descrição do sistema	Lista de Pendência B
											A	B			
79	Desligamento da emergência	3	688	4	Sistema de Iluminação	1	50	315	8	Sistema de óleo a diesel	2	4	51	Geração de emergência	6
75	Sistema Turret	3	2530	5	Separação	1	35	1220	62	Sistema de água fresca	6	17	53	Sistema de Refrigeração	22
16	Sistema de rádio	3	790	21	Regeneração de Glicol	1	70	920	50	Gerenciamento de energia	15	22	40	Sistema de Navegação	15
									82	Distribuição de energia	8	20			

Sistemas em entregas no Backlog (KPI 2)			
Número de sistemas =		2	2316
Sist.	Descrição do sistema	Status	Horas restantes
64	Sistema de ventilação	4	716
71	Sistema de combate a incêndio	4	1600

Entregues para Operação (KPI 5)
Número de sistemas = 15

Legenda Status do Comissionamento	
Status	Descrição
1	Não restrito: trabalho em andamento
2	Entregue, Pendência impeditivas (A) sendo resolvidas
3	Não entregue ao comissionamento
4	Restrito: mudança de design, etc

Fonte: Adaptada de Bendiksen e Young (2005)

Além desses relatórios, os autores sugerem a utilização semanal de relatório mostrado na Figura 6, que fornece a visão geral dos sistemas e subsistemas. Para eles, o relatório semanal é crítico para o sucesso do projeto, visto que permite avaliar o andamento e se existe área de preocupação que exigirá atenção maior.

Figura 6 - Quadro de acompanhamento semanal

Sumário	Subsistemas		Sistemas		Homem hora pra realizar			
	Planejado	Realizado	Planejado	Realizado	Total	E&I	Segurança	Processo
Resumo da Realização da Semana								
Com a construção								
Backlog								
Em Progresso (sem restrições)								
Em Progresso (com restrições)								
Completo com pendências impeditivas (A)								
Totalmente Comissionado								
Entregue a Operação								
Total								

Fonte: Adaptada de Bendiksen e Young (2005)

Em complemento, é orientada a utilização de tabelas que informam por sistema ou subsistema, o estado do processo por etapas do comissionamento e de atividades que são realizadas por semana, como por exemplo a resolução de pendências. Porém, é importante lembrar que é a persistência no acompanhamento que faz o relatório se tornar uma ferramenta útil para todos (BENDISKEN E YOUNG, 2005).

Ao criar e monitorar os indicadores, é importante considerar o que foi planejado, de forma a direcionar e garantir um bom trabalho (BENDISKEN E YOUNG, 2005). O gerente deve levar em conta todos os fatores considerando que “O gerenciamento eficaz de interfaces reduzirá o custo total do projeto e facilitará o comissionamento, transferência e operação futura sem problemas da plataforma.” (SAMIE, 2016, p.18, tradução própria)⁴.

Portanto, existem diversos métodos para controlar e gerenciar os processos e o projeto como um todo, muitos expostos na literatura. Deve-se então, a partir de análises e estudos, escolher ou desenvolver indicadores e métricas que reflitam o estado deles e que permitam uma posterior comparação. Com isso, o gerenciamento pode ser feito de maneira mais acurada, e, oportunidades de melhorias podem ser observadas com mais facilidade.

2.5. BIM

Building Information Modeling ou “Modelagem de Informação da Construção” é uma metodologia que permite que as partes interessadas façam o planejamento, a construção e a

⁴ No original: “Effective management of interfaces will reduce total project cost and facilitate trouble-free platform commissioning, handover, and future operation.”

operação de um projeto de maneira colaborativa, junto com uma representação digital do processo. Na literatura podemos encontrar algumas definições do BIM, como:

- Building Information Model é a representação digital de compreensão facilitada de uma instalação construída com grande profundidade de informação e descreve tanto o processo de criação de modelos digitais de construção quanto o processo de manutenção, uso e troca deles durante toda a vida útil da instalação construída. (BORRMANN ET AL, 2018);
- Segundo Ozturk e Vitmen (2019), o BIM é uma metodologia orientada para a colaboração baseada na aquisição de dados, compartilhamento de dados e informações, criação de conhecimento coletivo entre os participantes do projeto ao longo do ciclo de vida do projeto;
- Para NBIMS (2007), o termo pode ser usado para representar as informações de construção horizontalmente integradas que são coletadas e aplicadas ao longo de todo o ciclo de vida da instalação, preservadas e trocadas de forma eficiente com a utilização de tecnologia aberta e interoperável;
- A BuildingSmart France (2019) afirma que o BIM é a construção virtual de um projeto na forma de modelos digitais, de acordo com processos colaborativos, constituindo uma base de dados digital do ativo em que o nível de desenvolvimento varia segundo as fases de operação.

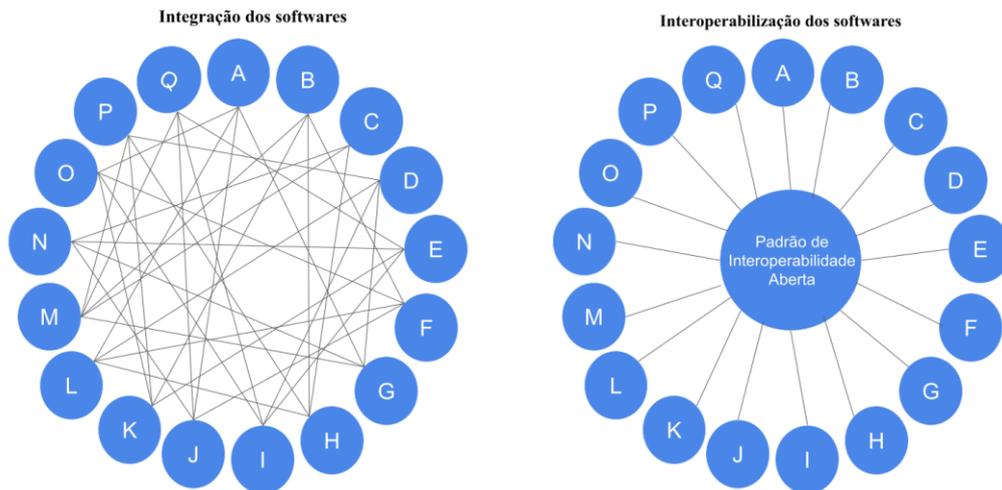
A importância do uso do BIM está cada vez mais aparente e nítida pois além do seu potencial para melhorar o processo de construção do ativo, ele também pode melhorar o processo de controle de qualidade e a maneira como os participantes envolvidos no projeto interagem e conversam entre si (CHEN; LUO, 2014).

Um dos objetivos principais da metodologia BIM é a integração entre as diferentes disciplinas e fases do projeto, com o auxílio das novas ferramentas computacionais de trabalho atualmente disponíveis no mercado. (PAPADOPOULOS et al., 2017).

Para os projetos, a maior vantagem e diferencial do BIM é a interoperabilidade dos softwares que pode ser definida como a troca perfeita de dados no nível do software entre vários aplicativos (NBIMS, 2007) e como a habilidade de diversos sistemas e organizações trabalharem juntos (interoperar) (VENUGOPAL et al., 2012). Ela permite que os softwares conversem e troquem informações entre si de forma eficiente.

Historicamente, há uma confusão entre a diferença de integração e interoperabilidade. A integração de softwares permite que eles troquem informações, porém não de forma direta como a interoperabilidade. A imagem abaixo reflete como funciona a troca em cada um.

Figura 7 - Ilustração da diferença entre interoperabilização e integração de sistemas



Fonte: Adaptada de Laakso e Kiviniemi (2012)

Quando os softwares são integrados, existem várias linguagens e, portanto, é necessário fazer a conversão, para a troca de dados integral. Por outro lado, na interoperabilidade todos os softwares usam a linguagem neutra e, portanto, são compatíveis e podem se comunicar entre si sem a necessidade de tradutores (LAAKSO; KIVINIEMI, 2012). Além disso, a integração exclui a interoperabilidade com aplicativos que não compartilham o modelo de dados (proprietário) e, portanto, limita a flexibilidade e eficiência do setor. (NBIMS, 2007)

O BIM permite a realização de várias análises e visualizações desde a etapa do planejamento. Ele permite testar diversos cenários e com isso antecipar manutenções e possíveis problemas com o ativo desde cedo, o que permite reduzir custos já que problemas não previstos impactam consideravelmente no custo final do projeto. Da mesma maneira, a visualização do projeto como um todo permite uma melhor compreensão do projeto e isso auxilia na tomada de decisões.

Na etapa de construção do projeto, a primeira causa das patologias é a falta de administração das interfaces entre os atores e os processos, e o BIM permite fazer a gestão dessas interfaces e da comunicação entre eles, evitando assim a ocorrência de problemas,

reclamações e aumentando o gerenciamento e controle de riscos. (BUILDINGSMART FRANCE, 2019).

Além disso, o uso do BIM também permite realizar simulações para ver o desempenho do projeto variando os custos e prazos de entrega, fazendo assim otimizações, permitindo gerar automaticamente documentos da engenharia, com informações mais precisas e consistentes. (CHEN; LUO, 2014).

O uso do BIM não muda apenas a forma como uma instalação é criada a partir de soluções CAD (Computer Aided-Design) tradicionais, mas também altera notavelmente os principais processos de entrega envolvidos na construção de uma instalação. Portanto, o BIM não é apenas uma mudança de tecnologia, mas também uma mudança de processo (CHENG et al., 2016).

Em relação à visualização 3D do ativo e dos seus componentes, o BIM permite a simulação, análise e controle dos diversos componentes da representação digital e tem como característica a atualização automática das mudanças feitas de forma integrada.

2.5.1. IDM

O uso e a implementação do BIM trazem poderosos benefícios para a indústria, mas é exigido a definição de regras para termos e cálculos comumente usados e procedimentos de implementação que sigam padrões bem definidos e amplamente adotados (NBIMS, 2007).

O Industry Delivery Manual (IDM), no BIM é uma metodologia que captura e integra progressivamente o processo de negócios, ao mesmo tempo que fornece especificações detalhadas do usuário sobre as informações que precisam ser trocadas em pontos específicos de um projeto (BUILDINGSMART, 2016). Tem como objetivo representar as informações e as melhores práticas relativas a seu fluxo de trabalho e ao conteúdo de suas informações. E foca em identificar a informação necessária para garantir que as trocas no fluxo eletrônico sejam eficazes (EASTMAN ET AL, 2010).

Conforme Pinheiros et al (2018) o IDM possui duas partes, a primeira consiste em componentes que definem os processos realizados pelos envolvidos e os requisitos de troca associados a esses processos e a segunda parte equivale às interfaces entre diferentes softwares, e é dependente do formato Industry Foundation Classes (IFC).

Segundo o instituto NBIMS (2007) o IDM é utilizado para organizar os dados que são necessários para cada tipo de troca no processo, e eles são, por definição, um subconjunto de todo o modelo de dados da instalação. Ele também traz especificações detalhadas das informações que um determinado usuário ou grupo necessita em um dado momento (BUILDINGSMART, 2016).

De acordo com o BuildingSmart (2012) o IDM inclui quatro entregáveis principais:

- O Mapa de Processo, que define o processo de negócio;
- Exchange Requirements (ER), que define a informação que será trocada;
- Exchange Models (EM) que organiza as informações em conceitos de troca que permitem a verificação de cumprimento de requisitos.
- Guia BIM genérico que orienta o usuário final sobre quais objetos e dados devem ser incluídos no BIM para serem trocados.

2.5.1.1. Mapeamento de Processos no IDM

Uma das etapas iniciais para entender ou melhorar um processo é a realização do mapeamento. Ao reunir informações sobre o processo, podemos construir uma representação dinâmica das atividades que o compõem, sendo o mapa uma ferramenta que auxilia a melhorar a comunicação entre os envolvidos (BADIRU; OSISANYA, 2013). O objetivo é ajudar a entender como um trabalho é realizado para atingir determinados objetivos (BUILDINGSMART, 2010).

Segundo Aram et. al (2010), ao longo do ciclo de vida do projeto há uma interação entre a integração do fluxo de trabalho, o grau de continuidade e a integração da informação desse fluxo. Com isso, um dos objetivos do BIM é a eliminação de atividades que não agregam valor e a automação dos processos. Para realizar isso o primeiro passo é a determinação da cadeia de valor da informação ao longo do projeto e a identificação de ineficiências, que pode ser realizado através do mapeamento de processos.

O Business Process Modeling Notation (BPMN) foi adotado pela BuildingSmart Alliance para todas as funções do IDM e é o modelo padrão para representar o fluxo do processo das operações (BUILDINGSMART, 2016).

A abordagem do BPMN foi escolhida por ser um padrão emergente apoiado pelo Object Management Group (OMG), por ser mais utilizado para especificação de projetos, por existir

uma grande gama de ferramentas disponíveis no mercado que permitem a utilização da mesma e, pois, a notação tem um método de conversão para Business Process Execution Language for Web Serviços (BPEL4WS) que emerge para ser uma abordagem padrão para controle de fluxo de trabalho (BUILDINDSMART,2010).

O BPMN fornece uma linguagem padrão utilizada para definir e analisar processos de negócios públicos e privados, ela é facilmente compreendida pela equipe de gerenciamento, analistas e desenvolvedores. (BUILDINGSMART, 2016).

Historicamente, o BPMN tem sido usado para representar o fluxo de processo, facilitar a comunicação entre os envolvidos em um projeto e auxiliar na tomada de decisões. Atualmente é utilizado cada vez mais para mostrar a troca dos pacotes de informações entre cada atividade e auxiliar na definição de recursos necessários no desenvolvimento de softwares. (ARAM ET AL.,2010)

No IDM, o mapa de processos tem o papel de definir um limite para as informações contidas no processo, estabelecer as atividades no processo e sua sequência lógica e identificar os requisitos de troca (ER) que suportam as atividades dentro do processo. (BUILDINGSMART, 2010) (ARAM ET AL., 2010). As informações reais que estão dentro do processo são descritas nos requisitos de troca (ER) e estão ligadas diretamente às atividades (BUILDINGSMART, 2010).

Segundo a OMG (2011), a notação pode ser dividida nas seguintes categorias de elemento:

- Objetos do fluxo: descrevem o comportamento do processo e podem ser divididos em:
 - Eventos
 - Atividades
 - Gateways;
- Dados;
- Objetos de conexão: representam a maneira que os objetos do fluxo estão conectados;
- Raias de divisão: agrupam os elementos de modelação e podem ser:
 - Piscina (Pool)
 - Raia (Lane);
- Artefatos: utilizados para dar informações adicionais ao processo.

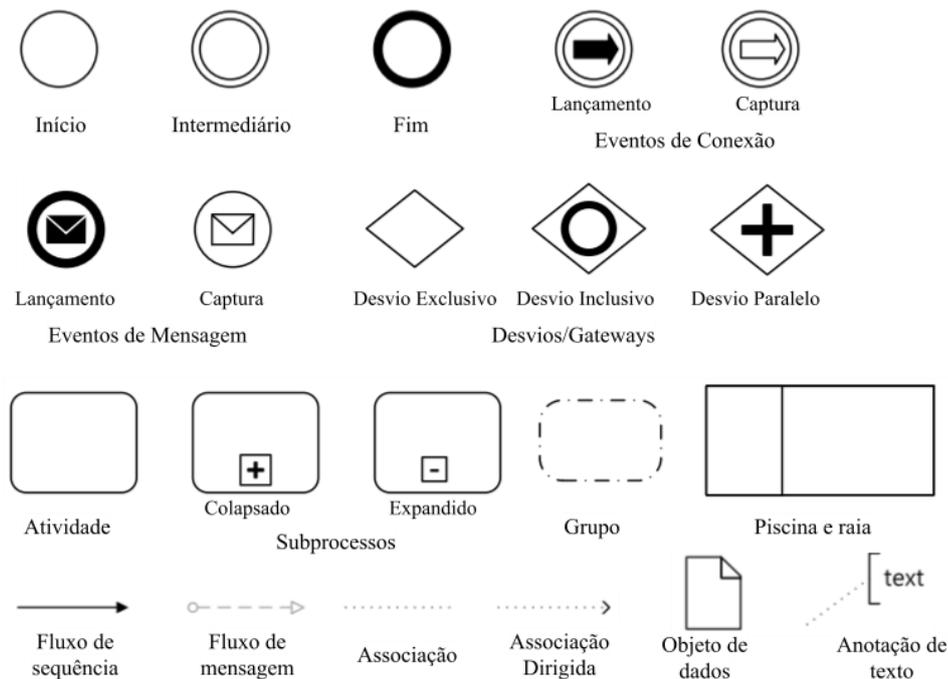
Os objetos de dados são coleções de dados que são exportados ou importados para o mapa de processos. Os requisitos de troca (ER) são um tipo particular de objeto de dado que é

localizado na raia de Exchange Models ou “Modelo de Informação”. Um requisito de troca descreve um conjunto de informações de um processo que foi executado por um ator para permitir que um processo posterior seja executado por outro ator (BUILDINGSMART, 2010).

2.5.1.2. Simbologia do mapeamento de processos

O IDM recomenda o uso de 22 símbolos do BPMN mostrados na Figura 8, para fazer o desenvolvimento de mapas de processos (ISO/DIS 29481-1,2014) (LEE; PARK; HAM, 2013).

Figura 8 - Conjunto de símbolos do BPMN recomendados para o uso no IDM



Fonte: Adaptado de Lee, Park e Ham (2013)

A descrição e definição dos símbolos é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição e definição dos itens recomendados para o uso do BPMN no IDM, com base na OMG (2011) e na ISO 29481-1(2014)

Elemento	Definição
Atividade	Uma atividade é um termo genérico para um trabalho performado dentro de um processo. É utilizada quando o trabalho no processo não é dividido em um nível mais detalhado do processo.
Subprocessos	Um subprocesso é uma atividade não atômica (composta por um conjunto

	de ações) incluída em um processo. É utilizado quando o processo pode ser dividido em um nível mais detalhado.
Subprocessos (Colapsado)	Quando os detalhes do subprocesso não estão visíveis no diagrama. O sinal de “mais” no centro inferior da forma indica que a atividade é um subprocesso e possui um nível de detalhe inferior.
Subprocessos (expandido)	Quando o subprocesso está expandido e os detalhes (o processo em si) está visível dentro dos seus limites.
Evento	O evento é algo que "acontece" durante o curso de um processo e afetam o fluxo do modelo, geralmente têm uma causa (gatilho) ou um impacto (resultado). Existem três tipos de eventos: início, intermediário e final.
Evento de início	O evento de início indica onde um determinado processo será iniciado.
Evento intermediário	Eventos intermediário indica que algo acontece entre o início e o fim de um processo. Eles afetam o fluxo do processo, mas não iniciam ou encerram (diretamente) o processo. Eventos intermediários podem ser gatilhos de "captura" ou "lançamento".
Evento de Fim	O evento de fim indica onde um processo termina.
Evento de início (Mensagem)	Quando uma mensagem chega de um participante e aciona o início do processo.
Evento intermediário (Mensagem/lançamento)	Um evento intermediário de mensagem pode ser usado para enviar ou receber uma mensagem. Quando usado para “lançar” a mensagem, o marcador do evento deve ser preenchido. Isso faz com que o processo continue se estiver aguardando a mensagem
Evento intermediário (Mensagem/captura)	Um evento intermediário de mensagem pode ser usado para enviar ou receber uma mensagem. Quando usado para “capturar” a mensagem, o marcador de evento deve ser vazio. Isso faz com que o processo continue se estiver esperando pela mensagem.
Evento de fim (Mensagem)	Este tipo de evento indica que uma mensagem é enviada a um participante na conclusão do processo.
Evento intermediário (Conexão/	Os eventos intermediários de conexão são válidos apenas no fluxo normal, ou seja, eles não podem ser usados no limite de uma atividade. Um evento de conexão é um mecanismo para conectar duas seções de um

lançamento)	processo. Os eventos de link podem ser usados para criar situações de looping ou evitar linhas de fluxo de sequência longas. Também podem ser usados como "Conectores fora da página" para imprimir um processo em múltiplas páginas)
Evento intermediário (Conexão/captura)	
Desvio/gateway	Um gateway é usado para controlar a divergência e a convergência dos fluxos de sequência em um processo. Assim, ele determinará a ramificação, bifurcação, fusão e junção de caminhos. Os marcadores internos irão indicar o tipo de controle de comportamento.
Desvio exclusivo	Um gateway exclusivo é usado para criar caminhos alternativos dentro de um fluxo de processo. Este é basicamente o “ponto de desvio na estrada” para um processo. Para uma determinada instância do processo, apenas um dos caminhos pode ser seguido. A decisão pode ser pensada como uma pergunta que é feita em um ponto específico do processo.
Desvio inclusivo	Um gateway inclusivo pode ser usado para criar caminhos alternativos, mas também paralelos, dentro de um fluxo de processo. Ao contrário do Gateway exclusivo, todas as expressões de condição são avaliadas. Uma vez que cada caminho é considerado independente, todas as combinações dos caminhos podem ser tomadas.
Desvio paralelo	Um gateway paralelo é usado para combinar e criar fluxos paralelos e criar fluxos paralelos.
Fluxo de sequência	Um fluxo de sequência é usado para mostrar a ordem que as atividades serão realizadas em um processo.
Fluxo de mensagem	Um fluxo de mensagem é usado para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes que são preparados para enviar e recebê-las. Um fluxo de mensagens deve conectar duas raia separadas e não deve conectar dois objetos dentro da mesma raia.
Associação	Uma associação é usada para vincular informações e artefatos com elementos do fluxo.
Associação Dirigida	Quando a ponta de seta na associação indica uma direção do fluxo a ser seguida.
Piscina/Pool	Representação gráfica da entidade principal do processo. Ela se estende por todo o comprimento do Diagrama. Os fluxos de sequência podem cruzar os limites entre as faixas de uma piscina, mas não podem cruzar os limites dela. Ou seja, um processo está totalmente contido na piscina.
Raia/Lane	Uma raia é uma subdivisão dentro de uma piscina e é usada para

	organizar e categorizar atividades do processo. O BPMN não especifica o uso de raias, mas elas são frequentemente usadas para funções internas (gerente, associado), sistemas um aplicativo empresarial), um departamento interno (transporte, finanças), etc.
Objeto de dados	Objetos de dados fornecem informações sobre o que as atividades precisam para serem realizadas e/ou o que elas produzem. Objetos de dados podem representar um objeto singular ou uma coleção de objetos.
Anotação de Texto	Mecanismo para um modelador fornecer informações de texto adicionais para o leitor de um diagrama BPMN.

Fonte: Adaptado da OMG (2011) e ISO 29481-1 (2014)

2.5.2. MVD

Como comentado anteriormente, a partir dos IDM's, do escopo do processo e das trocas realizadas são desenvolvidos os ER (BELSKY ET AL.,2014). Os ER's são combinados em conjuntos de módulos de informações e são chamados de Model View Definition (MVD) (BELSKY ET AL.,2014).

Portanto, o MVD define um subconjunto capaz de armazenar dados para um conjunto de ER e descreve os esquemas de dados que são necessários para trocar os dados (BUILDINGSMART, 2016). Ele é uma espécie de design de suporte dessas trocas de informações em produtos de software (BUILDINGSMART,2012).

Os MVD's são bastante utilizados para fornecer as especificações de informações necessárias para habilitar os desenvolvedores de software a escrever tradutores de exportação e importação apropriados (EASTMAN et al., 2010).

De acordo com o BuildingSmart (2012) o MVD possui as seguintes entregáveis:

- Visão geral do MVD, que descreve o escopo do MVD; especialmente o IDM que é endereçado;
- Diagrama MVD, que define os conceitos MVD que serão usados na troca, bem como a estrutura e as relações entre esses conceitos;

- Orientação de Implementação de Conceito, que define as entidades IFC que são utilizadas para trocar cada conceito e os acordos de implementação que reduzem o escopo de implementação que, de outra forma, seria exigido pelo esquema geral do IFC;
- A vinculação ao esquema IFC, que é documentada em mvdXML.

2.5.3. IFC

O IFC é um formato neutro e aberto de dados, padronizado pela norma ISO 16739-1:2018 é utilizado para a modelagem de atividades e atributos relacionados a um projeto de engenharia. Consiste no nível mais molecular do BIM (NBIMS,2007).

O formato de troca de dados foi desenvolvido pela BuildingSmart e irá definir a maneira que informação será estruturada para poder ser lida e interpretada pelos softwares (BUILDINGSMARTFRANCE, 2019).

Segundo NBIMS (2007), o IFC define os objetos e suas relações e é o esquema de domínio da indústria de construção mais maduro e difundido.

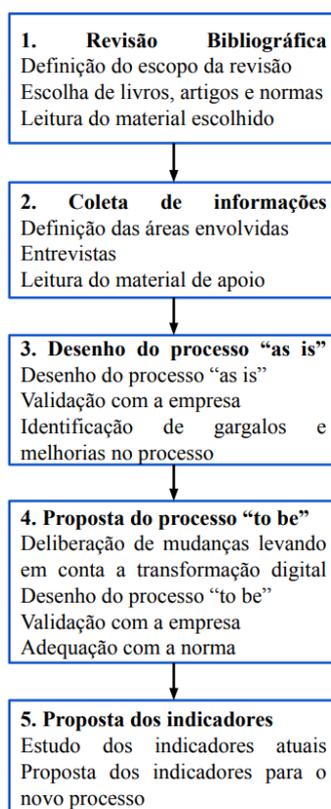
Assim sendo, o uso e a implementação do BIM são de grande complexidade, visto que exige conhecimento de diferentes normas e procedimentos, e, entendimento da área de desenvolvimento de sistemas. Além disso, é uma área consideravelmente nova e são poucos os estudos que explicam a utilização dela de forma prática. Todavia, ele influencia diretamente no planejamento, no controle e no gerenciamento de projetos, na comunicação dos atores e dos sistemas utilizados e na visualização digital. Portanto, com uma efetiva implantação dele, são diversos os ganhos para a organização.

3. METODOLOGIA

3.1. ETAPAS DA PESQUISA

As etapas envolvidas no desenvolvimento deste estudo podem ser vistas na Figura 9.

Figura 9 - Procedimentos Metodológicos



Fonte: A autora (2021)

A primeira etapa do trabalho consistiu na revisão bibliográfica, com a definição do escopo dela, etapa necessária para direcionar as áreas de estudo. O escopo foi definido a partir da necessidade da empresa (transformação do processo de comissionamento) e da metodologia a ser utilizada (BIM). Com a definição finalizada, foi feita a busca, escolha e leitura de artigos, livros e normas que auxiliaram no desenvolvimento do estudo.

Após a revisão bibliográfica, foi iniciada a etapa de coleta e análise de informações, explicadas na próxima seção. Em seguida foi feito o mapeamento dos processos do cenário atual de execução do comissionamento. O mapeamento foi feito com a notação BPMN e a

ferramenta de software Bizagi, software de mapeamento de processos gratuito. As etapas do comissionamento mapeadas neste trabalho são: a verificação e itens, a verificação de malhas e a preservação pois são as principais fases. Durante o desenvolvimento do mapa foram realizadas reuniões de acompanhamento e verificação de dúvidas. E após a finalização do mapa de cada etapa foi realizada reunião com a equipe responsável pelo gerenciamento do comissionamento, com o objetivo de validar o mapa do processo como representação real e verídica.

A partir do mapa atual foi iniciado o desenho do processo futuro. Para isso dois pontos principais foram levados em conta:

- Possíveis melhorias do processo atual, que foram levantadas durante a etapa anterior a partir do entendimento das dificuldades dos executantes, das sugestões de melhorias dadas pelos envolvidos e dos gargalos observados no processo que diminuíram a eficiência deles;
- Limitações e oportunidades que a tecnologia do BIM, em conjunto com a nova ferramenta que está em desenvolvimento, oferece ao processo.

A partir desta análise foi desenvolvido o mapeamento futuro das etapas de verificação e preservação junto com a equipe de desenvolvimento, para garantir que as funcionalidades necessárias estariam englobadas na nova ferramenta. Em seguida ocorreu a validação dos mapeamentos com a equipe gerencial do comissionamento, o que encerrou essa etapa.

Após, foram estudados os indicadores utilizados atualmente pela empresa e, utilizando o mapa de estado futuro, foram desenvolvidos indicadores para o gerenciamento deles. Em conjunto aos indicadores, foi associada proposta de quadros de acompanhamento para gestão visual, facilitando o processo de gerenciamento.

3.2. COLETA DE DADOS

A obtenção de dados pode ser feita com três procedimentos: pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e contatos diretos (MARCONI; LAKATOS, 2003). Documentos podem ser classificados como fonte primária ou fonte secundária (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A coleta de dados de um estudo pode incluir observação dos participantes, entrevistas estruturadas e não estruturadas, estudo de dados operacionais e documentações (como relatórios internos, atas de reuniões etc.) (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002) (MIGUEL et al., 2012).

A coleta de dados do presente trabalho iniciou com a participação em dois treinamentos, um sobre o processo de comissionamento e o outro sobre a ferramenta de integração de comissionamento utilizada.

Em seguida, foram disponibilizados pela empresa diversos documentos auxiliares como:

- Documento auxiliar do treinamento do comissionamento;
- Documento auxiliar do treinamento da Ferramenta X;
- Relatórios de atividades do comissionamento;
- Descrição de Processos Funcionais;
- Exemplos de arquivos gerados durante o processo de comissionamento.

Além dos documentos, foi disponibilizada pela empresa a versão teste da ferramenta utilizada por eles, o que permitiu entender o uso dela e suas dificuldades.

Junto a isso, foram realizadas reuniões com engenheiros de comissionamento da empresa para eventuais explicações e retirada de dúvidas. Os treinamentos e reuniões com a empresa eram com múltiplos investigadores, o que aumenta o potencial de descobertas (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Os dados, informações e documentos coletados vieram diretamente da empresa estudada, aumentando assim a acurácia e a confiabilidade da pesquisa. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

3.3. ANÁLISE DOS DADOS

A análise de dados deu-se por abordagem qualitativa, pois houve interpretação intuitiva e subjetiva das informações, um foco nos processos do objetivo de estudo e na obtenção de informações a partir da visão dos indivíduos envolvidos (SILVA; MENEZES, 2001) (MIGUEL et al., 2012).

As análises foram feitas por mais de um investigador, para não haver possibilidades de interpretações tendenciosas e preconceituosas.

Como comentado anteriormente foi analisado o processo de verificação de itens, de verificação de malhas e de preservação. Durante a análise, para conseguir entender todos os aspectos do processo foi feita a identificação de cada etapa do processo. Então foi feito um reconhecimento de todas as atividades e tarefas e em seguida cada uma dessas etapas foi

estudada mais detalhadamente para assim identificar as relações de causa e efeito entre elas, como recomenda Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002).

Após a construção do mapeamento do comissionamento da empresa avaliada, esta foi avaliada e validada por três profissionais qualificados na área. Durante a etapa de validação houve várias reuniões, o que garantiu que a representação do processo estivesse o mais acurada possível.

Com a certeza de que o processo e os procedimentos foram bem entendidos, iniciou-se a análise para realizar a proposta do novo processo de mapeamento. Nessa etapa, pensou-se de maneira crítica em cada atividade e levou-se em conta: dificuldades dos executantes durante a execução, sugestões de melhorias dadas pelos envolvidos, gargalos observados no processo e necessidade de determinada tarefa acontecer.

A partir disso, surgiram-se ideias de mudanças que poderiam ser feitas e melhorias que poderiam ser implementadas. Para verificar se as ideias eram plausíveis com o sistema que estava em desenvolvimento e com o que este poderia realizar, foram realizadas reuniões com a equipe de desenvolvimento. Com isso, pode-se analisar a melhor maneira de passar o processo para o digital sem mudar a essência do mesmo.

A partir disso realizou-se uma proposta de um novo processo de comissionamento englobando as necessidades da empresa e as oportunidades que a tecnologia disponibiliza. Em seguida realizou-se comparações entre o estado atual e o estado futuro, de forma a ter certeza das vantagens do novo processo. Então, com a proposta finalizada, sucederam-se reuniões de validação de maneira a coletar feedbacks da empresa e adequar às expectativas deles. Com o desenho do mapeamento realizado, foi feita a adequação dele à norma e às demandas do IDM, com a inclusão dos “Exchange Requeriments”, a raia de “Exchange Models” e a utilização os símbolos recomendados.

Por fim, com o novo mapeamento aprovado, foi realizado, uma relação entre os indicadores sugeridos na literatura com as necessidades dos responsáveis de comissionamento em relação ao gerenciamento. Baseado nisso, propôs-se indicadores diretamente ligados ao processo digital, de maneira a permitir uma gestão mais rápida e eficiente da execução das etapas e atividades. Junto aos indicadores, pensou-se na gestão visual de cada um, de maneira a facilitar o entendimento e acompanhamento deles por parte dos gestores.

4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1. CENÁRIO ATUAL DO COMISSIONAMENTO

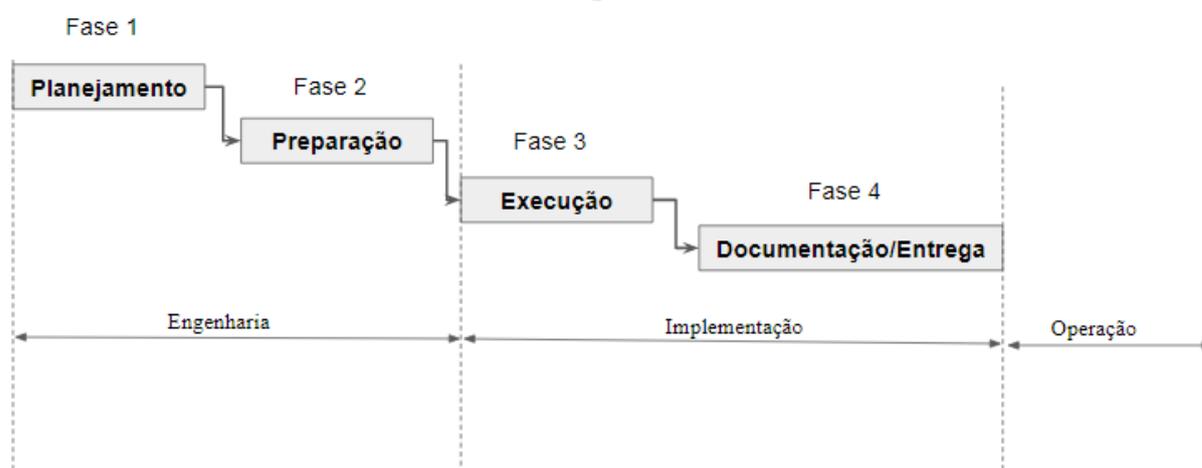
O processo estudado é realizado em FPSO's (Floating, Production, Storage and Offloading), que são unidades flutuantes de produção, armazenamento e transferência. Elas são denominadas pela empresa de Unidade Industrial (UI).

Na empresa estudada o processo de comissionamento é dividido nas seguintes fases:

- Fase de engenharia, consiste no projeto básico e no planejamento da operação do projeto;
- Fase de implementação;
- Fase de operação;

A relação entre o método da empresa e o explicado por Bendiksen e Young (2005) pode ser analisado na Figura 10.

Figura 10 - Relação entre a o método da empresa e o explicado por Bendiksen pode ser analisado Bendiksen e Young (2005)



Fonte: A autora (2021)

Após realização do planejamento dos processos a serem realizados é desenvolvido o manual de comissionamento, que apresenta todo o escopo dos serviços a serem realizados e a relação entre eles. Este manual é a orientação principal para todo o projeto de comissionamento e deve ser mantido sempre atualizado de acordo com as condições do trabalho. Na empresa estudada diversos registros são realizados em papéis, armazenados em pastas separadas por SOP's e SSOP's.

Atualmente, todo o planejamento e controle do comissionamento é feito em um sistema que permite a integração e gerenciamento das etapas de comissionamento, assim como o acompanhamento e registro das atividades. Neste trabalho o sistema será chamado de ferramenta X, devido a questões de confidencialidade.

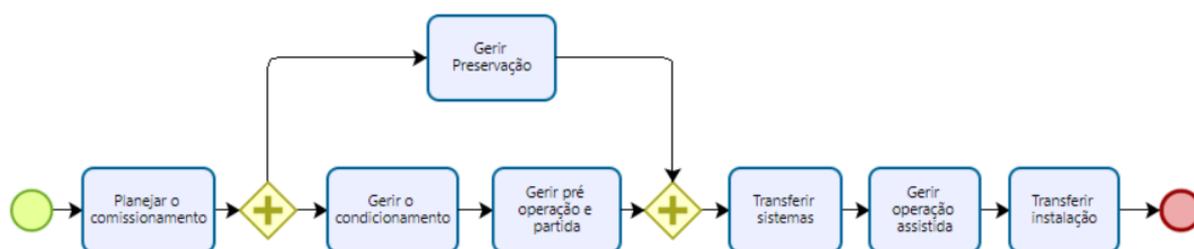
Na empresa, comissionamento é dado como finalizado quando os sistemas são entregues para a operação, seguindo os seguintes critérios:

- Todos os sistemas estão entregues ao operador, livres de pendências;
- A documentação necessária à operação e à manutenção está atualizada e disponível para o usuário;
- As equipes de operação e manutenção estão treinadas;
- As dotações de consumíveis, sobressalentes e ferramentas estão provisionadas;
- As estruturas temporárias de obra foram retiradas, e o controle de energias está entregue ao operador;
- O sistema de gestão de manutenção está operacional e disponível;
- As interfaces externas ao processo industrial estão contratadas e operacionais;
- A plataforma está conforme a todas as normas e regulamentos aplicáveis, e possui todas as licenças necessárias.

O processo total de comissionamento pode ser visto na Figura 11. Por motivos de limitação de tempo, serão tratadas apenas as seguintes etapas que englobam a execução do comissionamento:

- Gerar o condicionamento;
- Gerir pré-operação e partida;
- Gerir preservação.

Figura 11 - Representação do processo total de comissionamento na empresa estudada



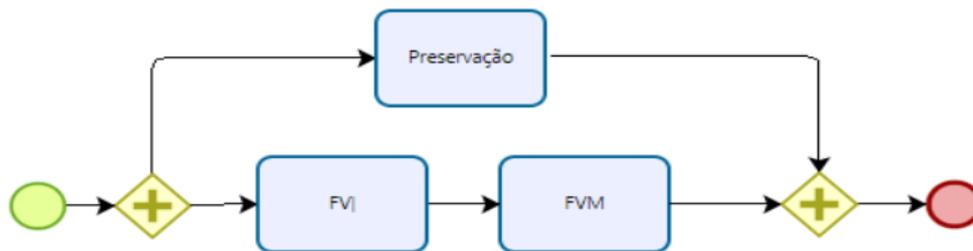
Fonte: A autora (2021)

A etapa de condicionamento seria o equivalente ao pré-comissionamento e construção explicado por Horsley (1997) e pré-operação e partida como o comissionamento.

O mapeamento atual foi realizado de maneira a representar os processos gerais e não envolveu detalhes específicos de software e alterações que são realizadas no sistema, de forma a limitar o escopo do trabalho.

Para realização do mapeamento do comissionamento e de pré-operação e partida, as etapas foram subdivididas em folha de verificação de Itens (FVI), folha de verificação de malhas (FVM) e preservação. A divisão, mostrada na Figura 12, é aplicada na empresa estudada, dentro da literatura não foram encontradas referências a divisão entre itens e malhas, apenas a fases de inspeção e testes.

Figura 12 - Representação dos principais processos das fases de condicionamento de pré-operação partida



Fonte: A autora (2021)

O presente trabalho engloba apenas a parte de execução do comissionamento, então os processos de cadastro da FVI, FVM e preservação não serão explicados pois os mesmos acontecem durante a fase de planejamento do comissionamento e são representados no mapeamento apenas para mostrar o fluxo dos processos.

O condicionamento não equivale a FVI, assim como a etapa de pré-operação e partida não equivale a FVM, apesar da similaridade entre os mapas. Ambas as etapas estão presentes tanto na FVI como na FVM já que o condicionamento consiste no recebimento, inspeção técnica, inspeção mecânicas e testes de certificação e a fase de pré-operação e partida consiste nos testes funcionais.

Os processos de FVI, FVM e preservação não são realizados de maneira padronizada em todos os locais de trabalho e o mapeamento ilustrado neste trabalho visa representar a maneira que a empresa orienta os trabalhadores a realizar e que é executado mais frequentemente.

No momento da análise, os anexos e provas das atividades eram realizadas por meio de fotos ou escaneamento de documentos e posteriormente anexados na Ferramenta X, dependendo da execução e memória dos operadores para este processo. Devido a essa dificuldade, muitos documentos não são anexados, o que dificulta a gestão de informação e a armazenagem de comprovação do processo.

4.1.1. Mapeamento estado atual - Folha de Verificação de Item

O processo da FVI consiste na realização do recebimento, inspeção técnica, inspeção mecânica e testes de certificação, para garantir a completação mecânica do item e em sequência a realização dos testes de funcionamento, de forma a comprovar que o item está apto para entrar em operação.

Todo o processo atual é dependente do formulário utilizado para fazer a verificação do item, chamado de FVI, que deu o nome ao processo. O documento tem como objetivo mostrar todos os registros e movimentações feitas sobre o item comissionável e serve como evidência direta do comissionamento realizado em cada item.

A FVI possui os seguintes dados:

- Cabeçalho;
- Características do Item;
- Dados do Recebimento;
- Atividades,
 - Inspeção Técnica
 - Inspeção Mecânica
 - Testes de Certificação
 - Testes funcionais.

Atualmente ela é controlada pela Ferramenta X, onde os dados são separados em nos seguintes campos:

- Campo I: Características do Item

Neste campo consta informações dadas quando o item foi cadastrado na FERRAMENTA X e informações fornecidas no recebimento do item, como dados do fornecedor.

- Campo II: Dados do Recebimento

Nessa etapa é registrado o recebimento do item, recebimento da documentação, inspeção técnica e a instalação do item. Para cada uma dessas partes é informado a data de realização, a pessoa que executou e observações caso necessário.

O recebimento do item consiste em receber o item comissionável do fornecedor e representa o marco inicial da etapa de condicionamento do item. A inspeção técnica consiste em uma avaliação qualitativa e quantitativa do item, com comparações entre as informações obtidas e as informações contidas na documentação do projeto. E a instalação consiste em instalar o item no local onde será comissionado. Nessa etapa acontecem divergências em relação ao sequenciamento de atividades, o recomendado da empresa e da literatura (Francis, 2006) é realizar primeiro a inspeção técnica e depois a instalação, para garantir que o equipamento estivesse em sua total funcionalidade, porém alguns operadores realizam a instalação e depois inspeção técnica.

Quando todas as atividades são realizadas e o documento é preenchido, inicia-se a aprovação da inspeção técnica. Primeiramente a inspeção é analisada pelo CQ (Controle de Qualidade) e caso aprovada passa para o fiscal. Caso haja reprovação, a verificação deve ser refeita pelos executantes e caso eles aprovem o processo segue para o campo III/IV.

- Campo III/IV: Inspeção mecânica do item e testes de certificação.

A inspeção mecânica e os testes de certificação consistem na realização de tarefas e atividades que visam garantir que o equipamento foi montado, instalado, testado da maneira correta e está mecanicamente pronto para ser operado.

Observa-se que esse campo antigamente era separado em 2 campos, campo III e IV, porém como o campo III não é restrição para o campo IV foi feita a junção deles, e chamou-se campo III/IV.

Com a finalização das atividades o processo segue para aprovação, que deve ser feita pelo CQ, pelo supervisor e pelo fiscal da empresa. Caso eles reprovem, a inspeção e os testes devem ser refeitos e caso eles aprovem há seguimento para o próximo campo.

Após a aprovação, o item pode ser dado como completado mecanicamente o que gera a emissão do CCM.

Para os itens que não possuem a necessidade de passar pelos testes funcionais o processo da FVI termina com a aprovação do campo III/IV.

- Campo V: Testes funcionais do item

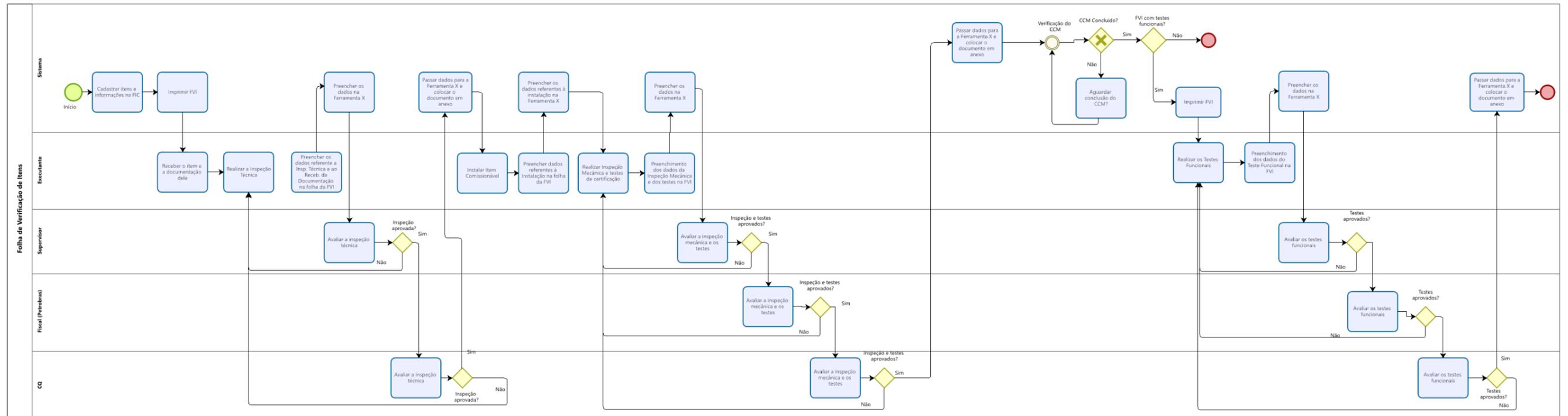
Os testes de funcionamento são tarefas que visam assegurar a operação das funcionalidades dos itens e representam o marco inicial da fase de pré-operação e partida. Depois de realizados, os testes funcionais passam pela aprovação do CQ, do supervisor e do fiscal da empresa. Caso haja reprovação, os testes devem ser refeitos e caso haja aprovação o processo é dado como finalizado.

Todas as etapas de inspeção e testes são registradas em documentos físicos, que são enviados aos operadores da Ferramenta X quando as tarefas do campo são finalizadas. Os operadores, então, passam as informações para o sistema, isso pode causar um grande lapso entre a data de realização e a atualização das informações no sistema o que conseqüentemente pode atrasar as etapas seguintes.

Para fazer a aprovação os responsáveis podem pegar o formulário utilizado ou imprimir com as informações contidas na Ferramenta X para então assinar. É necessário que o documento com a aprovação seja anexado na Ferramenta X como evidência do processo.

O mapa do estado atual da FVI pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13 - Mapa atual do processo da FVI



Fonte: A autora (2021)

4.1.2. Mapeamento estado atual - Folha de Verificação de Malha

O processo da FVM consiste na inspeção mecânica da malha e na realização dos testes de certificação e testes funcionais, para garantir que ela esteja apta para entrar em operação.

Todo o processo atual é baseado no formulário utilizado para fazer a verificação da malha, chamada de FVM, que deu o nome ao processo. O documento tem como objetivo mostrar todos os registros e movimentações feitas sobre a malha comissionada e serve como evidência direta do comissionamento realizado nela.

As malhas são compostas por um conjunto de Itens comissionáveis e Linhas e possui um conjunto de atividades aplicadas a cada uma. Ou seja, na FVM existem diversas atividades para cada linha e para o conjunto de Itens Comissionáveis que fazem parte da malha.

O início da execução da FVM não depende da finalização da FVI, mas depende da finalização de algumas atividades dela, como explicado a seguir.

A FVM pode ser dividida nos seguintes campos:

- Campo I: Dados de cadastro da malha

Contém as informações de cadastro da malha, os itens comissionáveis e linhas que fazem parte da malha e a descrição delas.

- Campo II: Dados dos itens comissionáveis e linhas

Contém a descrição e a aprovação do campo II dos itens comissionáveis e o status que se encontram as linhas pertencentes a malha.

O campo II consiste basicamente em aguardar que todos os itens que estão dentro dessa FVM estejam com a inspeção mecânica e testes de certificação realizados e aprovados e que as linhas estejam prontas para serem comissionadas. Quando isso acontece o sistema automaticamente libera a realização do campo III/IV.

- Campo III/IV: Inspeção mecânica e testes de certificação

Esse campo visa realizar a inspeção mecânica das malhas e fazer os testes de certificação.

Observa-se que esse campo antigamente era separado em 2 campos, campo III e IV, porém como o campo III não era restrição para o campo IV foi feita a junção deles e chamou-se assim campo III/IV.

Para a realização desse campo é obrigatório que todos os itens pertencentes à malha tenham seu campo III/IV aprovado,

Com a finalização das atividades o processo segue para aprovação, que deve ser feita pelo CQ, pelo supervisor e pelo fiscal da empresa. Caso eles reprovem, a inspeção e os testes devem ser refeitos e caso eles aprovem há seguimento para o próximo campo.

Após a aprovação dessa etapa é emitido o CCM (Certificado de completação mecânica) para a malha o que comprova que ela está completada mecanicamente.

- Campo V: Testes funcionais

Os testes funcionais são a última etapa do processo, contém as tarefas referentes aos testes funcionais da malha e representa o marco inicial da fase de pré-operação e partida na FVM.

Para início dos testes funcionais da malha é necessário que todos os itens pertencentes a malha tenham seus testes funcionais realizados e aprovados.

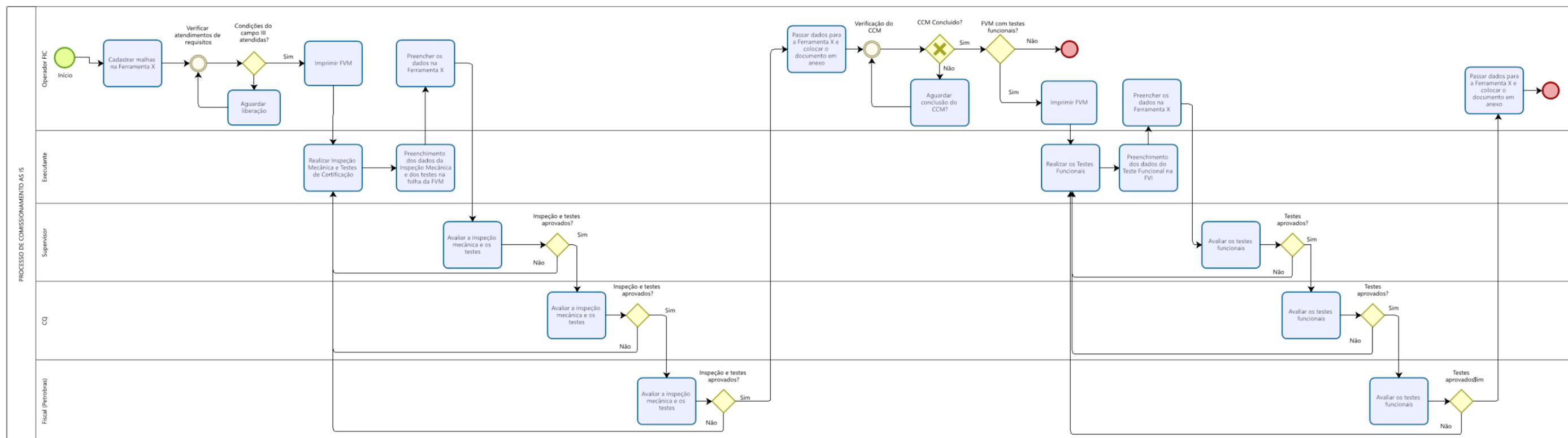
Depois da realização dos testes funcionais é iniciada a etapa de aprovação, que passa pelo CQ, pelo supervisor e pelo fiscal da empresa. Caso haja reprovação, os testes devem ser refeitos e caso haja aprovação o processo da FVM é dado como finalizado.

Assim como na FVI, todas as etapas de inspeção e testes são registradas em documentos físicos que posteriormente são enviados aos operadores da Ferramenta X que passam essas informações para o sistema, o que pode ocasionar um grande lapso entre o realizado e a atualização das informações no sistema. Geralmente para cada campo é feita a impressão do documento, que servirá como referência. Devido a isso há um grande consumo de papéis na empresa.

Para fazer a aprovação, os responsáveis podem pegar a folha física que foi utilizada ou imprimir uma nova com as informações, para então assinar. É necessário que o documento com a aprovação seja anexado na Ferramenta X como evidência do processo;

A Figura 14 representa o mapa do estado atual da FVM.

Figura 14 - Mapa atual do processo da FVM



Fonte: A autora (2021)

4.1.3. Mapeamento estado atual - Preservação

A preservação é um processo cíclico de um conjunto de tarefas e atividades que visam preservar o bom estado e funcionamento dos itens. Ela é iniciada logo após o recebimento do item comissionável e é finalizada apenas quando o Termo de Transferência e Aceitação de Sistema (TTAS) é emitido ou quando o plano de preservação é deletado de forma manual por motivos externos.

Cada item comissionável possui seu plano de preservação cadastrado na Ferramenta X, e quando o sistema recebe a informação de recebimento do item a geração das ordens de preservação é feita. Um item pode ter várias ordens de preservação com atividades diferentes pois o ciclo de repetição delas é específico para cada atividade. Em um determinado dia da semana o sistema libera as atividades de preservação previstas para todos os itens de um determinado local.

A partir da liberação das atividades, o processo pode seguir dois caminhos: com uso do aplicativo e o sem uso do aplicativo. Com a utilização dele é feito um download das atividades liberadas e essas são importadas ao aplicativo pelo operador da Ferramenta X. Para a execução das atividades, os executantes possuem um celular com o aplicativo e após fazerem o login é feito o download das atividades liberadas e após a execução delas eles marcam a atividade como realizada. Em seguida, o operador da Ferramenta X realiza um download desses arquivos e faz o upload na Ferramenta X para então o sistema marcar a atividade como preservada.

Sem a utilização do aplicativo, quando as atividades de preservação são liberadas, o operador da Ferramenta X faz a impressão de etiquetas que devem ser coladas aos equipamentos de forma a identificá-los para os executantes de campo. Em seguida, os executantes vão até os itens com etiquetas, realizam as atividades de preservação e colocam a data de realização e a assinatura na etiqueta. E caso haja pendência impeditiva o executante também anota.

Para passar os dados ao sistema, o supervisor anota no seu relatório de atividades preservações a serem feitas quais foram realizadas, quando e por quem, e a ocorrência de pendências caso necessário. Esse documento é entregue ao operador Ferramenta X que passa todos os dados para a Ferramenta X. O operador pode marcar a preservação das atividades de maneira individual ou em lote.

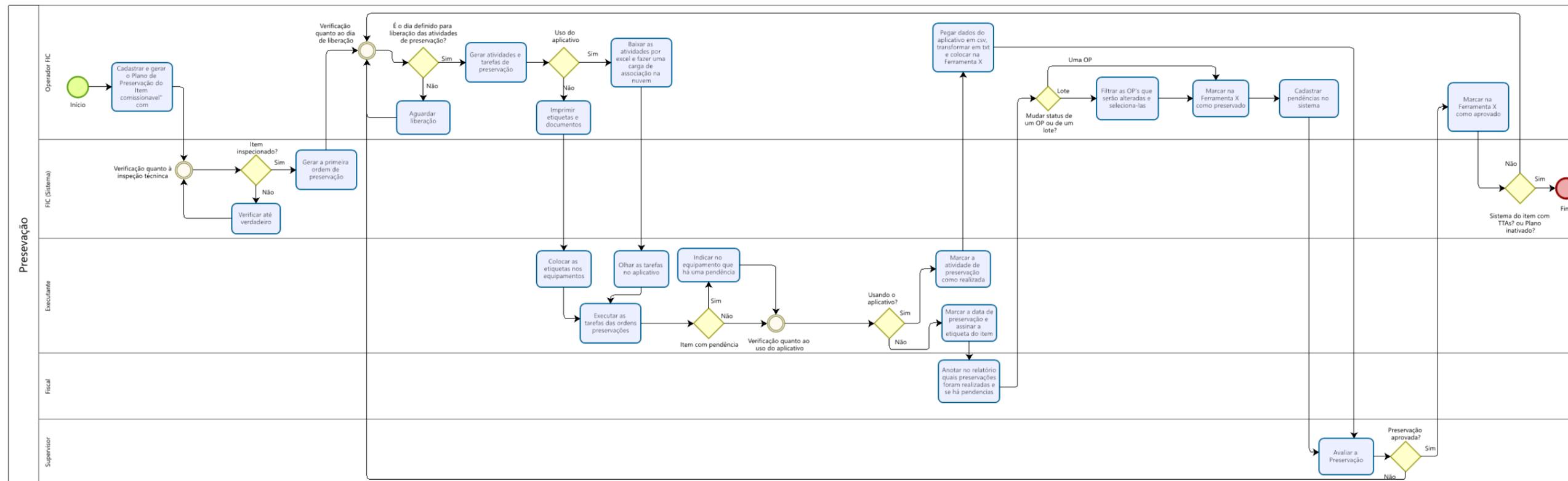
Observa-se que foi realizado o desenvolvimento e o uso do aplicativo pois a empresa já havia sentido a necessidade de automatizar o processo, porém a implementação dele não foi

feita de forma completa nos sítios de trabalho e o aplicativo possui alguns problemas e desenvolvimento que dificultavam o trabalho dos executantes, o que acarretou uma não adesão total do aplicativo.

Após a alteração das atividades para o status de preservado na Ferramenta X, o fiscal pode fazer a aprovação, ou reprovação, do que foi feito. Caso ele reprove, o sistema gera novamente as atividades na próxima data de liberação. Quando o fiscal aprova, o sistema verifica se o processo de preservação deve ocorrer novamente ou se foi finalizado. Para ser dado como finalizado o termo de transferência e aceitação de sistema (TTAS) do SOP deve ter sido emitido ou o plano de preservação deve ter sido apagado manualmente do sistema. Caso o sistema não encontre uma dessas situações como verdadeira será feita a geração das atividades novamente conforme o plano de preservação e a data de liberação das atividades.

O mapa do estado atual da preservação pode ser visualizado na Figura 15.

Figura 15 - Mapa atual do processo de preservação



Fonte: A autora (2021)

4.1.4. Indicadores atuais

Atualmente não existem indicadores padronizados para os responsáveis realizarem a gestão do processo de comissionamento. A Ferramenta X permite a criação deles, porém de uma maneira muito complexa, pois exige conhecimento de programação e sobrecarrega o sistema. Portanto nunca houve adoção dos funcionários para a criação e acompanhamento de indicadores por lá. Para mediar a falta de indicadores foram adotadas duas soluções:

- A criação de planilhas no Excel que permite o monitoramento e a gestão de alguns aspectos;
- A integração do Power BI com uma planilha de banco de dados da Ferramenta X de forma a criar tabelas de acompanhamento e alguns indicadores. Infelizmente não era possível fazer a integração direta com o banco de dados da Ferramenta X, sendo assim é realizada a exportação do banco de dados com as informações necessárias e o envio desse arquivo para os usuários para criação de painéis de acompanhamento dentro do Power BI.

Não há uma padronização do que deveria ser controlado e monitorado em cada plataforma, ficando a cargo do usuário a criação dos indicadores, o que dificulta a comparação após a finalização do projeto.

4.2. PROPOSTA DO ESTADO FUTURO

Nessa seção são explicados os pontos de mudanças observados na etapa de análise em relação ao processo atual e as possibilidades que a transformação digital permite. A seção será dividida similarmente à seção anterior entre os três processos principais e os indicadores.

Observa-se que nos mapeamentos foram adicionadas as trocas de dados entre cada atividade e as raias para isso, de forma a adequar o processo à norma IDM.

4.2.1. Mapa do Estado Futuro - Verificação de Itens

A primeira mudança se refere ao nome do processo, como não existirá mais folhas e papéis para preenchimento o processo foi renomeado para “Verificação de Itens”.

A segunda mudança foi a retirada de todas as atividades de impressão de FVI, preenchimento dos dados da folha de FVI e passagem dados para a Ferramenta X. A partir da implementação do BIM, todas as informações serão inseridas diretamente na plataforma no momento de realização da atividade. Por exemplo, durante a atividade de “Realizar a Inspeção Técnica” o executante terá um celular ou tablet e marcará como realizado as tarefas da Inspeção Técnica durante a própria execução.

Em relação às inspeções, outra etapa que não é padronizada é o anexo do formulário na Ferramenta X. Alguns operadores colocam apenas as informações que possuem no papel para o sistema e outros escaneiam o documento e colocam na Ferramenta X, de forma a aumentar a evidência.

Além disso, a atividade de aprovação será direta. No processo atual não há padronização de como ela deve ser executada. Alguns funcionários fazem a avaliação logo depois da atividade que era avaliada enquanto outros esperam os dados serem passados para a Ferramenta X para então avaliar. Era necessário também escanear e anexar o documento que possuíam a assinatura de forma a comprovar a avaliação.

Para passar as informações da avaliação para a Ferramenta X também havia um tempo de espera, por parte de alguns operadores, de formulários acumulados para passar vários simultaneamente, o que causava um gargalo e atrasava o processo, pois é obrigatório a aprovação da inspeção técnica para fazer a mecânica, atrasando os processos em sequência.

Com a transformação digital tudo será feito diretamente no software e cada funcionário terá seu próprio usuário com login e senha pessoais, de forma a registrar e comprovar quem realizou determinada atividade. A comunicação com o cliente final também será bem mais facilitada, o que impacta diretamente no sucesso do projeto (BERKSLEY e YOUNG, 2015). Com o novo sistema, o cliente poderá visualizar diretamente o processo de maneira digital, o que o aproximará da equipe de comissionamento.

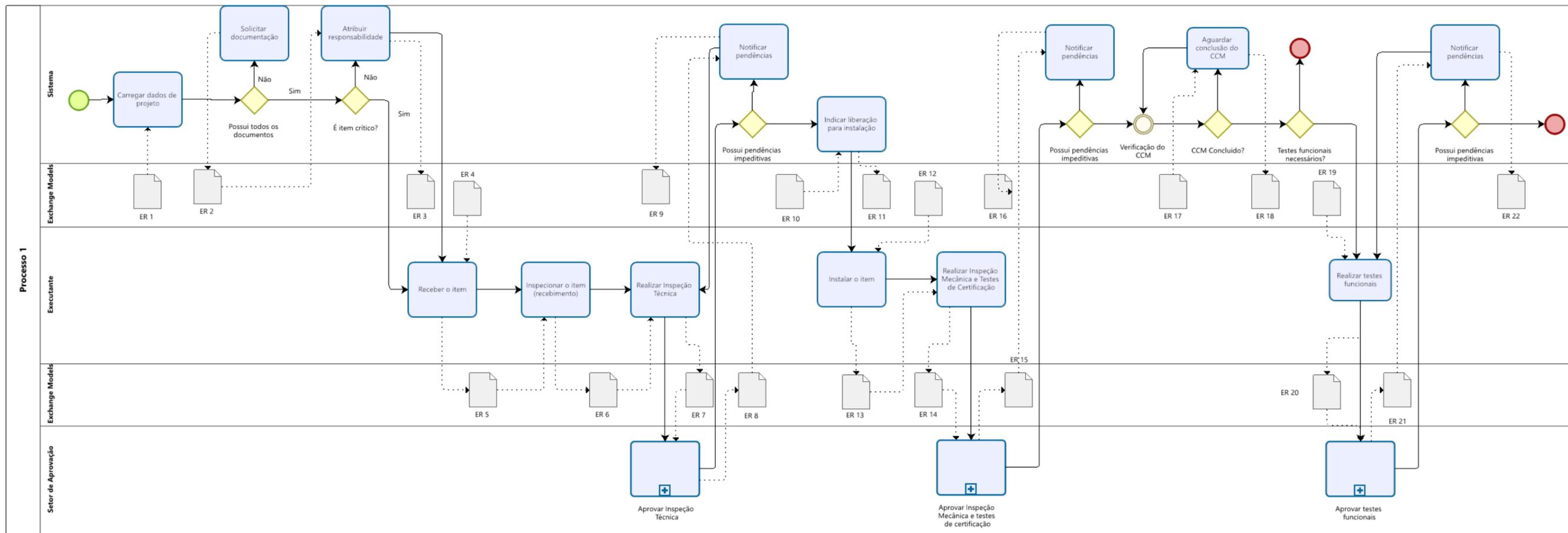
Além destas mudanças em atividades que prejudicavam o fluxo do trabalho, também houve acréscimo de pontos que visam melhorar a rotina dos funcionários. Em alguns SSOP's existem itens comissionáveis que são críticos e, portanto, merecem uma atenção maior. Sendo assim o novo processo terá a possibilidade de sinalização dos itens críticos e de atribuição de responsáveis para ele, sendo direcionado maior foco e profissional qualificado para este item crítico.

Um terceiro acréscimo é a indicação de quando o item comissionável pode ser instalado. Viu-se a necessidade dessa atividade pois não havia uma padronização na sequência de atividades de: receber o item, realizar a inspeção técnica para então instalá-lo. Houve casos em que a instalação foi realizada antes da inspeção técnica, o que pode causar problemas no futuro. Com o novo processo, esta situação não ocorrerá considerando a necessidade de liberação da instalação pelo sistema para realização.

Outra adição foi a atividade de notificação de pendências impeditivas diretamente na plataforma do sistema. Então quando for notada a existência dessas pendências o responsável pela execução daquela atividade e daquele item já será notificado, o que facilita comunicação entre os envolvidos e acelera o processo de resolução.

O novo processo com as mudanças explicadas acima pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 - Mapa futuro do processo de verificação de itens



Fonte: A autora (2021)

4.2.2. Mapa do estado futuro - Verificação de Malhas

A primeira mudança realizada foi a mudança de nome de “Folha de Verificação de Malhas” (FVM) para Verificação de Malhas (VM).

O processo de verificação de malhas é bem similar ao de verificação de itens e, portanto, as mudanças realizadas foram similares, como citado a seguir:

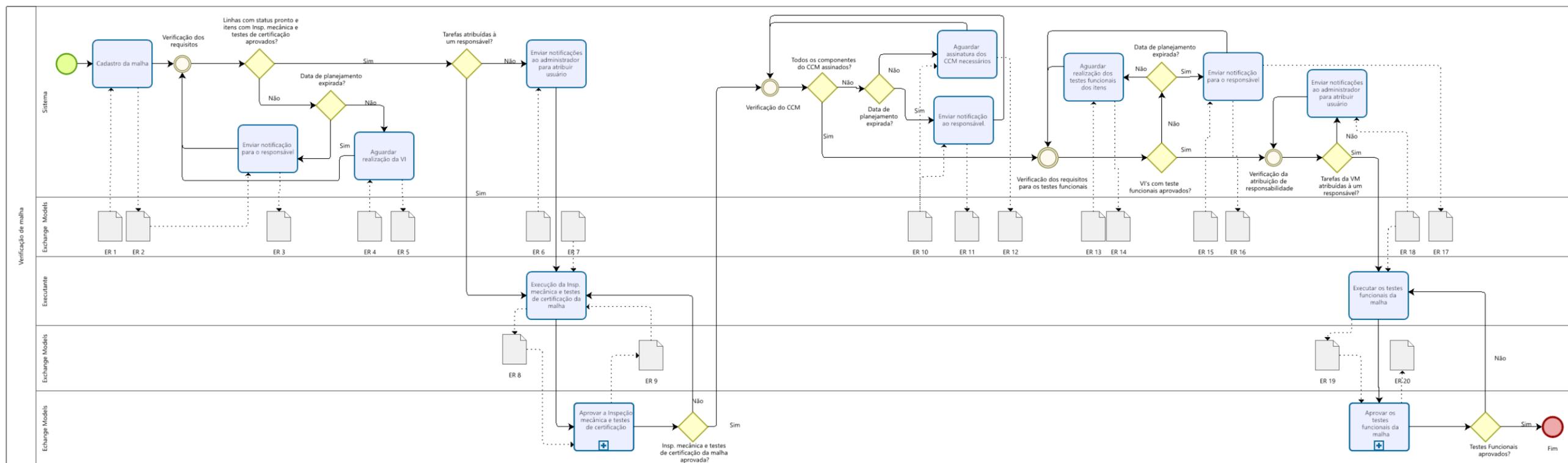
- Eliminação das atividades de impressão da folha, preenchimento da FVM e passagem as informações para o sistema;
- Aceleração e melhora no processo de aprovação, tornando-o mais direto;
- Notificação para o executante em relação às pendências impeditivas.

Em conjunto foi acrescentado o envio de notificação ao responsável pela verificação de itens e pelas linhas quando a data planejada para início da verificação de malha foi expirada, o que facilita a comunicação e mostra urgência do processo. A mesma atividade foi adicionada em relação ao CCM. Caso ele ainda não tenha sido emitido até a data limite planejada, será enviado uma notificação ao responsável para resolver o problema e identificar as causas disso.

Também foi adicionado à verificação da atribuição das tarefas e quando a verificação é negativa, será enviado uma notificação para o administrador atribuir as tarefas da malha aos executantes. Este item foi acrescentado para assegurar que todas as atividades da malha tenham um responsável, de forma a garantir uma melhor distribuição de carga de trabalho e um maior controle da execução delas, com a possibilidade de dar prioridade à alguma, caso necessário.

A Figura 17 mostra a proposta de mapeamento para o processo de verificação de malha

Figura 17 - Mapa Futuro do processo de verificação de malha



Fonte: A autora (2021)

4.2.3. Mapa do estado futuro - Preservação

A primeira mudança desse processo é em relação à espera da realização da inspeção técnica do item para iniciar as preservações. No novo processo será enviada uma notificação ao responsável sobre o tempo excedido para execução da atividade. Com isso reduzirá a possibilidade de o item ter sua preservação atrasada devido ao processo paralelo de verificação de itens.

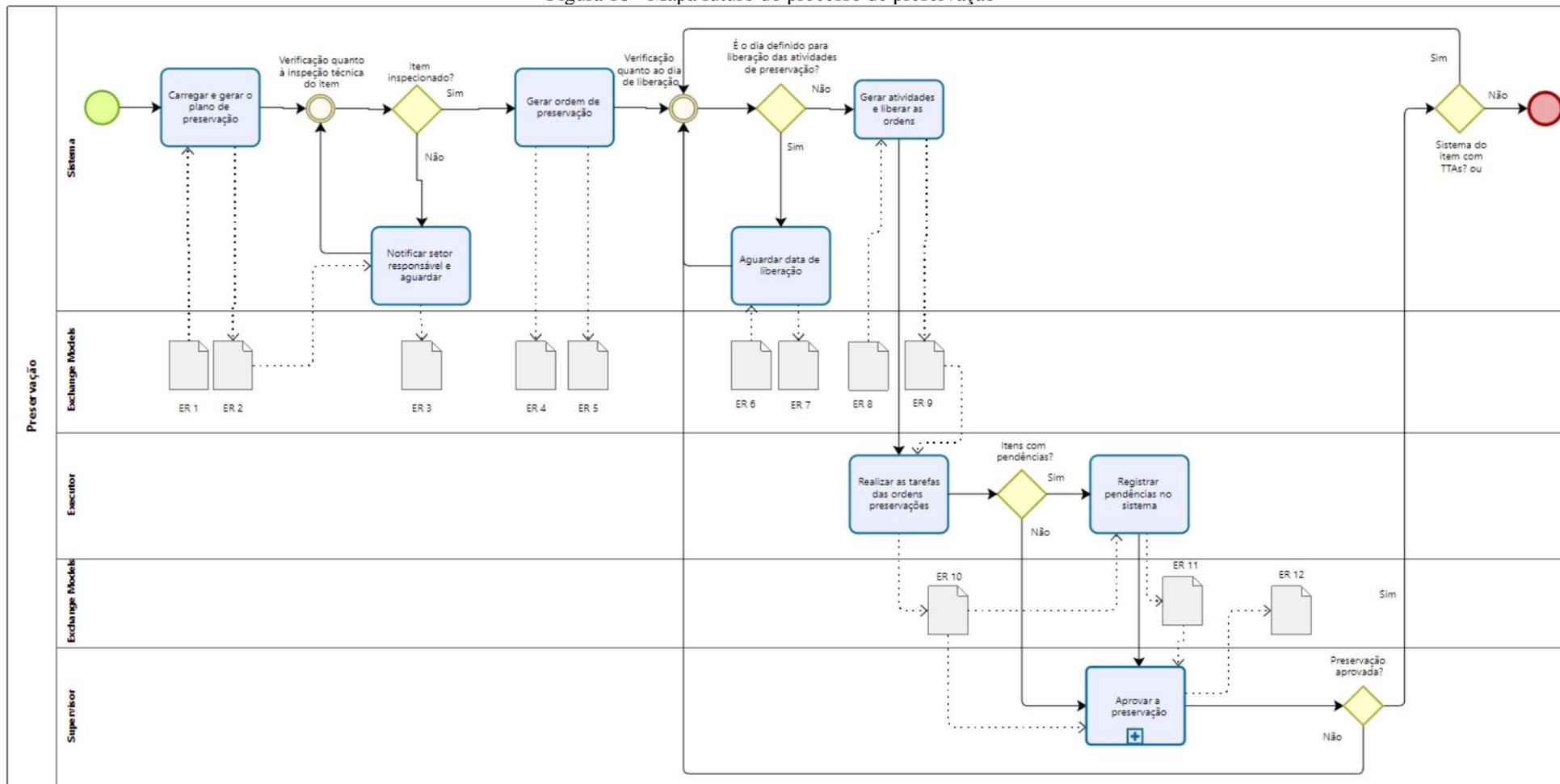
O novo sistema permitirá que o executante abra no celular ou tablet as atividades de preservação previstas para o dia e conforme a execução ocorra ele poderá marcar as atividades como realizadas ou não realizadas. Isso elimina a necessidade de: imprimir as etiquetas, colocá-las nos equipamentos, preenchê-las com a data e assinatura e anotar no relatório quais atividades de preservação foram realizadas. Cada executante terá seu usuário, com login e senha, e ficará registrado no sistema quem executou a atividade e quando ela foi realizada, logo não haverá necessidade de assinatura.

Complementando, o registro melhorará o controle de qualidade e deixará as informações mais acuradas, já que o executante marcará as atividades como preservada no momento de realização delas. Com este processo digitalizado, a atividade de passagem de dados para a Ferramenta X deixa de ser necessária. Durante a execução da preservação, o executante também terá a possibilidade de cadastrar diretamente no aplicativo as pendências observadas.

A preservação é essencial para a uma entrega de qualidade e no tempo previsto (BENDISKEN E YOUNG, 2005). A transformação digital permitirá que esse processo seja realizado de maneira mais dinâmica e rápida e facilitará a identificação de possíveis problemas.

A Figura 18 mostra a proposta de mapeamento para o processo de preservação.

Figura 18 - Mapa futuro do processo de preservação



Fonte: A autora (2021)

4.2.4. Indicadores gerenciais futuros

Para o desenvolvimento dos quadros de controle e acompanhamento foram elencados três níveis de indicadores:

- Por Unidade Industrial;
- Por SOP's;
- Pelo processo digital de VI e VM.

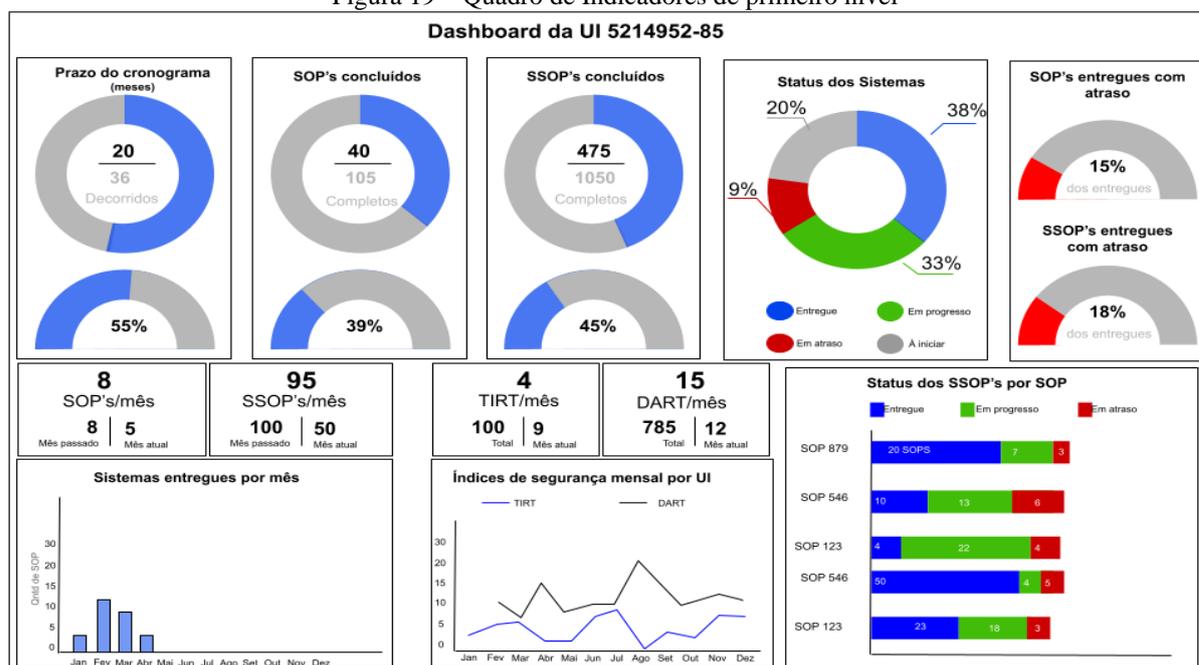
Para cada nível foi proposto um quadro a fim de facilitar o entendimento dos indicadores e melhorar a gestão visual. Uma vantagem direta que a transformação digital traz em relação ao uso dos indicadores é o banco de dados. Com a interoperabilização das ferramentas, o banco de dados estará sempre atualizado e terá todos os dados acessíveis para que os indicadores sejam gerados.

Os valores são meramente ilustrativos e foram escolhidos apenas para demonstração.

4.2.4.1. *Indicadores do primeiro nível*

Para entender o status de uma determinada unidade instaladora, escolheu-se os indicadores explicados em conjunto com o quadro de acompanhamento representada na Figura 19.

Figura 19 – Quadro de Indicadores de primeiro nível



Fonte: A autora (2021)

O primeiro indicador é em relação ao prazo decorrido para o comissionamento da unidade industrial e pode ser visualizado em número absoluto ou em porcentagem de tempo decorrido. Atualmente não há uma base histórica para comparar a quantidade de sistemas entregues por mês, porém com a implementação do projeto, existirá e poderá ser adicionada, a função de graduação de cores caso a média esteja abaixo do esperado.

A quantidade de sistemas e subsistemas entregues pode ser acompanhada pelo número absoluto e em percentual do que já foi entregue em relação ao total. Ao lado, é possível verificar a quantidade de SOP's e SSOP's entregues com atraso em relação ao número total de entregas. Esse terá uma escala de cores, verde para quando a porcentagem de entregas atrasadas está dentro do aceitável, laranja quando precisa de atenção e vermelho quando está fora do aceitável.

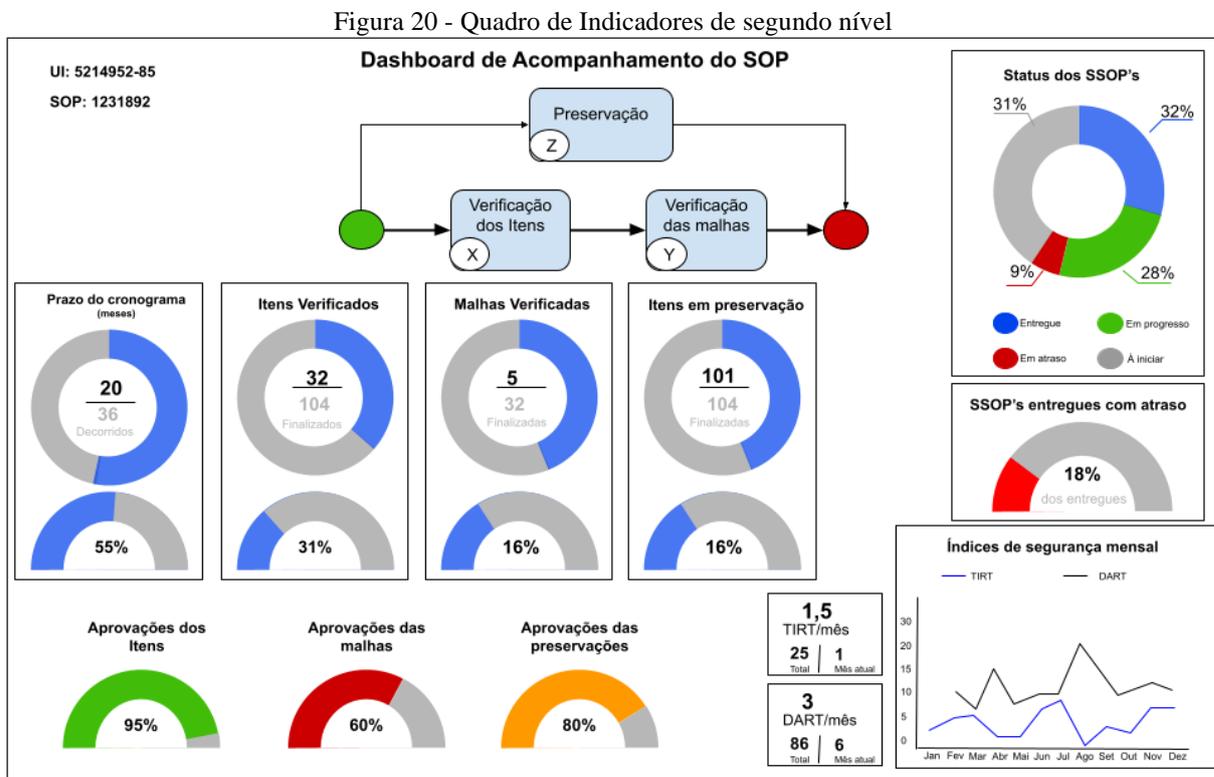
É possível visualizar também a média de sistemas e subsistemas entregues por mês junto com a quantidade do mês anterior e do mês atual, e somado a isso há um gráfico que mostra a quantidade de sistemas entregues por mês. Esses indicadores permitem ver o ritmo de trabalho da plataforma de petróleo em nível de SOP e de SSOP. Em conjunto com o indicador de prazo, pode-se fazer uma comparação entre eles e estimar se a Unidade Industrial (UI) será entregue dentro do prazo ou não. Além disso, é possível relacionar as entregas dos sistemas e dos subsistemas para verificar se está coerente ou não.

Em relação à segurança, é possível analisar no gráfico a taxa total de incidentes registráveis e a quantidade de dias que os funcionários passaram afastados, em restrição de trabalho ou em transferência. Em conjunto, verifica-se a taxa média mensal de ocorrência, a quantidade total no tempo do projeto e a taxa do mês atual. Com isso, é possível ter um entendimento de como está a questão de segurança em relação a UI.

E por fim, é possível visualizar no gráfico rolante os sistemas existentes dentro daquela U.I e como estão os status dos subsistemas, o que permite um discernimento maior sobre o que ocorre em cada sistema. Para informações detalhadas, é possível acessar o quadro de segundo nível, explicada na próxima seção.

4.2.4.2. Indicadores do segundo nível

Os indicadores de segundo nível visam representar como os sistemas e os subsistemas se encontram. Portanto, possuem foco maior no processo do comissionamento representado neste trabalho. Eles podem ser vistos na Figura 20.



Fonte: A autora (2021)

Quando for selecionado apenas o sistema, será possível ver a quantidade de subsistemas por status (a iniciar, em progresso, em atraso, entregue) e a porcentagem de subsistemas entregues com atraso.

No próprio processo, desenhado no canto superior, terão as quantidades de itens e malhas que estão naquele processo no momento, para um determinado SOP e SSOP (filtro opcional). Para esse nível também será possível visualizar o tempo decorrido do projeto, em número absoluto e em porcentagem. Além disso, será possível analisar a quantidade de itens e malhas que já finalizaram o processo de verificação, em número absoluto e em porcentagem. Com isso será possível ter um entendimento da situação atual do sistema em relação ao objetivo final e ao cronograma planejado.

A quantidade de sistemas e subsistemas entregues pode ser acompanhada pelo número absoluto e em percentual do que já foi entregue em relação ao total. Ao lado é possível verificar a quantidade de SOP's e SOP's entregues com atraso em relação ao número total de entregas. Esse terá uma escala de cores, verde para quando a porcentagem de entregas atrasadas está dentro do aceitável, laranja quando precisa de atenção e vermelho quando está fora do aceitável.

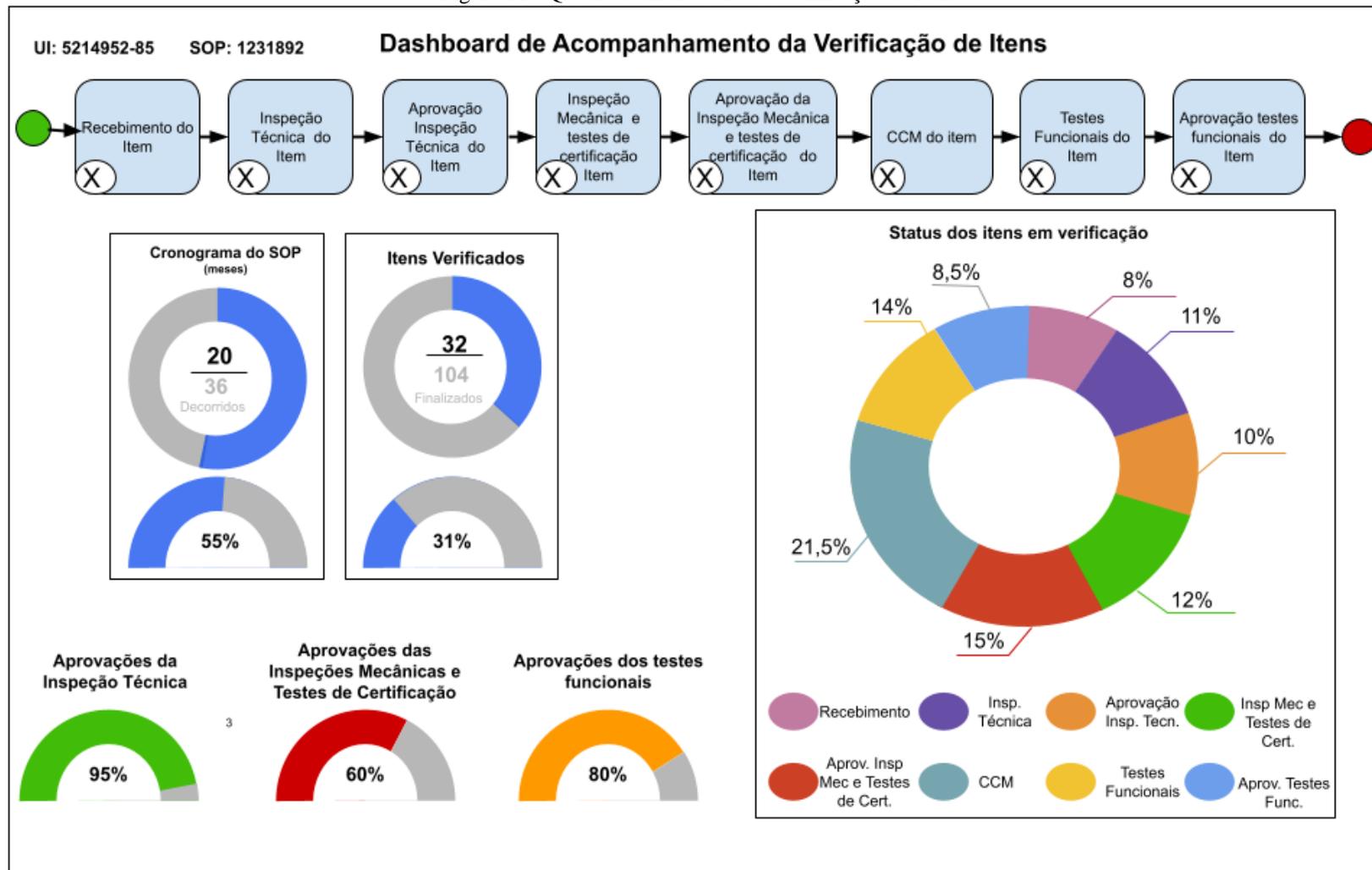
E assim como no primeiro nível, nesse quadro também será possível visualizar os indicadores TIRT e DART que são relacionados à segurança dos procedimentos.

Para medir o desempenho no processo foi elencado o índice de aprovações de cada etapa, para a verificação de itens seria a média de aprovação da inspeção técnica, inspeção mecânica, testes de certificação e testes funcionais do item, para a verificação da malha será a média da aprovação da inspeção mecânica, testes de certificação e testes funcionais da malha e para a preservação será o próprio índice de aprovação das preservações. Com esses indicadores será possível verificar a qualidade da execução das atividades. O indicador também terá a escala de cores de verde, laranja e vermelho o que indicará se porcentagem de aprovação está como o ideal ou não.

4.2.4.3. Indicadores do terceiro nível

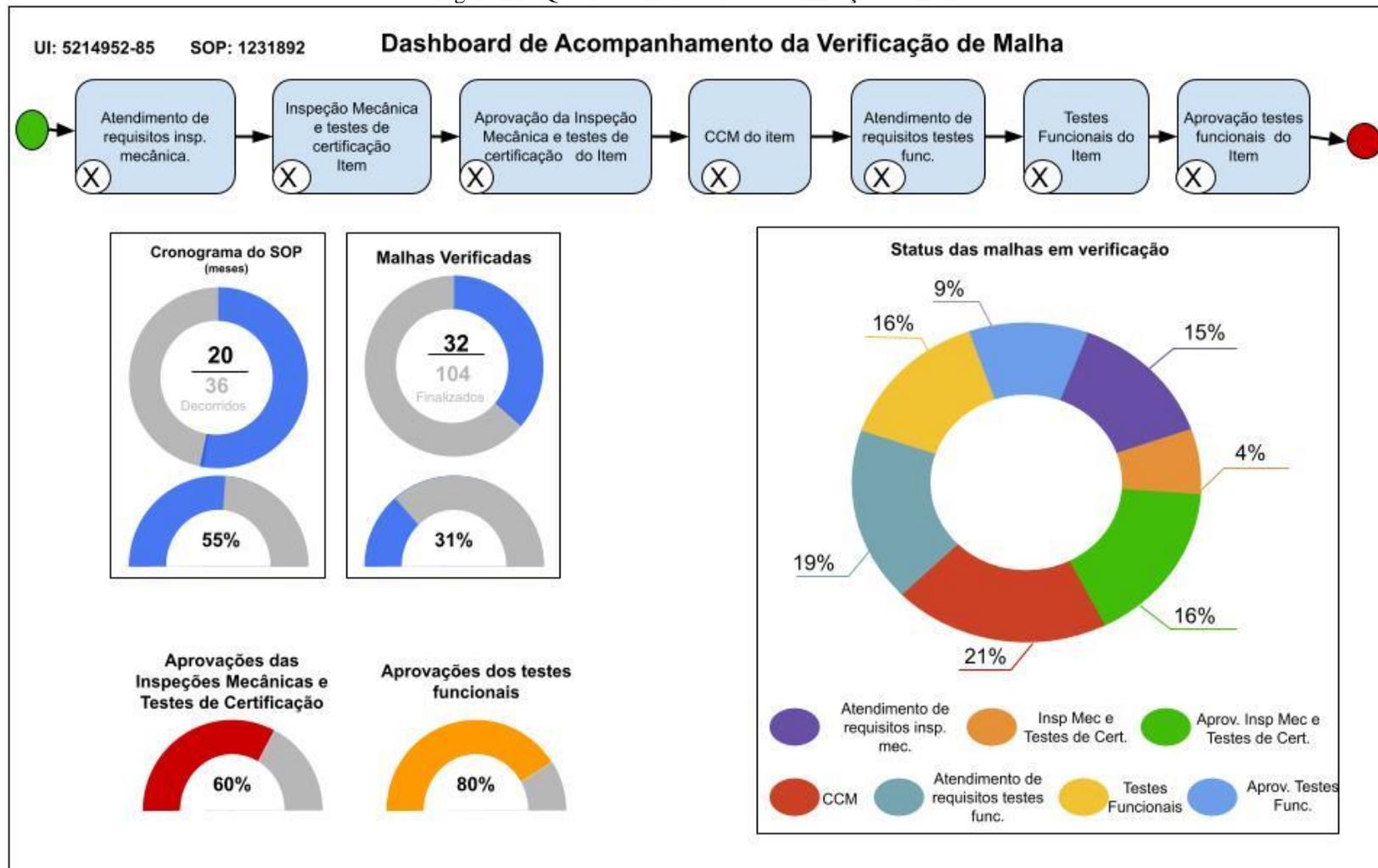
Os indicadores do terceiro nível visam explicitar como está o processo em um nível mais detalhado, voltado diretamente aos processos explorados neste trabalho. Os quadros relacionados a verificação de itens e de malhas podem ser visualizados na Figura 21 e Figura 22.

Figura 21 - Quadro de Indicadores da verificação de itens



Fonte: A autora (2021)

Figura 22 - Quadro de Indicadores da verificação de malha



Fonte: A autora (2021)

Os indicadores para ambos os processos são similares. Na representação sequencial das atividades, mais especificamente no círculo branco, será possível observar a quantidade de itens que estão naquela etapa. Junto a isso, será possível observar a quantidade de itens que já foram verificados e o tempo decorrido do processo. Para os itens que ainda estão no processo, será possível verificar quantos se encontram em cada atividade do processo, em percentual relativo aos itens totais em progresso.

E, por fim, para entender como está a qualidade da execução das atividades terá uma média de aprovação para cada atividade, a fim de poder analisar a qualidade da execução com mais detalhes caso haja necessidade.

A preservação não terá um quadro único pois é um processo cíclico, sendo a etapa de aprovação observada, diretamente, no quadro de acompanhamento de segundo nível.

4.3. COMPARAÇÃO DO ESTADO ATUAL COM O ESTADO FUTURO

A maior mudança nos processos a partir da implementação do novo sistema foi a retirada das atividades de impressão e preenchimento de formulários e de repasse das informações para a Ferramenta X. Apesar de serem atividades simples, elas consomem tempo e não agregam valor ao processo. Então, somente com a mudança do meio de registro das informações o processo já promove uma significativa melhora.

Além de não agregarem valor, essas atividades ainda podem aumentar o tempo do processo. Diversas vezes os operadores da Ferramenta X aguardavam acumular uma grande quantidade de formulário com a inspeção técnica realizada para então passar as informações para a Ferramenta X, o que atrasava a sequência de eventos que deveriam acontecer naturalmente. O mesmo acontecia em outras etapas do processo.

Com o novo sistema, as informações serão preenchidas no momento de execução, o que aumenta a acuracidade dados e melhora a gestão de informação do processo. Elas serão cadastradas ligadas ao usuário que as realizou, o que comprovará quem foi responsável pela execução, aumentará a quantidade de evidências do processo e eliminará a necessidade de anexar formulários que mostrem a assinatura nas aprovações. O processo de anexo de fotos e vídeos também será facilitado, pois será direto pelo aplicativo no momento de realização de atividade.

O novo sistema também proporcionará a padronização, considerando que anteriormente as atividades eram realizadas conforme ação do executante (como a ordem de instalação e inspeção técnica). Na nova proposta, serão padronizadas pelo sistema de acordo com os requisitos exigidos para cada tarefa. Além disso, as notificações também acontecerão no sistema, o que aumentará a visibilidade delas e o tempo de resolução.

Outra função que o uso do BIM trará é a sinalização de itens críticos que merecem uma atenção maior e a atribuição de atividade por usuário, o que permite um gerenciamento mais direcionado conforme as necessidades da atividade. Com essa atribuição por usuário será possível ver o histórico de atividades que aquele determinado usuário já realizou e analisar o desempenho e a produtividade dele, caso desejado.

O cliente também terá um usuário, com permissões específicas, e poderá acompanhar o andamento do projeto, o que acarretará num aumento da aproximação dele com a empresa e numa melhora da comunicação entre eles.

Por fim, com a utilização do BIM, o acesso ao banco de dados será direto, o que permitirá um acompanhamento em tempo real do processo. Com isso será possível ver quantos itens e malhas se encontram em cada etapa e o índice de das verificações e da preservação. Também existirão indicadores padronizados que permitirão a avaliação dos processos de comissionamento e a comparação com outros SOP's e UI.

O Quadro 3 permite visualizar as comparações entre o processo atual e o processo futuro.

Quadro 3 - Comparação entre o estado atual e o estado futuro do processo de comissionamento

Aspecto	Estado Atual	Estado Futuro
Método de registro das informações	De forma manual, em papéis, que posteriormente são passados ao sistema por um terceiro	De forma automática, no próprio sistema
Tempo para registro das informações	Sem tempo pré-determinado, varia conforme o operador da Ferramenta X	No momento de realização da atividade
Padronização do processo	Algumas atividades podem ser realizadas de forma diferente ao indicado	O sistema exigirá que o processo seja feito conforme o padronizado

Autonomia do executante	Executante depende de um terceiro para ver as atividades	Executante poderá ver as atividades liberadas para seu usuário, assim como seu histórico
Notificações do processo	Notificações por e-mail ou outra plataforma de comunicação.	Notificações no próprio sistema e caso desejado no e-mail.
Evidência de informações	Necessário anexar documentos que mostrem assinatura dos responsáveis e caso necessário que mostrem a execução da atividade	Cada usuário terá seu logim com senha própria, o que servirá como uma assinatura eletrônica. Para as tarefas que necessitem de evidência, o executante poderá tirar foto na hora pelo próprio sistema.
Item crítico	Sem sinalização no sistema para indicar que o item é crítico	Possibilidade de marcar item como crítico
Observação/atenção quanto ao atingimento de data limite	Sem notificação pelo sistema quando a data limite de algum processo é atingida	Envio de notificação ao responsável.
Atribuição de tarefas	Sem possibilidade	O sistema permite a atribuição de tarefas por usuário
Histórico de atividades do executante	Não possui	Possibilidade de ver por usuário o histórico das atividades realizadas
Acesso de informações pelo cliente	Cliente depende do envio de documentação e informações por parte do responsável	Cliente terá autonomia para ver o processo quando desejar
Análise do processo em tempo real	Sem possibilidade de ter uma visão geral em tempo real	Sistema permite saber como está cada etapa do processo em tempo real
Indicadores chaves de sucesso	Sem padronização do uso de indicadores chaves de sucesso	Sistema permite a criação de quadro de indicadores para acompanhamento e controle

Fonte: A autora (2021)

4.4. CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

As melhorias propostas para o mapa futuro dos processos foram baseadas no contexto de trabalho dos operadores e nas oportunidades previstas pela implementação do BIM na empresa estudada. As melhorias tecnológicas foram validadas pelo setor de desenvolvimento e os mapas de estado futuro foram apresentados aos responsáveis pelo gerenciamento dos processos. As propostas foram consideradas pertinentes e condizentes com as necessidades da empresa. O desenvolvimento dos mapas atuais auxiliou no entendimento dos processos, explicitou as dificuldades e as ineficiências dele (BUILDINGSMART, 2010), e deixou claro a urgência de mudanças; Apesar da complexidade e da burocracia do processo, com o desenvolvimento do mapa atual percebeu-se os benefícios que a nova proposta de processo trará para a empresa. O capítulo apontou as principais diferenças entre o processo atual e o futuro, sendo as principais: a armazenagem e acesso a documentos que evidenciam a execução nas atividades, a atualização imediata das informações no sistema e a aproximação com o cliente, pontos chave para o sucesso do comissionamento (BENDISKEN E YOUNG, 2005).

Quando as melhorias forem implementadas, acredita-se que ocorrerá redução de etapas e tempo do processo, diminuição de perdas de dados e documentos, comunicação facilitada entre os setores, acesso às informações de forma mais direta e o processo fluirá de forma mais contínua.

A empresa possuía também uma carência em relação ao gerenciamento dos processos e atividades, principalmente pela falta de indicadores padronizados que representassem o processo de maneira fiel. A escolha dos indicadores não foi tão simples quanto o esperado. Foi desafiador encontrar a diferença entre um indicador que agregasse. Para auxiliar na escolha deles, considerou-se que eles devem se concentrar em aspectos críticos do processo (CHAN e CHAN, 2013), serem individuais para cada etapa (YUN et al, 2016), aplicáveis (RUI et al., 2017), simples e de fácil entendimento (BENDIKSEN e YOUNG, 2005) (CHAN e CHAN, 2013). E, em sequência ao desenvolvimento deles, foi proposto o quadro de acompanhamento gráfica, de forma a garantir que a gestão visual auxiliasse os gestores sendo simples, acessível e fácil de atualizar.

Com isso pode-se concluir que, apesar das limitações do trabalho, com a implementação do processo e dos indicadores propostos, a execução e o gerenciamento do comissionamento sofrerão uma melhora significativa.

5. CONCLUSÃO E PESQUISAS FUTURAS

O trabalho desenvolvido teve por objetivo a proposição de um novo fluxo de processo, e de seus indicadores, para o comissionamento em uma empresa da indústria de O&G baseado na aplicação do BIM. Os processos do comissionamento analisados e propostos no presente trabalho consistem na verificação de itens, na verificação de malhas e na preservação dos itens e malhas comissionáveis.

A revisão da literatura proporcionou uma visão geral do que é o comissionamento, como ele se enquadra em projetos da indústria de O&G, suas etapas e sua importância. Em sequência foi explicada a relevância dos indicadores para o gerenciamento de processos e foram levantadas recomendações de métricas e indicadores voltados à indústria de O&G e ao comissionamento. Por fim, a revisão apresentou o BIM, as vantagens da aplicação dele em uma empresa e como ele está relacionado ao mapeamento de processos por meio do IDM, componente essencial para implementação da tecnologia BIM em uma organização. A literatura apontou como uma barreira os poucos estudos de BIM voltados à indústria de O&G e, com exceção de normas, os poucos estudos referentes à metodologia de implementação do BIM e exemplificação disso, principalmente no Brasil.

O desenvolvimento dos mapas de estado atual possibilitou representar e analisar os processos e atividades e permitiu a identificação de diversas possibilidades de melhorias. A grande proximidade com os funcionários, assim como o acesso direto aos dados, treinamentos e documentos da empresa facilitou o entendimento do processo. A escolha das melhorias refletiu as necessidades das empresas e as oportunidades que a implementação do BIM traz a um processo. Ficou claro que o uso BIM não mudará apenas as tecnologias envolvidas e sim o modo como os processos são realizados e gerenciados, assim como a comunicação entre os envolvidos no projeto.

As mudanças propostas consistem principalmente na eliminação do uso de papéis do processo, na automatização das atividades e gestão de informações, no aumento de evidências da realização das atividades e na melhoria da comunicação e integração dos setores envolvidos.

A proposta dessas modificações resultou nos mapas de estado futuro que, quando implementados, tem potencial de diminuir o tempo de processo e atividades que não geram valor e facilitar a rotina dos operários, como mostra a comparação feita no capítulo de desenvolvimento.

Os indicadores propostos foram escolhidos a partir dos pontos chaves do processo e das informações necessárias para avaliar o andamento das atividades. Para o desenvolvimento deles, foram analisadas as sugestões trazidas na literatura e a necessidade dos gerentes, visando-se, especialmente, um entendimento simples e fácil. Foi proposto então uma gestão visual de forma a facilitar e melhorar o processo de análise dos indicadores.

Por fim, é possível apontar que a implementação do BIM no comissionamento em uma indústria de O&G trará grandes vantagens no nível processual e gerencial, além de facilitar o trabalho e eliminar ineficiências dos processos.

Sugere-se para trabalhos futuros o relato da implementação dos processos e indicadores propostos nesta pesquisa, com as dificuldades e vantagens que as melhorias trouxeram na prática com uma análise quantitativa. Além disso, sugere-se o estudo detalhado da implementação do BIM em uma empresa, com a explicação no nível de dados, MVD e IFC.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Rogério Oliveira de. **CONDICIONAMENTO E COMISSONAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DA SONDA PETROBRAS II 10000**. 2010. 56 f. TCC (Pós-graduação) - Curso de Pós-graduação – Lato Sensu Engenheiro de Condicionamento e Comissionamento, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – Es, 2010.

ARAM, S. et al. Introducing a New Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects. **Anais.. CIB W78**. Cairo, Egypt: 27th International Conference, 2010

ARNOLD, Kenneth E. Volume III–Facilities and Construction Engineering. **Petroleum Engineering Handbook**, v. 3, 2007.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE HANDBOOK**: heating, ventilating, and air-conditioning applications. Atlanta: Ashrae, 2011.

BADIRU, Adedeji B.; OSISANYA, Samuel O. **Project Management for the Oil and Gas Industry**: a world system approach. New York: Crc Press, 2013.

BELSKY, Michael; et al. Interoperability for precast concrete building models. **PCI Journal**. Chicago, **ILPrecast/Prestressed Concrete Institute**, 2014.

BENDIKSEN, Trond; YOUNG, Geoff. **Commissioning of Offshore Oil and Gas Projects**. AuthorHouse, 2005.

BORRMANN, André; KÖNIG, Markus; KOCH, Christian; BEETZ, Jakob. Building information modeling: Why? What? How? In: BORRMANN, André; KÖNIG, Markus; BEETZ, Jakob. **Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice**: technology foundations and industry practice. Springer, 2018. p. 1-24.

BUILDING SMART FRANCE. **BIM Book**: l'essentiel. [S. L.], 2019.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **IDMC 004**: Information Delivery Manual. vedashrsão 1.2. 84 p. 02 dez. 2010 Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/documents/IDM/IDM_guide-CompsAndDevMethods-IDMC_004-v1_2.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **IUG 2012/08**: An Integrated Process for Delivering IFC Based Data Exchange. 2012. 53 p. Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/documents/IDM/IDM_guide-IntegratedProcess-2012_09.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **P9-002**: MvdXML specification 1.1. 2016. 49 p. Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/mvdXML/v1-1/mvdXML_V1-1-Final.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021

CHAN, Albert PC; CHAN, Ada PL. Key performance indicators for measuring construction success. **Benchmarking: an international journal**, 2004.

CHEN, LiJuan; LUO, Hanbin. A BIM-based construction quality management model and its applications. **Automation in construction**, v. 46, p. 64-73, 2014.

CHENG, Jack CP; LU, Qiqi; DENG, Yichuan. Analytical review and evaluation of civil information modeling. **Automation in Construction**, Hong Kong, v. 67, p. 31-47, 2016.

COX, Robert F.; ISSA, Raja RA; AHRENS, Dar. Management's perception of key performance indicators for construction. **Journal of construction engineering and management**, v. 129, n. 2, p. 142-151, 2003.

EASTMAN, C. M. et al. Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 24, n. 1, p. 25-34, 2010.

FAKHIMI, Amirhooshang et al. Influences of building information modeling (BIM) on oil, gas, and petrochemical firms. **Science and Technology for the Built Environment**, v. 23, n. 6, p. 1063-1077, 2017.

FITZ-GIBBON, Carol Taylor (Ed.). Performance indicators. Multilingual Matters, 1990.

FRANCIS, Ross. The end of the Beginning. In: **Engineering Asset Management**. Springer, London, 2006. p. 576-586.

GAETE, Luciano; PRATES, Antonio João. Ferramentas de TI para o Comissionamento de Empreendimentos Industriais. In: Congresso Panamericano De Engenharia Naval, Transporte Marítimo E Engenharia Portuária, 26 out. 2007, São Paulo.

GUIMARÃES, Alexandre. **Processo de Comissionamento em Instalações Industriais**. [Rio de Janeiro]: Funcefet, [201-].

HINKS, John; MCNAY, Peter. The creation of a management-by-variance tool for facilities management performance assessment. **Facilities**, 1999.

HORSLEY, David. **Process Plant Commissioning: a user guide**. 2. ed. Rugby: IChemE, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório de Atividades: 2019**. IBP, 2020. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2020/03/relatorio-atividades-2019-ibp-compactado.pdf>>. Acesso em: 18 maio. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório de Atividades: 2019**. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS. Relevância do Petróleo para o Brasil. IBP, 2019. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2019/08/ey-relevancia-do-petroleo-brasil.pdf>>. Acesso em: 18 maio. 2021

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DIS 29481-1**: Building information models — Information delivery manual - Part 1: Methodology and format. Geneva: Iso, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DIS 29481-2**: Building information models — Information delivery manual - Part 2: Interaction framework. Geneva: Iso, 2014.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHARMACEUTICAL ENGINEERING. **ISPE Baseline Guide**: volume 5 commissioning & qualification. [s. l.]: Ispe, 2000.

KUBBA, Sam. **Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes**. Butterworth-Heinemann, 2012.

LAAKSO, Mikael; KIVINIEMI Arto. The IFC standard: A review of history, development, and standardization, information technology. **ITcon**, v. 17, n. 9, p. 134-161, 2012.

LEE, Ghang; PARK, Young Hyun; HAM, Sungil. Extended Process to Product Modeling (xPPM) for integrated and seamless IDM and MVD development. **Advanced engineering informatics**, v. 27, n. 4, p. 636-651, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick *et al.* **METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E GESTÃO DE OPERAÇÕES**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2012. 260 p.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**. São Paulo, p. 216-229. Não é um mês valido! 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/14.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES BUILDINGSMART ALLIANCE. **NATIONAL BIM STANDARD - UNITED STATES VERSION 3**: Terms and definitions. 2015. 37 p. Disponível em: https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2015/07/nbims-us_v3_3_terms_and_definitions.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

NATIONAL BUILDING INFORMATION MODELING STANDARD. **National Building Information Modeling Standard**: version 1.0 part 1 overview, principles, and methodologies. National Institute Of Building Sciences, 2007. Disponível em: https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf. Acesso em: 01 abr. 2021.

NEY, Gloria Maria Alves; FORTES, Márcio Zamboti. Metodologia para processo integrado de comissionamento em unidades industriais. **Sistemas & Gestão**, v. 12, n. 2, p. 246-51, 2017.

OBJECT MANAGEMENT GROUP. **FORMAL/2011-01-03**: Business Process Model and Notation (BPMN). versão 2. jan. 2011. 508 p. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>. Acesso em: 19 abr. 2021.

OZTURK, Gozde Basak; YITMEN, Ibrahim. Conceptual Model of Building Information Modelling Usage for Knowledge Management in Construction Projects. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2019. p. 022043.

PAPADOPOULOS, Nicolas Alexandros et al. Avaliação da integração entre uma plataforma BIM e uma ferramenta de análise estrutural. **Sistemas & Gestão**, v. 12, n. 1, p. 108-16, 2017.

Petrobras. **Metodologia do Comissionamento**: introdução. Petrobras. 2018.

PIETERSON, W.; ICF. A STARTING GUIDE ON CREATING KPIs AND MEASURING SUCCESS FOR PES. Luxembourg. Publications Office of the European Union, January 2019. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/91e255c0-e5b2-11ea-ad25-01aa75ed71a1/language-en#document-info>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PINHEIRO, Sergio et al. MVD based information exchange between BIM and building energy performance simulation. **Automation in Construction**, v. 90, p. 91-103, 2018

PMSURVEY.ORG 2014 Edition. Project Management Institute.

RUI, Zhenhua et al. Development of industry performance metrics for offshore oil and gas project. **Journal of natural gas science and engineering**, v. 39, p. 44-53, 2017.

SAMIE, Naeim Nouri. **Practical engineering management of offshore oil and gas platforms**. Gulf Professional Publishing, 2016.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 5. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

VENUGOPAL, Manu et al. Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema. **Advanced engineering informatics**, v. 26, n. 2, p. 411-428, 2012.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International journal of operations & production management**, 2002.

YUN, Sungmin et al. Development of performance metrics for phase-based capital project benchmarking. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 3, p. 389-402, 2016.