

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Simulação a eventos discretos em processos industriais: uma
abordagem envolvendo modelagem facilitada e reuniões híbridas**

Milena Silva de Oliveira

Itajubá, outubro de 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Milena Silva de Oliveira

Simulação a eventos discretos em processos industriais: uma abordagem envolvendo modelagem facilitada e reuniões híbridas

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção para defesa de Doutorado em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Leal

Coorientador: Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi

**Outubro de 2023
Itajubá**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Milena Silva de Oliveira

**Simulação a eventos discretos em processos industriais: uma
abordagem envolvendo modelagem facilitada e reuniões híbridas**

Tese submetida à banca examinadora em 31 de
outubro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita (Poli-USP –
São Paulo)

Prof. Dr. Marcelo Machado Fernandes (MF
Treinamentos)

Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho (UNIFEI –
Itajubá)

Prof. Dr. Rafael de Carvalho Miranda (UNIFEI –
Itajubá)

**Itajubá
2023**

RESUMO

A simulação a eventos discretos (SED) está entre as principais e mais importantes técnicas de simulação para auxiliar a tomada de decisão em diversas áreas da Engenharia de Produção. As empresas industriais em seus diferentes portes podem se beneficiar significativamente da SED, pois ela consegue auxiliar na compreensão e análise dos sistemas, na tomada de decisão, no aprimoramento das operações e no projeto de mudanças no sistema real com erros menos dispendiosos. No entanto, embora exista uma ampla e crescente literatura sobre aplicações da SED, foi constatado que as empresas industriais podem apresentar algumas restrições na utilização dessa técnica em seu modo tradicional, tais como: restrições financeiras que dificultam a adoção de mecanismos para coletar grandes quantidades de dados, como também a contratação de pessoas qualificadas para processar e explorar seus dados; deficiência de dados, sendo poucos dados coletados ou até mesmo não disponíveis, levando a uma incapacidade de se envolverem com o desenvolvimento de modelos de simulação e a criação de cenários; hesitação no uso da SED devido ao alto tempo despendido no projeto e complexidade no seu uso. Portanto, o objetivo desta tese é criar um *framework* utilizando a modelagem facilitada juntamente com a SED. Ou seja, propor um método de gerenciamento de projetos mais simples. A SED facilitada apresenta vantagens que contornam esses problemas apresentados, sendo possível trabalhar com dados estimados pelos especialistas no processo, como também ela defende a utilização de um modelo computacional mais simples, com poucos detalhes, mas útil em gerar uma compreensão e causar um debate sobre a situação problema, auxiliando na busca por melhorias. O *framework* FaMoSim (*Facilitated Modeling Simulation*) foi desenhado seguindo as etapas do método Pesquisa-ação e a sua aplicação ocorreu por meio de reuniões híbridas. Com esse formato de reunião, entende-se que a utilização da SED facilitada pode ser ampliada, não ficando restrita a reuniões presenciais. Assim, o FaMoSim apresenta diferenciais na condução de estudos de SED facilitada em empresas industriais. Com a aplicação do FaMoSim em quatro objetos de estudo diferentes foi possível constatar sua eficácia ao proporcionar aos participantes do projeto uma maior compreensão dos processos em estudo utilizando um modelo computacional simples com menos dados e menos detalhes, auxiliando também os *stakeholders* na tomada de decisão e identificação de melhorias.

Palavras-chave: Modelagem facilitada; *Framework*; Reunião híbrida; Simulação a eventos discretos facilitada.

ABSTRACT

Discrete Event Simulation (DES) stands as one of the primary and most significant simulation techniques to assist decision-making in various areas of Industrial Engineering. Industrial enterprises of various sizes can significantly benefit from DES as it can assist in comprehending and analyzing systems, decision-making, improving operations and designing changes in the real system with less costly errors. However, despite a broad and growing literature on DES applications, it has been observed that industrial companies may encounter certain constraints in utilizing this technique in its traditional mode. These constraints include financial limitations that hinder the adoption of mechanisms for collecting extensive data, as well as the hiring of qualified personnel to process and explore their data. Additionally, data deficiencies, where limited or even unavailable data are collected, can lead to an inability to engage in simulation model development and scenario creation. There is also hesitancy in using DES due to the substantial time required for design and complexity in its use. Therefore, the objective of this thesis is to create a framework using facilitated modeling in conjunction with DES. In other words, proposing a simpler project management method. Facilitated DES offers advantages that address these aforementioned issues, as it allows for working with data estimated by experts in the process. It also advocates for the use of a simple computational model with few details, yet useful in generating understanding and fostering discussions about the problem situation, aiding in the pursuit of improvements. The FaMoSim (Facilitated Modeling Simulation) framework was developed following the steps of the Action Research method, and its implementation took the form of remote applications through hybrid meetings. With this meeting format, it is understood that the use of facilitated DES can be expanded beyond in-person meetings. Thus, FaMoSim brings unique features to the conduct of facilitated DES studies in industrial enterprises. By applying FaMoSim to four different case studies, its effectiveness in providing stakeholders with a better understanding of the studied processes using a simplified computational model with fewer data and fewer details was evident. It also assisted stakeholders in decision-making and identifying improvements.

Keywords: *Facilitated modelling; Framework; Hybrid meeting; Facilitated Discrete Event Simulation.*

LISTA DE ABREVIATURAS

PMEs	Pequenas e médias empresas
SED	Simulação a eventos discretos
PA	Pesquisa-ação
FaMoSim	<i>Facilitated Modeling Simulation</i>
PartiSim	<i>Participative Simulation</i>
SimLean	<i>Simulation and Lean</i>
FIFO	<i>First in First out</i>
PO	Pesquisa Operacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases do SIMTEGR8	40
Figura 2 – Matriz contextual com as barreiras para a SED totalmente facilitada	42
Figura 3 – <i>Framework</i> para simplificação de modelos de simulação	46
Figura 4 – Ciclo da Pesquisa-ação.....	53
Figura 5 – Objetivos das reuniões, capacidades importantes e modos reunião propostos	59
Figura 6 – <i>Framework</i> FaMoSim	61
Figura 7 – Fase 01 do <i>framework</i> FaMoSim	68
Figura 8 – Fase 02 do <i>framework</i> FaMoSim	73
Figura 9 – Os 3 ciclos que compõem o V&V-DM.....	74
Figura 10 – Fase 03 do <i>framework</i> FaMoSim	78
Figura 11 – Fase 04 do <i>framework</i> FaMoSim	81
Figura 12 – Fase 05 do <i>framework</i> FaMoSim	84
Figura 13 – Reunião de abertura versão dois	110
Figura 14 – FaMoSim versão dois (sem <i>workshop</i> 4).....	114
Figura 15 – <i>Workshop</i> 3 versão dois	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fontes de publicação.....	31
Tabela 2 – Principais autores.....	31
Tabela 3 – Classificação das empresas por número de funcionários	117
Tabela 4 – Comparação entre os <i>frameworks</i> de SED facilitada	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação das características da SED facilitada com as dificuldades das empresas industriais.....	29
Quadro 2 – PartiSim <i>framework</i>	35
Quadro 3 – Requisitos para a SED facilitada	45
Quadro 4 – Regras utilizadas para simplificação do modelo	46
Quadro 5 – Soluções empregadas para prevenir a complexidade do modelo	47
Quadro 6 – Recomendações para reuniões híbridas	48
Quadro 7 – Relação entre a pesquisa-ação e a tese	56
Quadro 8 – Papéis dos integrantes do projeto	63
Quadro 9 – Itens da Ferramenta descrição do processo	71
Quadro 10 – Informações do <i>framework</i> FaMoSim (Parte 1/3).....	86
Quadro 11 - Comparação entre os objetos de estudo	115
Quadro 12 – Respostas dos <i>stakeholders</i> Escala <i>Likert</i>	118
Quadro 13 – Comparação entre os <i>frameworks</i> de SED facilitada.....	121

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Contexto	12
1.2 Problema de pesquisa	14
1.3 Objetivos geral e específicos	15
1.4 Justificativas	15
1.5 Contribuições	17
1.6 Limitações e condições de contorno da pesquisa	18
1.7 Estrutura da tese	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Dificuldades encontradas pelas empresas industriais na aplicação de projetos de simulação	20
2.2 Simulação a eventos discretos (SED)	22
2.2.1 Introdução a SED	22
2.2.2 Modelagem facilitada	26
2.3 Simulação a eventos discretos facilitada	27
2.4 Revisão da literatura de SED facilitada	30
2.4.1 Análise das abordagens de SED facilitada	42
2.4.2 Recomendações para utilização da SED facilitada	44
2.5 Reuniões híbridas	47
3. MÉTODO DE PESQUISA-AÇÃO	51
3.1 Classificação da pesquisa	51
3.2 Definição do método: Pesquisa-Ação (PA)	52
3.2.1 Descrição do método	53
4. FRAMEWORK PROPOSTO	56
4.1 A pesquisa-ação e a tese	56
4.2 O <i>framework</i> FaMoSim	57
4.2.1 Contexto e propósito	63
4.2.2 Etapas principais	68
4.2.3 Monitoramento	84
5. RESULTADOS	89
5.1 Descrição da aplicação na empresa MA (primeira aplicação)	89
5.2 Descrição da aplicação na empresa ST	94
5.3 Descrição da aplicação na empresa IM	99
5.4 Descrição da aplicação na empresa MA (segunda aplicação)	104
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	109
6.1 Observações sobre a utilização do FaMoSim	109
6.2 Comparações realizadas	114
6.2.1 Comparações entre os objetos de estudo	114
6.2.2 Comparação do FaMoSim com outros <i>frameworks</i>	121
7. CONCLUSÕES	123
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	125
APÊNDICE A – Formulário de coleta de informação	127
APÊNDICE B – Ferramenta plano de ação	129
APÊNDICE C – Guia de conversa	130
APÊNDICE D – Modelos empresa MA (primeira aplicação)	131
APÊNDICE E – Modelos empresa ST	133
APÊNDICE F – Modelos empresa IM	134
APÊNDICE G – Modelos empresa MA (segunda aplicação)	136
APÊNDICE H – Publicações	138

REFERÊNCIAS140

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A simulação a eventos discretos (SED) está entre as principais e mais importantes técnicas de simulação para auxiliar na tomada de decisão, em diversas áreas (Scheidegger *et al.* 2018). Esta técnica permite o estudo de sistemas complexos de forma mais econômica e rápida, quando comparado à experimentação direta em sistemas reais, o que consumiria enormes recursos (Mourtzis, 2020; Sharda e Bury, 2012).

Ivers *et al.* (2016) dizem que as grandes e pequenas empresas podem se beneficiar significativamente por meio da utilização da SED. Isto porque ela pode, por exemplo, auxiliar na compreensão e análise dos sistemas, no aprimoramento das operações e no projeto de mudanças no sistema real com erros menos dispendiosos.

No entanto, embora exista uma vasta e crescente literatura sobre aplicações da SED (Scheidegger *et al.* 2018), a maioria dos estudos realizados refere-se a um contexto de empresas maiores, devido a algumas restrições características de PMEs, mas que também podem ser encontradas em empresas maiores, limitando os estudos de SED nesses contextos (Byrne *et al.* 2021; Ivers *et al.*, 2016; Byrne *et al.*, 2013; Liotta, 2012; O’Kane *et al.*, 2007).

Alguns desafios encontrados na literatura que impedem as empresas industriais de se beneficiarem de estudos de SED são: a complexidade e a duração da aplicação; a disponibilidade e formato de dados para modelagem e simulação; tempo e recursos necessários para criação do modelo computacional; falta de conhecimento e treinamento sobre a técnica; e fatores de custo e experiência na utilização da SED (Byrne *et al.* 2021; Ivers *et al.*, 2016; Byrne *et al.* 2013; Hughes *et al.*, 2012; Liotta, 2012; O’Kane *et al.*, 2007).

Primeiramente, sobre a complexidade da aplicação, pode-se citar a fase de coleta e preparação de dados e o desenvolvimento do modelo de simulação, sendo estes considerados demorados e complexos (Ivers *et al.*, 2016; Byrne *et al.* 2013). Com relação à questão da disponibilidade e formato dos dados, isto é um grande problema para a maioria das PME. Ivers *et al.* (2016) constataram que elas coletam menos dados do que as empresas maiores, levando a uma incapacidade de se envolver com o desenvolvimento de modelos e criação de cenários.

Várias empresas industriais não desejam arcar com sistemas de coleta automatizada de dados, pois não tem interesse devido a cultura da empresa, sendo que uma coleta de dados sofisticada não é uma opção (Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omri *et al.* 2020; Ivers *et al.*,

2016). Da mesma forma, também há limitações quanto a analisar os dados coletados (Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omri *et al.*, 2019; Coleman *et al.*, 2016).

O tempo necessário para executar um projeto de simulação e o conhecimento para tal também representam restrições para algumas empresas. Isto se dá, pois os funcionários são responsáveis por exercerem diversas funções com tempo limitado, e muitas vezes esses mesmos funcionários, segundo Liotta (2012) e Hughes *et al.* (2012), não possuem conhecimento e treinamento sobre a SED. Os recursos limitados também se dão pela falta de capital para investir em *softwares*, mão de obra qualificada ou até mesmo serviços de consultoria (Mittal *et al.* 2018; O'Kane *et al.*, 2007).

Na fase inicial desta pesquisa de doutorado, a pesquisa bibliográfica sobre as dificuldades apresentadas em várias PMEs quanto à aplicação de projetos de simulação foi fundamental para o planejamento de uma solução que pudesse contribuir com este tipo de empresa. Entretanto, percebeu-se que ela não era específica para uso nas PMEs, o que tornou o campo de aplicação desta solução mais abrangente. Isso porque os desafios mencionados nesta seção de introdução, apesar de serem mais facilmente encontrados em PMEs, podem ser também vistos em grandes empresas. Logo, deve-se procurar formas de ampliar estudos de SED nos contextos em que ela não é amplamente utilizada, considerando tempo e recursos necessários para se desenvolver um projeto de simulação.

A maioria dos estudos sobre a SED se dá em seu modo especialista ou tradicional, ou seja, de acordo com Robinson *et al.* (2014), a SED requer modelos complexos e dados detalhados, visando uma análise objetiva, que leve a soluções ótimas ou quase ótimas quando ligada a um módulo de otimização. Porém, uma outra forma de empregar a SED, que ainda não é amplamente utilizada, apresentando poucos estudos, é a simulação a eventos discretos facilitada (Kotiadis e Tako, 2018; Robinson *et al.*, 2014), ou seja, a união entre modelagem facilitada e simulação a eventos discretos.

A SED facilitada, segundo os autores Proudlove *et al.* (2017); Tako e Kotiadis (2015); Robinson *et al.* (2014); Franco e Montibeller (2010), apresenta as seguintes características:

- Reúne os principais *stakeholders* do processo em estudo, desenvolvendo todo o projeto de simulação na presença deles, sendo eles altamente envolvidos no projeto.
- Assume uma perspectiva de que os clientes desejam soluções satisfatórias e não ótimas.

- O modelo de simulação criado deve ser simples e desenvolvido de forma rápida, o qual não é julgado tanto por sua precisão, mas por sua utilidade em gerar uma compreensão e causar um debate sobre a situação problema.
- Possibilita um processo de modelagem altamente iterativo, indo e voltando entre a concepção do modelo conceitual, a codificação do modelo e a criação de cenários no modelo, sendo mais importante ao modelador uma habilidade de gerenciamento desse processo facilitado do que habilidades de modelagem.
- Não requer uma coleta extensa de dados, sendo possível trabalhar com dados estimados pelos *stakeholders*.
- A implementação das soluções geradas é aprimorada pela participação dos *stakeholders* no projeto.

Porém, esta técnica ainda apresenta poucos trabalhos na literatura, sendo restritos, em sua maioria, à área da saúde (Tako *et al.* 2019; Proudlove *et al.*, 2017; Tako e Kotiadis, 2015; Robinson *et al.*, 2014). Logo, a literatura carece de mais aplicações que apresentem uma abordagem facilitada, expandindo esta técnica para outras áreas, visto que ela ainda está em seus estágios iniciais (Tako *et al.* 2019; Kotiadis e Tako, 2018; Proudlove *et al.*, 2017; Tako e Kotiadis, 2015; Robinson *et al.*, 2014).

A SED facilitada constitui-se uma técnica bastante promissora para ser aplicada em contextos que apresentam os desafios citados acima, pois apresenta uma aplicação mais simples e rápida, envolve os principais *stakeholders* no projeto, não requer uma coleta de dados detalhada, e, segundo Robinson *et al.* (2014), leva a melhorias genuínas no mundo real.

Unida a esta questão de se ter uma aplicação mais simples, a adoção de meios de comunicação remota pode auxiliar neste objetivo. As visitas presenciais podem ser substituídas por videoconferências, facilitando a comunicação entre empresa e pesquisador, além de proporcionar uma economia financeira. Deste modo, a questão de utilizar meios remotos para comunicação será algo considerado nesta tese, sendo que diversos autores alegaram que reuniões virtuais se intensificarão nos próximos anos (Standaert *et al.*, 2021a).

1.2 Problema de pesquisa

Como abordado anteriormente, a SED facilitada apresenta um potencial para ser utilizada em empresas industriais que apresentam algumas limitações, visando um aumento de estudos de SED nesse contexto. Outro fator relevante é a utilização de meios de comunicação remota para realização de estudos de SED. Com a adoção desses recursos, os estudos de SED

podem tornar-se economicamente mais vantajosos, pois gastos com deslocamentos são evitados. Da mesma forma, os projetos de SED não ficam limitados geograficamente, sendo possível realizar estudos em diversos lugares. Diante deste contexto, esta tese se propõe a responder a seguinte questão:

- A SED facilitada pode ser utilizada em processos industriais auxiliando os gestores tanto em compreenderem melhor seus processos quanto na tomada de decisão, por meio de reuniões híbridas?

1.3 Objetivos geral e específicos

O objetivo geral deste trabalho é criar e aplicar um *framework* de SED facilitada, que auxilie os gestores tanto em compreenderem melhor seus processos quanto na tomada de decisão, incentivando mais estudos de SED. Este *framework* também será desenhado para aplicações utilizando reuniões híbridas.

Para isto, os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Avaliar a eficácia do *framework* em aplicações práticas.
- Criar um guia detalhado para aplicação do *framework* auxiliando os pesquisadores em simulação, os quais poderão utilizá-lo como base para a condução de estudos futuros na área.
- Propor um procedimento para verificação e validação do modelo conceitual (modelo diagramático).

1.4 Justificativas

Considerando os desafios enfrentados pelas empresas industriais na realização de estudos de SED, este trabalho propõe a utilização da SED facilitada como uma técnica bastante promissora para ser aplicada neste contexto, pois contempla estes desafios. Isto é:

- Os recursos financeiros limitados podem impedir as empresas industriais de adotarem mecanismos para coletar grandes quantidades de dados, como também de contratarem pessoas qualificadas, com conhecimento necessário, para processar e explorar seus dados (Teerasoponpong e Sopadang, 2021). Robinson (2001) relata que a falta de dados precisos não caracteriza um obstáculo para a aplicação da SED, pois ela pode ser utilizada no modo facilitado e promover um aprendizado útil sobre

o problema e auxiliar na busca por possíveis melhorias para o sistema. Dessa forma, empresas que apresentam deficiência na coleta e análise de dados, podem utilizar a SED facilitada para auxílio na tomada de decisão.

- Ivers *et al.* (2016) constaram que as empresas industriais podem ter dificuldade de coletar dados dos processos, levando a uma incapacidade de se envolverem com o desenvolvimento de modelos de simulação e a criação de cenários. Omri *et al.* (2020) defendem que os pesquisadores devem pensar em trabalhar rapidamente com os dados já existentes nas empresas, para fornecer resultados úteis de forma rápida e provar a viabilidade do projeto. Fazendo isto, é possível convencer os gerentes, envolver os trabalhadores e, ao mesmo tempo, introduzir um novo conceito dentro das empresas.
- Sobre a SED ser considerada um processo demorado e complexo, principalmente pela questão da coleta e preparação dos dados e o desenvolvimento do modelo de simulação, o modo facilitado pode contornar essa situação. Além de permitir a utilização de dados estimados pelos *stakeholders*, também defende a utilização de modelos computacionais gerados de forma rápida e simples, sendo úteis em fornecer uma compreensão e causar um debate sobre o problema (Robinson *et al.*, 2014).
- Por reunir os principais *stakeholders* do processo em estudo, desenvolvendo o projeto de simulação na presença deles, isso torna os *stakeholders* mais confiantes na análise realizada, permitindo uma forte apropriação da formulação do problema e das ações a serem realizadas (Franco e Montibeller, 2010). Isso se caracteriza como uma vantagem, principalmente para as empresas que não apresentam conhecimento na aplicação da SED.

Oliveira *et al.* (2022) apresentaram uma revisão dos *frameworks* de SED facilitada e fizeram uma comparação dessas estruturas com algumas características dos contextos nos quais a SED não é amplamente utilizada. Os autores concluíram que nenhum *framework* abordou todos os desafios no uso da SED. Eles também relataram que nenhum *framework* foi aplicado em empresas industriais, mas eram restritos, em sua maioria, à área da saúde. Outra constatação foi que nenhum *framework* ofereceu suporte para os pesquisadores que desejam realizar estudos de SED facilitada de forma remota. Vários autores alegaram que reuniões remotas se intensificarão nos próximos anos (Standaert *et al.*, 2021a). Assim, um *framework* de SED facilitada que considera os desafios das empresas industriais como também aborda a questão

de reuniões híbridas, é de interesse para a literatura da área e contribui para que mais trabalhos de SED sejam realizados.

Sobre esta tese, a intenção não é provar que a SED no modo facilitado é melhor que o modo especialista, nem mesmo para empresas que apresentam os desafios citados anteriormente. A SED especialista ou tradicional pode ser aplicada nestas empresas, porém existem barreiras neste ambiente que dificultam a expansão desta técnica entre elas. Deste modo, o motivo da SED especialista não ser amplamente utilizada por PMEs ou contextos similares, não significa que ela não funciona nestas empresas, e sim que a SED facilitada pode ser mais facilmente adotada nestes ambientes.

Portanto, a proposta não é substituir os métodos de implantação da SED com todos os seus avanços, tecnologias e *softwares* modernos para análise de sistemas e dados. Esses avanços têm o seu lugar. Porém, esta tese propõe fazer com que mais empresas se beneficiem da SED, respeitando suas restrições, sendo um passo para expansão dos estudos de SED em contextos que ela não é amplamente utilizada.

1.5 Contribuições

O *framework* proposto apresenta contribuições para empresas como também para a literatura. Primeiramente, na literatura de SED facilitada, há uma carência de estudos conduzidos em processos industriais, sendo os estudos restritos, em sua maioria, a área da saúde. Não foram localizados durante a pesquisa bibliográfica, publicações mostrando a utilização da SED facilitada em empresas que apresentam as restrições relatadas, com o objetivo de ampliar o estudo de SED. Nem mesmo foi encontrado um *framework* desta técnica considerando este tipo de contexto. As empresas também se beneficiarão com a utilização do *framework*, pois esta ferramenta de gestão auxiliará os gestores na busca por melhorias no processo real.

Sobre a abordagem da aplicação ser realizada utilizando comunicação remota, não foi achado um *framework* de SED facilitada em nenhuma área do conhecimento, caracterizando um ineditismo. Sendo assim, este trabalho se propõe a contribuir com aplicações de SED facilitada utilizando reuniões híbridas em processos industriais.

As etapas do *framework* serão detalhas para que os pesquisadores possam utilizá-lo, colaborando para a expansão de estudos de SED. Com isso, os especialistas em simulação poderão compreender melhor suas etapas e utilizarem em estudos futuros.

Por fim, outra contribuição desta tese é a proposta de um procedimento para verificação e validação do modelo conceitual/diagramático. Este procedimento possui características alinhadas aos desafios desta pesquisa, sendo a verificação e validação etapas realizadas “face a face”. Desta forma, foi necessário propor este procedimento para que ele estivesse alinhado às características do *framework*.

Assim, as vantagens deste *framework* são:

- Não exigirá uma coleta de dados extensa para a sua aplicação, sendo requerido dados ou estimados pelos *stakeholders* ou já coletados pela empresa (dados históricos).
- Facilitará a utilização e o acesso à SED, fazendo com que os gestores das empresas conheçam mais sobre a técnica e sua aplicação.
- As etapas serão criadas para serem simples, de fácil aplicação e entendimento para auxiliar pesquisadores na condução dos estudos de SED facilitada.
- Como uma ferramenta de gestão, auxiliará os gestores na compreensão de seus processos e na busca por melhorias no sistema real.

1.6 Limitações e condições de contorno da pesquisa

Como limitação deste trabalho entende-se que a própria aplicação da SED no modo facilitado representa uma limitação, sendo os resultados gerados indicativos. Ou seja, não ocorrerá uma coleta de dados extensa, uma análise estatística destes dados e uma experimentação com o modelo de simulação objetivando uma resposta ótima/quase ótima. Porém, esta tese visa demonstrar que mesmo um modelo de simulação simples, com dados estimados, pode gerar uma compreensão e discussão em torno de uma situação problema e auxiliar na busca por melhorias no sistema real.

Outra limitação se deve ao método utilizado para estruturar o *framework*, que é a pesquisa-ação. Como acontece com qualquer pesquisa-ação, deve-se ter o cuidado para não generalizar os resultados.

Com relação às condições de contorno da pesquisa, as empresas que participarão do estudo serão aquelas que apresentam processos industriais. Estas empresas também devem apresentar uma estrutura mínima para condução das reuniões híbridas (comunicação remota).

1.7 Estrutura da tese

A presente tese encontra-se estruturada em sete capítulos, da seguinte forma:

- O Capítulo um, já apresentado, mostrou o contexto no qual está inserida a pesquisa, as suas justificativas, destacando a relevância para a área. Foram apresentados também o problema de pesquisa, os objetivos a serem alcançados e as contribuições do trabalho.
- O Capítulo dois aborda a revisão da literatura necessária para a elaboração desta tese, sendo apresentados os temas de SED facilitada, dificuldades que as empresas industriais podem apresentar ao realizarem projetos de simulação e como conduzir reuniões híbridas. Foram utilizados, principalmente, periódicos e artigos de congressos internacionais e livros que são referência na área.
- O Capítulo três discute o método pesquisa-ação (PA), descrevendo suas etapas, o qual foi utilizado para estruturar o *framework* proposto.
- O Capítulo quatro detalha o *framework* proposto nesta tese, o qual foi estruturado seguindo as etapas da PA.
- O Capítulo cinco relata como aconteceram as aplicações do *framework* proposto nos quatro objetos de estudo em três empresas diferentes, sendo que em uma das empresas foram analisados dois objetos de estudo.
- O Capítulo seis apresenta a análise dos resultados obtidos com as aplicações do *framework* proposto, bem como uma comparação entre os objetos de estudo.
- Por fim, o Capítulo sete relata as conclusões da tese e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresentará a fundamentação teórica para elaboração desta tese. Na Seção 2.1 é apresentada algumas dificuldades que as empresas industriais podem apresentar ao realizarem projetos de simulação, pois foi por meio deste levantamento bibliográfico que se originou a proposta desta tese. Na seção 2.2 é abordada a SED, bem como é discutida a modelagem facilitada. Na seção 2.3 apresenta-se os conceitos sobre a SED facilitada e na seção 2.4 é apresentada uma revisão da literatura sobre os *frameworks* de SED facilitada. Por fim, a seção 2.5 apresenta recomendações para condução de reuniões híbridas.

2.1 Dificuldades encontradas pelas empresas industriais na aplicação de projetos de simulação

Na fase inicial deste trabalho de doutorado, com a realização de uma pesquisa bibliográfica, percebeu-se que as PMEs apresentavam algumas restrições para realizarem projetos de simulação. Assim, o objetivo era criar uma solução para PMEs, devido às características destas empresas. Porém, percebeu-se que a solução desenvolvida não era específica para uso nas PMEs, o que tornou o campo de aplicação desta solução mais abrangente. Isso porque os desafios encontrados podem também estar presentes em grandes empresas.

De acordo com a literatura, as PMEs industriais apresentam uma série de desafios que as limitam na adoção de novas tecnologias, dentre elas a aplicação da Simulação a eventos discretos (SED). Após uma análise da literatura, pôde-se compreender os principais desafios dessas empresas, mas que também podem ser encontrados nas grandes empresas industriais. Portanto, estes desafios foram agrupados em três *clusters* (recursos financeiros, coleta de dados e complexidade da aplicação) e serão apresentados a seguir.

a) Recursos financeiros

Uma das características mais importantes de qualquer empresa é a disponibilidade de recursos financeiros. Qualquer empresa industrial é limitada financeiramente e, no caso das PMEs, é amplamente constatado na literatura que elas são limitadas financeiramente e isso constitui um obstáculo ao seu crescimento (Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omar e Morales, 2021; Omri *et al.*, 2020; Mittal *et al.*, 2018; Cruz e Mesquita, 2018; Coleman *et al.* 2016; Ivers *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2012; Liotta, 2012; O'Kane *et al.*, 2007).

Com relação à utilização da SED, Ivers *et al.* (2016) alegam que a fase que necessita de mais recursos financeiros é a de coleta e preparação de dados, sendo essa a principal dificuldade das empresas industriais na adoção da SED. Segundo Teerasoponpong e Sopadang (2021), a falta de recursos financeiros pode impedir as empresas de adotarem mecanismos para coletar grandes quantidades de dados, como também de contratarem pessoas qualificadas, com conhecimento necessário, para processar e explorar seus dados.

b) Coleta de dados

Como já foi abordado acima, a questão da coleta de dados pode ser uma limitação no emprego de novas tecnologias, principalmente no caso de PMEs. Os problemas reportados na literatura sobre a deficiência de dados nas empresas industriais são: baixo volume de dados coletados (Omri *et al.* 2020; Ivers *et al.*, 2016) ou até mesmo dados operacionais não disponíveis (Omri *et al.*, 2019; Byrne *et al.*, 2013); ocorrência de dados faltantes ou incompletos (Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omri *et al.*, 2020; Coleman *et al.*, 2016), pois os dados, geralmente, podem não ser digitalizados, sendo operados manualmente pelos colaboradores (Omri *et al.*, 2019). Desta forma, Ivers *et al.* (2016) constataram que, devido à deficiência de dados, isso leva a uma incapacidade das empresas industriais de se envolverem com o desenvolvimento de modelos de simulação e a criação de cenários.

No caso das PMEs, Omri *et al.* (2019) notaram que as informações do processo de fabricação não são documentadas, sendo mantidas na mente do gerente e dos trabalhadores-chave. Omri *et al.* (2020) defendem que os pesquisadores devem pensar em trabalhar rapidamente com os dados já existentes nas empresas, para fornecer resultados úteis de forma rápida e provar a viabilidade do projeto. Fazendo isto, é possível convencer os gerentes, envolver os trabalhadores e, ao mesmo tempo, introduzir um novo conceito nestes contextos.

c) Complexidade da aplicação

A falta de conhecimento sobre a aplicação da SED gera uma subestimação das vantagens que podem ser obtidas com a sua utilização (Byrne *et al.*, 2021; Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omar e Morales, 2021; Omri *et al.*, 2020; Ivers *et al.*, 2016; Liotta, 2012; O'Kane *et al.*, 2007). Hvolby *et al.* (2012) constataram que as empresas industriais hesitam em utilizar a simulação, porque elas consideram o processo demorado e complexo. É entendido na literatura que a complexidade da aplicação da SED está relacionada às fases de coleta e preparação de dados e o desenvolvimento do modelo de simulação, sendo estes considerados demorados e complexos (Ivers *et al.*, 2016; Byrne *et al.* 2013).

Moeuf *et al.* (2017) constataram que, geralmente, os modelos de simulação são desenvolvidos por pesquisadores, e não por pessoas internas às empresas, sendo que elas carecem de especialistas nesta área dentro de suas organizações, e que este conhecimento deveria ser mais acessível. Byrne *et al.* (2021) fazem um apelo à comunidade científica da SED, incluindo profissionais, acadêmicos e fornecedores de *software*, em apoio às PMEs para que mais estudos sejam desenvolvidos nestas empresas, e que elas tenham mais acesso a este conhecimento. Na literatura sobre os *frameworks* utilizados para aplicar a SED, vê-se, em sua maioria, etapas genéricas, não detalhadas, ficando limitados ao entendimento dos pesquisadores e consultores. Portanto, deve-se buscar pela simplificação, adaptação e detalhamento das etapas da aplicação da SED.

Sendo assim, estes desafios apresentados representam uma barreira para que mais estudos de SED sejam desenvolvidos, principalmente quando se trata de PMEs (Byrne *et al.* 2021; Ivers *et al.*, 2016). Logo, deve-se procurar formas de ampliar estudos de SED em contextos que ela não é amplamente utilizada, sendo algo que não exija altos investimentos; que utilize os dados já existentes; e que não seja algo demorado e nem complexo, mas fácil de usar e de entender.

2.2 Simulação a eventos discretos (SED)

2.2.1 Introdução a SED

A Simulação a eventos discretos é uma técnica que surgiu entre as décadas de 1950 e 1960, apresentando as primeiras publicações em meados da década de 1970 (Scheidegger *et al.*, 2018). Segundo os mesmos autores, como resultado de sua análise bibliométrica sobre o tema, a SED é o tópico mais popular, com o maior número de publicações desde 1970, quando comparado com as outras duas técnicas mais importantes de simulação, *system dynamics* (SD) e *agent-based simulation* (ABS).

Em seu artigo sobre a evolução da SED, Sargent (2017) expõe que desde a década de 1950 até 1980, a simulação carecia de respeito científico, pois era vista como um último recurso para auxiliar na resolução de problemas. De acordo com o mesmo autor, no decorrer dos anos de 1960 até 1990, a simulação foi evoluindo, algo que ajudou a remover sua imagem negativa, iniciando um crescente respeito científico por ela. Atualmente, a simulação apresenta um respeito científico considerável, pois é um dos métodos de solução de problemas mais utilizados (Sargent, 2017).

Robinson (2005) diz que o progresso da simulação, em sua maior parte, está alinhado com a evolução da computação. Ou seja, com a proliferação de *software* de simulação e os constantes desenvolvimentos em computação, a simulação foi certamente tirando vantagem destas evoluções. Ainda de acordo com o autor, a partir de 1990, a simulação apresentou um período de evolução contínua, sendo marcada por mudanças constantes, como o desenvolvimento de modelagem visual interativa, realidade virtual, otimização da simulação, integração com outros *softwares* e a simulação no setor de serviços. Para Sargent (2017), as novas tecnologias de computador, métodos de solução baseado na ciência e novos *softwares* continuarão a ser desenvolvidos, resultando, assim, na evolução contínua da simulação.

Conforme Banks *et al.* (2013), a SED é a imitação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo. Ela envolve a geração de um ambiente artificial de um sistema real e a observação desse ambiente com o objetivo de fazer inferências a respeito das características operacionais desse sistema. Ainda segundo os mesmos autores, o comportamento do sistema real, ao longo do tempo, é estudado por meio de um modelo de simulação. Este modelo, após desenvolvido e validado, é utilizado para investigar uma extensa variedade de perguntas do tipo "e se" sobre o processo em estudo. Logo, as mudanças potenciais no sistema são simuladas, com o objetivo de prever seu impacto no desempenho do processo real. Esta técnica também pode ser empregada para estudar sistemas na fase de projeto, antes deles serem construídos de fato.

Nos últimos anos, a simulação computacional tem sido destacada como uma ferramenta essencial para apoiar a tomada de decisões (Mourtzis, 2020). Scheidegger *et al.* (2018) afirmam que a SED é uma técnica relacionada à modelagem de sistemas, representados por uma série de eventos discretos, tendo entidades fluindo através deles. Para reforçar, Carson II (2005) diz que o modelo de simulação é a representação do processo real, incorporando o tempo e as alterações que ocorrem ao longo do tempo. Portanto, um modelo à eventos discretos é aquele cujo estado é alterado apenas em momentos discretos e não continuamente. Ainda para o mesmo autor, quase todos os modelos de SED são estocásticos, contendo alguns componentes (ex. tempos entre chegadas ou tempo de atividades) que são modelados seguindo uma distribuição estatística.

A utilização da SED e sua popularização se dá pelo fato de que muitos sistemas do mundo real são complexos, apresentando muitas interações entre as variáveis, sendo impossível os problemas serem resolvidos matematicamente. Logo, a simulação pode ser usada para imitar

o comportamento do sistema real ao longo do tempo, e os dados gerados pelo modelo de simulação são utilizados para estimar as medidas de desempenho do sistema (Banks *et al.*, 2013).

De acordo com Robinson (2008b), os modelos de simulação podem ser criados em termos de quatro tipos de componentes, sendo eles: entidades, atividades, filas (estoques) e recursos. Carson II (2005) e Banks *et al.* (2013) também relatam estes componentes e acrescentam mais um, os atributos. A seguir, vê-se a uma breve descrição destes componentes.

- Entidades: objetos ou pessoas que serão processados em um sistema, os quais requerem uma representação clara no modelo. Exemplo: peças em uma fábrica, clientes em um serviço de atendimento, documentos ou informações em um processo de negócio.
- Atributo: alguma propriedade de uma determinada entidade que a distingue das demais. Exemplo: a prioridade de um cliente em uma fila de espera.
- Atividades: uma duração de tempo especificado de um serviço ou tarefa, que é conhecido quando se inicia. Esses tempos podem ser definidos seguindo uma distribuição estatística. Como exemplo, têm-se: máquinas ou operações e balcões de atendimento.
- Filas: são áreas de espera onde as entidades aguardam para serem processadas ou atendidas e, então, continuar seu percurso no sistema.
- Recursos: se trata de equipamentos ou pessoas que precisam estar disponíveis para apoiar alguma outra atividade.

Com relação às áreas de aplicação, Karnon *et al.* (2012) dizem que a SED foi desenvolvida para as áreas de Pesquisa Operacional e Engenharia Industrial, com o objetivo de analisar e melhorar os processos industriais e de negócios. Porém, Jahangirian *et al.* (2010) relatam que a SED também foi sendo aplicada em diversas áreas desde a sua criação, como manufatura, serviços, defesa, saúde e serviços públicos. Scheidegger *et al.* (2018) citam as principais áreas de aplicação da SED, de acordo com o número de artigos publicados, que são: Engenharia, Ciência (da Computação, da decisão, de materiais, terrestres e planetárias e sociais), Matemática, Gestão de negócios e contabilidade, Física e astronomia.

De acordo com Robinson (2001), a SED é normalmente vista como uma técnica “*hard*” da Pesquisa Operacional (PO). Deste modo, a suposição por trás disto é que a simulação deve

sempre ser algo bastante representativo do sistema real e requerer uma grande quantidade de dados precisos. Para Robinson *et al.* (2014) a SED, dentro de um paradigma “*hard*”, está ligada à modelos complexos, requer dados detalhados e visa fornecer uma análise objetiva que leve a soluções ótimas ou boas.

Para Jackson (1999) houve um ataque durante as décadas de 1970 e 1980 ao pensamento sistêmico “*hard*”, com o objetivo de estabelecer um espaço para uma versão alternativa: o pensamento sistêmico “*soft*”. Checkland e Holwell (2004) fornecem uma definição sobre a diferença do pensamento “*hard*” e “*soft*”. A variedade “*hard*”, como visto na PO clássica, é apropriada para situações problemáticas bem definidas, que apresenta objetivos bem definidos, e as questões abordadas dizem respeito à melhor forma de projetar um sistema, visando, por exemplo, a maximização da produção de um determinado processo. Já a abordagem “*soft*” é adequada em situações problemáticas confusas, sendo caracterizada por objetivos vagos e múltiplos pontos de vista conflitantes (Checkland e Holwell, 2004).

Dentro deste contexto, sendo a SED vista como uma técnica “*hard*” da PO, Robinson (2001) possivelmente é o primeiro exemplo na literatura que utiliza a SED com características de uma intervenção de PO “*soft*” (Robinson *et al.*, 2014). Em seu trabalho, Robinson (2001) começa utilizando a SED em seu modo tradicional ou especialista (“*hard*”). Porém, devido à falta de dados de boa qualidade, a simulação não pôde ser empregada para realizar uma análise objetiva.

Deste modo, Robinson (2001) insere essa discussão de que a SED também pode ser utilizada para apoiar intervenções de PO “*soft*”. Ou seja, tendo como papel principal fornecer uma compreensão de uma situação problema, utilizando um modelo não preciso, mas útil para informar o processo de investigação. Ainda de acordo com o mesmo autor, o motivo da divergência sobre o que foi realizado em seu trabalho comparado com a SED tradicional, foi a falta de dados precisos. Assim, isto impossibilitou a validação do modelo e, conseqüentemente, a confiança nele como representação precisa de parte da realidade.

Logo, a SED, sendo uma técnica e não uma metodologia, pode cruzar paradigmas. Isto é, uma técnica ou método não pode ser descrita como pertencente a um paradigma particular, podendo ser empregada dentro de qualquer um deles, mesmo que a sua natureza tenda a apoiar predominantemente um ou outro paradigma (Robinson, 2001).

2.2.2 Modelagem facilitada

Unido à essa questão de PO “*hard*” e “*soft*”, pode-se citar a modelagem facilitada, que é um termo da PO que se encaixa na definição e características dos métodos de PO “*soft*” (Franco e Montibeller, 2010). Assim, Franco e Montibeller (2010) fornecem uma definição para a condução de intervenções de PO. Isto é, segundo os autores, a maneira mais comum e tradicional de conduzir estudos de PO é por meio do modo especialista (“*hard*”), sendo que o problema enfrentado pelo cliente é confiado a um consultor de PO, o qual cria um modelo de situação, resolve este modelo para chegar a uma solução ótima (ou quase ótima) e, logo após, fornece uma recomendação para o cliente com base no resultado obtido.

Porém, o modo especialista pode não ser o mais adequado em determinadas situações, nas quais, por exemplo: há falta de acordo sobre a situação problemática; existência de diversos *stakeholders* com perspectivas, objetivos, valores e interesses distintos e, até mesmo, conflitantes; e quando há necessidade de considerar se as soluções derivadas da análise são, além de desejáveis, também viáveis para a empresa (Franco e Montibeller, 2010).

Sendo assim, a modelagem facilitada é uma ferramenta que vem se desenvolvendo desde 1980 como uma alternativa para condução de estudos de PO, sendo a intervenção realizada em conjunto com o cliente: desde a estruturação e definição do problema de interesse, até a avaliação de prioridades e desenvolvimento de planos de ação para implementação subsequente (Franco e Montibeller, 2010). Esta abordagem ajuda os *stakeholders* a ganharem confiança no modelo e em seus resultados, sendo eles participantes do processo de modelagem (Harper *et al.*, 2021).

Logo, a orientação principal da modelagem facilitada é auxiliar um grupo de *stakeholders* a concordar com a natureza de um problema que eles estão enfrentando, como também em um plano de ação viável para lidar com essa situação, sendo um processo participativo (Franco e Montibeller, 2010). Ainda segundo os mesmos autores, este processo continua até que a situação do problema seja satisfatoriamente estruturada e analisada, fazendo com que o grupo se sinta suficientemente confiante para assumir compromissos e implementar as ações.

A modelagem facilitada é normalmente estruturada em fases de trabalho em grupo (*workshops*). Conforme Eden e Ackermann (2004), um *workshop* facilitado tem como o objetivo fornecer abertura para os *stakeholders* compartilharem suas ideias e, se possível, mudá-las, gerando novas maneiras de compreender o que está sendo analisado. No processo de

modelagem facilitada há o facilitador, o qual dá suporte para o grupo durante o processo facilitado, permitindo que os participantes sejam ouvidos e conduzindo-os em direção a ações acordadas (Hengst *et al.*, 2007). Há também o modelador que gera o modelo e faz as análises de acordo com os desejos dos *stakeholders*. Essas duas funções podem ser feitas pela mesma pessoa (Franco e Greiffenhagen, 2018).

Com relação à natureza dos modelos facilitadores, eles são vistos como um instrumento facilitador de aprendizagem, o qual aumenta o entendimento dos *stakeholders* sobre a situação e apoia a negociação de cursos de ação viáveis para a empresa (Franco e Montibeller, 2010). De acordo com Harper *et al.* (2021), uma vantagem da modelagem facilitada é que ela pode ser utilizada em métodos de PO “*hard*”, a qual, ao ser empregada dessa forma, auxilia na validação do modelo em todo o seu desenvolvimento e uso, e cultiva a confiança no estudo de simulação.

Vários autores reconhecem que a SED apresenta um grande potencial para ser utilizada no modo facilitado e mais trabalhos deveriam ser realizados sobre este tema (Robinson, 2001; 2002; 2005; Hengst *et al.*, 2007; Robinson *et al.* 2012; Robinson *et al.* 2014; Pessôa *et al.* 2015; Tako e Kotiadis, 2015; Proudlove *et al.* 2017; Kotiadis e Tako, 2018; Harper *et al.* 2021). Robinson (2020), em seu trabalho de revisão de literatura sobre modelagem conceitual, mostra que o uso da PO “*soft*” como base para determinar um modelo conceitual de simulação é um tema de estudo que tem se tornado frequente.

2.3 Simulação a eventos discretos facilitada

Segundo Robinson *et al.* (2014), desde a década passada, há um interesse em unir a SED com a modelagem facilitada. Ainda segundo os autores, a ideia por trás disso é justamente se afastar do modo tradicional ou especialista do uso da simulação, caracterizado pela concentração da maior parte do trabalho nas mãos do modelador. Para Kotiadis e Tako (2018), a SED facilitada oferece um modo alternativo de engajamento com o cliente, envolvendo no estudo de simulação um grupo de *stakeholders*.

Tako *et al.* (2019) dizem que a pesquisa sobre SED facilitada está ganhando impulso, sendo apresentado na literatura, por vários pesquisadores, a construção e o uso de modelos de SED facilitada. Os autores definem esta abordagem como a participação de um grupo de *stakeholders* em *workshops* facilitados (reuniões em grupo), sendo o facilitador o condutor do processo, que é composto por atividades planejadas de: definição do problema; validação do modelo; consideração das descobertas do modelo; e identificação de possíveis soluções, que levem a melhorias no sistema real.

Conforme Kotiadis e Tako (2018), na SED facilitada o objetivo é que o modelo de simulação seja usado em um *workshop*, juntamente com os *stakeholders*, para possibilitar uma análise subjetiva da situação, buscando por soluções desejáveis e viáveis, considerando as restrições do contexto da aplicação. Robinson *et al.* (2014) argumentam que esse envolvimento mais profundo do cliente no trabalho de simulação apresenta vantagens como: melhora o fluxo de informações entre *stakeholder* e modelador; leva a uma melhor qualidade do modelo e aumenta as chances de se ter um resultado bem-sucedido; aumenta a credibilidade do trabalho e, conseqüentemente, a probabilidade de que os resultados sejam implementados.

Portanto, o objetivo da SED facilitada é desenvolver uma compreensão/ aprendizado, gerando um debate sobre a situação do problema, utilizando um modelo rápido que pode ser descartado no final da intervenção (Robinson *et al.*, 2014). Assim, o modelo é julgado não tanto por sua precisão, mas por sua utilidade em promover este debate e gerar uma compreensão do problema enfrentado. Sobre o processo de modelagem, ele é altamente iterativo, podendo ir e voltar entre as fases (conceitualização do modelo e a codificação), sendo o modelador responsável pela modelagem e gerenciamento desse processo facilitado (Robinson *et al.*, 2014).

Algumas características da SED facilitada podem ser vistas no Quadro 1. Este quadro também apresentará estas características comparadas com o que foi levantado sobre as dificuldades encontradas pelas empresas industriais na aplicação de projetos de simulação na seção 2.1 desta tese.

Quadro 1 – Comparação das características da SED facilitada com as dificuldades das empresas industriais

SED facilitada	Limitações das empresas	Referências
Abordagem participativa. Inclui o cliente em toda a intervenção de simulação, fazendo com que a troca de conhecimento seja direta, haja ganho de confiança por parte dos clientes na utilização desta técnica, ganho de conhecimento sobre a aplicação e a implementação das soluções é aprimorada pela participação deles no projeto	Isto fará com que os gestores tenham conhecimento sobre a SED, mesmo no seu modo facilitado, gerando uma maior aceitação da técnica. Isso se justifica, pois a falta de conhecimento sobre a aplicação da SED gera uma subestimação das vantagens que podem ser obtidas com a sua utilização. Esta abordagem participativa também facilita o fluxo de informação sobre o processo, principalmente para as empresas que apresentam deficiência de dados ou que apresentam essas informações mantidas na mente do gerente e dos trabalhadores-chave; por fim, facilita também a implementação dos resultados pela confiança na análise, devido a participação ativa.	Byrne <i>et al.</i> , 2021; Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Harper <i>et al.</i> , 2021 Omri <i>et al.</i> , 2019; Ivers <i>et al.</i> , 2016.
Não requer uma coleta de dados detalhada, sendo possível trabalhar com estimativas fornecidas pelos <i>stakeholders</i>	A questão da coleta de dados pode ser uma limitação na adoção da SED, a qual utiliza uma grande quantidade de dados para construção dos modelos computacionais. Considerando as empresas que apresentam deficiência de dados, utilizar estimativas ou os dados já existentes se torna um atrativo para o emprego da SED	Robinson, 2001; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Omri <i>et al.</i> 2020; Teerasoponpong e Sopadang, 2021
Utiliza um modelo criado de forma rápida, o qual não é julgado tanto por sua precisão, mas por sua utilidade em gerar uma compreensão/aprendizado do sistema, causando um debate sobre a situação problema	Esta característica pode amenizar a visão das empresas que consideram a SED um processo demorado e complexo devido às fases de coleta e preparação de dados e o desenvolvimento do modelo de simulação. Assim, isto pode gerar a sensação de menor complexidade na aplicação.	Hvolby <i>et al.</i> , 2012; Robinson, 2001; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Ivers <i>et al.</i> , 2016
Fornecer soluções satisfatórias aos clientes e não ótimas	Isto é aceitável para as empresas que apresentam restrições financeiras, sendo necessário considerar não só se uma solução é desejável, mas também se é viável	Robinson <i>et al.</i> , 2014; Franco e Montibeller, 2010; Mittal <i>et al.</i> , 2018
É uma ferramenta que auxilia os gestores na tomada de decisão	É amplamente constatado na literatura que utilizar uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão é de grande valor para as empresas, principalmente para aquelas que tomam suas decisões baseadas, principalmente, na “intuição” ou na experiência do gerente	Scheidegger <i>et al.</i> 2018; Mittal <i>et al.</i> , 2018; Mourtzis, 2020; Teerasoponpong e Sopadang, 2021

Fonte: própria autoria.

Segundo Robinson *et al.* (2014), um dos primeiros exemplos de simulação sendo usada no modo facilitado é retratado no trabalho de Robinson (2001). O autor usou o modelo computacional para entender o funcionamento do processo, discutir possíveis melhorias e as ideias geradas foram testadas neste modelo, a fim de obter um indicativo se elas apresentavam um potencial de melhoria no sistema. Ao iniciar a modelagem no modo especialista, o autor percebeu que, devido à falta de dados precisos, a simulação não poderia ser empregada para

uma análise objetiva, pois o modelo era impossível de ser validado, não sendo confiável como uma representação precisa de parte da realidade (Robinson, 2001). Como conclusão, o autor disse que a falta de dados precisos não caracterizou um obstáculo para a aplicação da SED, pois, devido este impedimento, ela foi empregada no modo facilitado.

Outra questão sobre a SED facilitada é o fato dela ser bastante difundida na área da saúde, apresentando várias aplicações na literatura dentro deste contexto. Assim, foi realizada uma revisão da literatura sobre este tema, a qual será apresentada em mais detalhes no tópico abaixo.

2.4 Revisão da literatura de SED facilitada

Foi feita uma revisão da literatura sobre a SED facilitada, objetivando saber como ela é aplicada, qual o contexto de aplicação, quais foram os resultados obtidos e recomendações. Para realizar essa busca, foram selecionadas as seguintes bases de dados: *Scopus*; *Science Direct*; *Web of Science*.

As palavras-chave utilizadas foram: "*Discrete event simulation*" e "*Facilitated modelling*"; "*Facilitation*"; "*Facilitated simulation modelling*". Em cada pesquisa, foram incluídos também os critérios: os termos deveriam estar presentes no título, resumo e palavras chave do artigo; considerou-se trabalhos a partir de 2001, visto que o exemplo mais antigo relatados na literatura sobre SED facilitada foi publicado naquele ano (Robinson, 2001; Robinson *et al.*, 2014), e também foi considerado como data final outubro de 2021; artigos completos publicados em revistas científicas ou anais de congressos revisados por pares; apenas artigos escritos na língua inglesa.

Com a aplicação destes critérios, foram encontrados 18 artigos, descontando as redundâncias. Em seguida, ocorreu a etapa de triagem com estes artigos, sendo lidos resumos, objetivos, métodos e resultados dos 18 artigos, a fim de selecionar aqueles que mais se enquadravam aos objetivos da revisão. Sendo assim, 12 artigos foram considerados para leitura na íntegra.

Ao se analisar o número de publicações em revistas científicas e anais de congressos, vê-se que este tema mantém um certo equilíbrio, sendo 58% artigos publicados em revistas científicas e os demais em congressos. A Tabela 1 mostra as fontes de publicação para este tema. Já a Tabela 2 mostra os principais autores e o número de artigos publicados por eles.

Outra informação é que praticamente 100% dos autores estão no Reino Unido, sendo Loughborough *University*, a principal universidade que pesquisa sobre este tema.

Tabela 1 – Fontes de publicação

	Fontes de publicação	Número de publicações
Revista	<i>European Journal of Operational Research</i>	5
	<i>Journal of the Operational Research Society</i>	2
Congresso	<i>Operational Research Society Simulation Workshop</i>	3
	<i>Winter Simulation Conference</i>	2

Fonte: própria autoria.

Tabela 2 – Principais autores

Principais autores	Número de publicações
Antuela A. Tako	8
Kathy Kotiadis	6
Stewart Robinson	5
Zoe Radnor	4
Anastasia Gogi	2
Cheryl Davenport	2
Nicola Burgess	2
Claire Worthington	2

Fonte: própria autoria.

Também foi constatado que ainda são publicados poucos artigos sobre o assunto, apesar de apresentar um crescimento com o passar dos anos. Conclui-se, então, ser este um tema que ainda está na sua infância, e mais trabalhos nesta área são necessários para seu desenvolvimento.

Com relação à aplicação da SED facilitada, os artigos foram lidos objetivando encontrar alguma estrutura que guiasse as intervenções. A seguir serão apresentados como os trabalhos de SED facilitada foram conduzidos, mostrando juntamente o contexto da aplicação, os resultados obtidos e recomendações.

a) Robinson (2001)

Como já foi dito, Robinson (2001) é o exemplo mais antigo que emprega a SED no modo facilitado. Essa intervenção ocorreu em um serviço de suporte ao usuário (*helpline*) de uma universidade, sendo o principal problema a má reputação do processo, o qual apresentava um tempo médio alto de resposta às requisições dos usuários. As etapas relatadas neste trabalho foram: definição do problema; definição do objetivo; modelagem conceitual; desenvolvimento do modelo computacional; verificação; validação; facilitação; resultados e recomendações; e implementação.

Na etapa de definição do problema, os principais envolvidos no processo se reuniram e discutiram a questão atual que estavam enfrentando, e, então, entenderam que a SED poderia ajudá-los a melhorarem o nível do serviço prestado. Assim, foi formada uma equipe de projeto

composta pelo modelador/facilitador, o gerente do processo e dois membros da equipe de suporte ao usuário, totalizando quatro pessoas. Em seguida, o objetivo foi determinado.

Na etapa de modelagem conceitual, objetivou-se desenvolver um entendimento compartilhado de como o processo de *helpline* funcionava. O facilitador comandou a reunião, na qual o mapa de processo foi desenvolvido. Após a finalização do mapa de processo, a discussão centrou-se na disponibilidade de dados. Como nem todos os dados necessários estavam disponíveis, a equipe de suporte ao usuário foi solicitada a estimar os valores médios para esses dados. Foram utilizadas as distribuições triangular e lognormal.

A etapa seguinte caracterizou-se pelo desenvolvimento do modelo computacional pelo modelador, utilizando o *software Witness Simulation*. A verificação do modelo foi realizada continuamente ao longo da sua codificação. A validação do modelo computacional foi realizada de duas formas: validação face a face e validação *black-box*. Na primeira, o modelo foi demonstrado à equipe de projeto em várias etapas durante o seu desenvolvimento. Já a validação *black-box* foi realizada comparando os resultados do modelo computacional com os dados gerados pelo banco de dados de suporte ao usuário.

Na etapa de facilitação, o modelo computacional foi usado para auxiliar uma discussão sobre como o processo poderia ser melhorado. Uma reunião com a equipe de projeto foi agendada, sendo que o facilitador fazia alterações no modelo conforme sugerido pela equipe, e assim os participantes procuravam por opções que levassem a melhorias. Os resultados dessas simulações eram debatidos com relação a sua validade e conciliados com o entendimento da equipe sobre o processo de *helpline*.

Como resultado dessa etapa de facilitação, ocorreu a fase de resultados e recomendações. Portanto, dois resultados chave e cinco recomendações para o sistema emergiram dessas discussões. Finalmente, na fase de implementação, quatro das cinco recomendações foram implementadas no sistema. O autor também relata que mais mudanças ocorreram no processo, embora não diretamente identificadas durante o trabalho de modelagem, devido aos *insights* fornecidos pela aplicação da SED facilitada.

No entanto, Robinson (2001), além de fornecer um primeiro exemplo sobre a SED facilitada e seus resultados, fez algumas considerações importantes. Ele destacou que o uso da simulação no modo facilitado foi possível devido à utilização de um modelo relativamente pequeno e flexível e que a falta de dados precisos não caracterizou um obstáculo para a SED. Após alguns anos, Robinson e outros autores aprofundaram seus estudos sobre a SED facilitada

e desenvolveram a abordagem SimLean (Robinson *et al.* 2012; Robinson *et al.* 2014), a qual será descrita a seguir.

b) Robinson *et al.* (2012)

Robinson *et al.* (2012) elaboraram o SimLean, o qual é uma abordagem que une a SED e os princípios *Lean*, focando no aprimoramento do serviço de saúde (*healthcare*). Os papéis da SED unida com o *Lean*, identificados pelos autores, foram: educar (SimLean *Educate*), envolver/facilitar (SimLean *Facilitate*) e experimentar/avaliar (SimLean *Evaluate*). Essas funções correspondem, aproximadamente, às atividades que ocorreriam antes, durante e depois de um evento *lean*.

Como o foco é a SED facilitada, foi abordado o SimLean *Facilitate*, sendo a SED usada para transformar o mapa de processo em um modelo computacional. Isso ocorreu durante um evento *lean*, por meio do rápido desenvolvimento de um modelo simples de SED a partir do mapa de processo. Este modelo seria utilizado para entender melhor a dinâmica do sistema, envolvendo os *stakeholders*, e também para facilitar a exploração de ideias alternativas, a fim de identificar potenciais melhorias no sistema real.

Como exemplo de aplicação, os envolvidos participaram de um *workshop* em um hospital com um time de *stakeholders*. No primeiro dia do *workshop* os participantes geraram o mapa do processo. Este mapa foi convertido rapidamente em um modelo computacional, usando o *software* SIMUL8, durante o intervalo entre um *workshop* e outro. A simulação foi demonstrada durante o segundo dia do *workshop* e usada para explorar algumas ideias alternativas (cenários) para o processo.

Para que fosse possível a criação de um modelo computacional tão rapidamente, os autores destacaram a necessidade de um modelo simplificado e de ferramentas que permitam uma modelagem rápida. Portanto, uma recomendação importante foi restringir os detalhes modelados a um nível mais simples, limitando, assim, os requisitos de dados. Para a modelagem, os autores pediram apenas dados aproximados. Como resultado das simplificações do modelo computacional, ele apresentou uma fidelidade relativamente baixa, porém forneceu informações e uma compreensão do processo estudado, além daquela fornecida pelo mapa de processo, o qual é estático. Outra recomendação dos autores foi a busca por ferramentas que permitissem a geração automática de modelos de simulação a partir de mapas de processo.

c) **Robinson et al. (2014)**

No trabalho de Robinson *et al.* (2014) os autores descreveram com mais detalhes uma intervenção SimLean *Facilitate*, como exemplo da SED facilitada. A aplicação se deu no evento *lean* de melhoria em um hospital escola. Foram realizados dois *workshops* (segunda e quarta-feira) na mesma semana, durante o dia todo. O time do hospital era composto por sete pessoas e o time de simulação, por três.

Antes do primeiro *workshop*, o time de simulação se reuniu com dois *stakeholders* para aprender mais sobre o contexto do estudo, realizar um esboço de como seria o evento *lean*, e também para a equipe do hospital aprender como a simulação seria usada durante o *workshop*. No primeiro *workshop*, na parte da manhã, foram discutidos os problemas enfrentados pela equipe com o processo atual; ocorreu uma visita ao ambiente real e também uma breve introdução à simulação.

Na parte da tarde, os participantes do *workshop* discutiram suas descobertas e então passaram a mapear o processo. Com a finalização do mapa de processo, foi solicitado aos participantes que estimassem os tempos mínimo, modal e máximo para cada uma das atividades principais, incluindo o tempo gasto em filas. Esses tempos de atividade foram usados como dados de entradas no modelo computacional. E assim foi finalizado o primeiro dia. Entre os dias dos dois *workshops*, o modelador desenvolveu o modelo computacional utilizando o *software* SIMUL8.

No segundo dia de *workshop*, a reunião foi iniciada com uma recapitulação do que ocorreu no anterior, seguido pela apresentação do modelo computacional aos participantes. Assim, a discussão em torno do modelo passou por quatro fases como segue: compreensão do modelo; validação face a face; escopo do problema (o que está causando o problema); melhoria (o que pode ser feito para melhorar a situação). Nesta fase, os autores alertaram que as melhorias só poderiam ser vistas como uma mudança indicativa e não como um resultado preciso.

Como conclusão da aplicação, os autores perceberam como um simples modelo computacional pôde ajudar os *stakeholders* a visualizarem o processo como um todo. Isto permitiu-lhes identificar questões que antes permaneciam ocultas, pois normalmente cada participante estava envolvido no detalhe apenas de sua parte no processo. Além disso, gerou uma compreensão e uma discussão sobre a situação problemática e levou a uma melhoria real.

d) Kotiadis *et al.* (2014); Kotiadis e Tako (2016; 2018; 2021); Tako e Kotiadis (2015; 2018)

Dentre os 12 artigos analisados, seis deles pertencem às autoras Antuela A. Tako e Kathy Kotiadis, relacionado diretamente ao *framework* PartiSim (Simulação Participativa). Na literatura encontrada, este *framework* caracteriza-se, até o momento, como o mais estruturado sobre SED facilitada, pois oferece orientação suficiente para modeladores novatos (Tako e Kotiadis, 2015).

Em sua elaboração, Tako e Kotiadis (2015) dizem que ele combina a SED com *soft systems methodology* (SSM) para incorporar o envolvimento dos *stakeholders* no ciclo de vida do estudo, tudo isso adaptado para atender aos objetivos da SED facilitada. O PartiSim é composto por seis estágios principais (1, 2, 3, 4, 5 e 6) e cinco sub-estágios (1a, 2a, 3a, 4a e 5a), o qual foi desenvolvido e testado em organizações de saúde (Tako e Kotiadis, 2018). De acordo com Kotiadis e Tako (2021), o PartiSim foi desenvolvido a mais de 10 anos atrás, e é composto por ferramentas, manuais e um guia para usuário para auxiliar na aplicação. O Quadro 2 mostra a estrutura PartiSim.

Quadro 2 – PartiSim *framework*

Estágio e propósito	Atividades	Ferramentas	Saídas
1. Iniciar estudo <u>Propósito:</u> Identifique a equipe das partes interessadas Identifique as principais situações problemáticas	A equipe de modelagem empreende: - Reuniões informais e / ou - Observações no local e / ou - Entrevistas individuais - Com o campeão do projeto e as principais partes interessadas, para atender às necessidades de informações preliminares	- Viabilidade da modelagem de simulação e seu roteiro de uso - Ferramenta de situação de interesse com manual - Ferramenta de registro de observações com manual - Roteiro de banco de perguntas - Ferramenta de detalhes das partes interessadas com manual - Ferramenta de lista de materiais de leitura com manual	Lista das funções da equipe de partes interessadas Compreensão preliminar da situação do problema Proposta de estudo, incluindo objetivos e cronogramas iniciais do estudo
1. a) Pré-workshop (Subestágio) <u>Propósito:</u> Preparativos para o workshop 1	- Identificar as funções da equipe de modelagem e das partes interessadas. - A equipe de modelagem prepara os materiais preliminares para serem usados no workshop 1. - Decidir o local do workshop e os horários. - As partes interessadas são convidadas para os workshops.		

<p>2. Definir o problema (<i>workshop</i>1)</p> <p><u>Propósito:</u> Concordar sobre a situação do problema e o sistema mais amplo, dentro do qual existe</p>	<p>Declaração do problema acordado Definir o sistema Desenhar um modelo de sistema</p>	<p>- Ferramenta de definição do sistema com manual - Ferramenta de desenho do modelo do sistema com manual</p>	<p>Objetivos / metas gerais do estudo Mapa do sistema</p>
<p>2. a) estágio pós-<i>workshop</i> 1 / pré-<i>workshop</i> 2</p> <p><u>Propósito:</u> Divulgar os resultados do <i>workshop</i> 1 e preparar-se para o <i>workshop</i> 2</p>	<p>Equipe de modelagem redesenha ferramentas e divulga os resultados do <i>workshop</i> para os interessados Preparar materiais preliminares para uso no <i>workshop</i> 2</p>		
<p>3. Definir o modelo conceitual (<i>workshop</i> 2)</p> <p><u>Propósito:</u> Definir elementos específicos do modelo conceitual</p>	<p>As partes interessadas participam do <i>workshop</i> facilitado para: - Fazer um brainstorm dos objetivos do estudo - Desenhar o modelo de medição de desempenho - Definir objetivos de estudo de simulação - Desenhar o modelo comunicativo Discutir a coleta de dados</p>	<p>- Modelo de medição de desempenho com manual - Ferramenta de objetivos de estudo com manual - Ferramenta modelo comunicativo com manual 2018</p>	<p>Entradas, saídas de conteúdo do modelo Objetivos de simulação Diagrama de fluxo do processo Uma lista de requisitos de dados</p>
<p>3. a) pós-<i>workshop</i> 2 (subestágio)</p> <p><u>Propósito:</u> Divulgar os resultados do <i>workshop</i> 2 e refinar o modelo conceitual</p>	<p>Equipe de modelagem: - Elaborar detalhamento de relatório Refinar os resultados do <i>workshop</i> e requisitos de dados - Estabelecer contato com a equipe das partes interessadas sobre a correção dos resultados do <i>workshop</i> 2</p>		
<p>4. Codificação do modelo</p> <p><u>Propósito:</u> O modelo conceitual é convertido em um modelo computacional</p>	<p>- Coleta de dados (modelador e partes interessadas) - Construir modelo de simulação no computador (modelador)</p>		<p>Resultados do modelo Validação e verificação do modelo Cenários futuros preliminares</p>
<p>4. a) subestágio Pré-<i>workshop</i> 3</p> <p><u>Propósito:</u> Preparativos para o <i>workshop</i> 3</p>	<p>- Preparar materiais preliminares para uso no <i>workshop</i> 3 (estágio 5): - Estabelecer contato com o campeão do projeto sobre a correção do modelo e seus resultados (modelador e campeão do projeto)</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar os cenários preliminares com o campeão do projeto - Preparar materiais preliminares para uso no próximo <i>workshop</i> 		
<p>5. Estágio de experimentação (<i>workshop</i> 3)</p> <p><u>Propósito:</u> Definir cenários alternativos para experimentar no modelo</p>	<p>As partes interessadas são convidadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Validar o modelo de simulação e seus resultados - Avaliar medidas de desempenho (vinculadas aos resultados do modelo) - Debate cenários desejáveis e viáveis 	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramenta de validação de modelo - Ferramenta de medidas de desempenho (ou VISA) com o manual - Debater a ferramenta de cenários alternativos com manual 	<p>Validação e verificação do modelo</p> <p>Cenários futuros alternativos</p>
<p>5. a) subestágio Pós-<i>workshop</i> 3 / Pré-<i>workshop</i> 4</p> <p><u>Propósito:</u> Refinar os cenários alternativos e prepare-se para o <i>workshop</i> 4</p>	<p>Equipe de modelagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajustar o modelo de simulação - Implementar cenários adicionais sugeridos (com base no <i>feedback</i> das partes interessadas do <i>workshop</i> 3) - Fazer a ligação com a equipe das partes interessadas sobre a correção dos resultados do modelo - Preparar materiais preliminares para uso no <i>workshop</i> 4 		<p>Novos cenários futuros alternativos</p> <p>Modelo de simulação revisado</p> <p>Resultados do modelo revisado</p>
<p>6. Estágio de implementação (<i>workshop</i> 4)</p> <p><u>Propósito:</u> Definir um plano de implementação</p>	<p>As partes interessadas são convidadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rever a aprendizagem e as mudanças implementadas - Analisar os risco e viabilidade das mudanças - Acordar trilha de ação 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Script</i> para identificar mudanças no sistema - Ferramenta de viabilidade e escala de riscos com manual - Ferramenta de barreiras para mudar com manual - Ferramenta de plano de ação e comunicação com manual 	<p>Cenários aceitáveis e viáveis a serem levados adiante</p> <p>Plano de ação com resultados (incluindo data de vencimento e pessoa responsável)</p>

Fonte: Adaptado de Kotiadis e Tako (2021)

Ocorreram três aplicações do *framework* PartiSim na área de saúde (Kotiadis *et al.*, 2014; Tako e Kotiadis, 2018; Kotiadis e Tako, 2021). As autoras relataram que o processo realizado e as discussões ocorridas nos *workshops* foram fundamentais na geração de ideias e na obtenção de consensos entre os participantes, o que talvez não tivesse acontecido se o envolvimento com os *stakeholders* fosse feito individualmente. A seguir será descrita a aplicação que ocorreu no sistema de atendimento à obesidade, relatado na literatura.

Cada *workshop* durou aproximadamente duas horas e toda a intervenção ocorreu ao longo de um período de seis meses com o *workshop* de implementação agendado para o último

mês (Kotiadis e Tako, 2016). Kotiadis *et al.*, (2014) descreveram as etapas 1, 1a, 2, 2a, 3 e 3a. A etapa 4 é apresentada em Tako *et al.* (2014), e as etapas 4a, 5, 5a e 6 são relatadas no trabalho de Kotiadis e Tako (2018).

Na etapa de iniciação do estudo, a equipe de modelagem realizou reuniões informais, entrevistas individuais com os principais *stakeholders* e também observou o contexto em estudo para se familiarizar com ele, compilando todas as informações. Ainda nessa etapa foi selecionado um grupo de 12 *stakeholders* para participar do projeto de simulação e o time de modelagem foi composto por três analistas (facilitador, modelador e registrador).

No primeiro *workshop*, o facilitador fez com que os participantes discutissem o problema enfrentado. Então um modelo do sistema foi criado através de um *brainstorming* com os *stakeholders*. Na fase de pós-*workshop* 1, os resultados dessa reunião foram organizados e enviados aos *stakeholders*. O modelo enviado foi validado pela equipe de projeto após o *workshop*. Já na fase de pré-*workshop* 2, a equipe de modelagem preparou alguns materiais preliminares para o próximo *workshop*. Essas atividades pós e pré *workshops* foram realizadas a cada reunião.

No segundo *workshop*, apenas sete *stakeholders* puderam participar. Nesta etapa, como havia menos pessoas, a condução da reunião foi considerada mais fácil. Assim, eles definiram os objetivos do modelo e depois construíram o modelo conceitual utilizando o *software* Visio. Na etapa de desenvolvimento do modelo computacional, o modelador desenvolveu o modelo seguindo as atividades convencionais da SED, tendo contato com alguns *stakeholders* durante o processo para fornecer dados ou mesmo para validar uma versão inicial do modelo.

No *workshop* 3 ocorreram a validação do modelo de simulação e seus resultados e um debate sobre cenários desejáveis e viáveis. O último *workshop* (quarto) foi dedicado à implementação, o qual ocorreu três meses após o terceiro, para que todos os *stakeholders* pudessem participar. Primeiro ocorreu uma revisão do aprendizado proporcionado pelo estudo, depois centrou-se no cenário mais desejável e assim foi explorado os fatores que poderiam dificultar a implementação das mudanças necessárias. Por fim, com um cenário preferido em mente, os participantes se concentraram em criar um roteiro de ação.

Kotiadis e Tako (2021) relataram alguns pontos destas três intervenções utilizando o PartiSim. Segundo elas, a conclusão tirada na realização destes estudos foi que os resultados se apresentaram positivos. O processo realizado e as discussões nos *workshops* tiveram um papel

muito importante na geração de ideias e na obtenção de um consenso da situação enfrentada, o que talvez não aconteceria caso cada *stakeholder* fosse ouvido individualmente.

e) Tako *et al.* (2019); Tako *et al.* (2021)

Nestes trabalhos os autores forneceram uma nova abordagem para conduzir estudos de SED facilitada, chamada SIMTEGR8. Esta abordagem combina os dois *frameworks* apresentados acima (PartiSim e SimLean *Facilitate*), adaptada para se adequar ao processo de avaliação dos serviços integrados de saúde e assistência social, bem como para assegurar a participação dos prestadores de serviços e dos usuários. Ela permite a triangulação de informações entre a modelagem, os usuários do serviço e a equipe do provedor de serviço. Sendo assim, o SIMTEGR8 reúne três grupos de *stakeholders* no estudo.

O SIMTEGR8 consiste em cinco fases principais, das quais três são *workshops* facilitados. Na primeira etapa é realizada uma reunião com um pequeno grupo de *stakeholders* pertencentes ao grupo de modelagem e do provedor de serviço. O objetivo principal desta reunião é desenvolver um entendimento inicial do processo, discutir objetivos e prioridades do serviço, abordar os requisitos do *workshop* e obter informações sobre a disponibilidade de dados do sistema.

Após esta etapa, é realizado o *workshop* 1, de modelagem conceitual. Isto é, nesta fase os *stakeholders* discutem sobre o caminho que os pacientes percorrem no sistema e sua eficiência, dando origem a um diagrama conceitual qualitativo. Esta discussão forma a base para o desenvolvimento do modelo computacional. A seguir é desenvolvido o modelo computacional pelo modelador. A complexidade deste modelo é reduzida, objetivando algo simples, para garantir a participação das partes interessadas e dos usuários (pacientes) nos próximos estágios. O modelo é capaz de fornecer uma representação suficiente do serviço em estudo, apresentando os processos básicos envolvidos, a capacidade e o uso de recursos dentro do sistema.

A quarta etapa é o *workshop* 2, realizado juntamente com os provedores de serviço. Nesta fase, o modelo criado é utilizado para facilitar uma discussão sobre como o serviço pode ser melhorado. Primeiro o modelo é apresentado, para que todos entendam como a simulação funciona. Depois disto ocorre uma validação face a face, sendo que os participantes devem considerar se o modelo reflete a realidade. A seguir é questionado aos participantes quais as áreas que podem estar afetando a eficácia do caminho percorrido pelos pacientes. Por fim, os *stakeholders* sugerem mudanças que podem ser inseridas no serviço para melhorá-lo.

A última etapa do SIMTEGR8 é o *workshop 3*, no qual estão presentes os usuários do serviço (pacientes). Assim, um modelo computacional com representação visual aprimorada é utilizado para facilitar uma discussão com estes *stakeholders*. As atividades realizadas neste *workshop* são praticamente as mesmas, com exceção da validação face a face, que ocorre apenas com a equipe provedora de serviço. A Figura 1 mostra as fases desta abordagem.

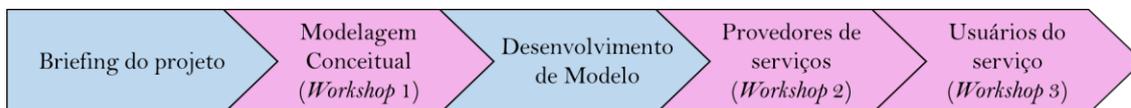


Figura 1 – Fases do SIMTEGR8
Fonte: Adaptado de Tako *et al.* (2021)

A aplicação desta abordagem se deu em um serviço de apoio, que ajuda idosos e pessoas frágeis da comunidade a permanecerem seguras em suas casas, evitando acidentes e quedas, e, conseqüentemente, uma internação hospitalar. Como resultado da aplicação os provedores de serviço acataram algumas sugestões geradas no estudo. Deste modo, os autores concluíram que o estudo foi bem-sucedido e incentivam mais pesquisas nesta área.

f) Proudlove *et al.* (2017)

Como visto nas abordagens apresentadas anteriormente, todas elas realizaram a codificação do modelo computacional sem a presença dos *stakeholders*. Ou seja, isto não caracteriza uma intervenção totalmente facilitada, na qual todos os *stakeholders* devem estar presentes em todas as fases de aplicação. Proudlove *et al.* (2017) foi o primeiro trabalho que apresentou uma abordagem de SED totalmente facilitada na área da saúde.

Os autores propuseram uma estrutura bem semelhante à proposta no *framework* PartiSim, porém com uma única diferença, sendo incorporada a notação BPMN no processo (esta notação é utilizada para a criação de modelos diagramáticos de processos de negócio). A integração dessa ferramenta visa remover ou reduzir essa interrupção do modo facilitado para codificação do modelo, o qual ainda é construído sem a participação dos *stakeholders*.

A proposta apresentada no trabalho é a geração direta do modelo computacional a partir do modelo conceitual. Nesta intervenção, Proudlove *et al.* (2017) utilizaram o *software Bizagi Modeler freeware* integrado com o BPSim *DES standard*. Os autores aplicaram essa técnica em três estudos de caso, em um hospital Italiano (caso A) e dois projetos em um centro de serviço de saúde no Reino Unido (caso B1 e B2).

No caso A, a intervenção aconteceu durante uma semana, sendo que foram estabelecidas duas reuniões de inicialização. Na primeira reunião foram definidos o objetivo dos *stakeholders*

para o projeto e o agendamento de dois *workshops* com duração de duas a três horas, de acordo com a disponibilidade dos participantes. Na segunda reunião ocorreu uma caminhada pelo processo para observar seu fluxo e uma discussão sobre como ele poderia ser melhorado. Também foi dada uma breve introdução sobre a notação BPMN e sua utilização.

No primeiro *workshop*, os *stakeholders* descreveram o sistema e o facilitador construiu o mapa do processo em um papel. A partir desse rascunho, o modelo conceitual foi feito utilizando a notação BPMN no *software* Bizagi. No segundo *workshop*, tendo a notação BPMN e o BPSim integrados no *software* Bizagi, o facilitador pôde iniciar com essa conversão do modelo conceitual para o computacional, inserindo os dados e executando o modelo durante o *workshop*. As distribuições de tempo introduzidas no modelo eram baseadas nas estimativas dos *stakeholders*. A validação desse modelo foi face a face, por meio de várias execuções até convencer os *stakeholders* de que esse modelo de simulação se comportava como o sistema real. Também ocorreu alguns experimentos com cenários sugeridos pelos participantes.

Por fim, uma reunião de acompanhamento foi realizada, na qual os *stakeholders* revelaram que, embora as recomendações da experiência tenham sido bem recebidas e consideradas viáveis, o hospital teria suas instalações fechadas. Com isso, a implementação não foi possível nesse caso. Os pesquisadores, então, conduziram entrevistas com os *stakeholders* sobre suas percepções da abordagem.

O caso B foi iniciado com algumas reuniões com os clientes. Nelas, foram discutidos projetos em potencial para melhoria e quais *stakeholders* poderiam ser envolvidos. Foram escolhidos dois projetos (B1 e B2). As etapas seguidas nos projetos B1 e B2 foram similares ao caso A, porém ao converter automaticamente o modelo conceitual para o computacional, ficou claro que havia características do fluxo do processo além das capacidades do BPSim. O fluxo modelado era complexo, com muitas características dos pacientes e múltiplos roteamentos. Portanto, os autores decidiram não usar o BPSim (e também não permanecer no Bizagi) para a simulação.

No projeto B1 foi utilizado o modo especialista da SED, empregando o *software* Simul8. Porém, não foi possível a validação total do modelo criado, pois faltaram algumas informações que não puderam ser coletadas. No projeto B2, devido à complexidade do fluxo, a fase de modelagem computacional foi abortada e a fase final do *workshop* foi usada para discutir alternativas à utilização da SED.

Como conclusão de seu trabalho, Proudlove *et al.* (2017) confeccionaram a Figura 2 e também abordaram a discussão sobre modelos simples. Segundo os autores, ainda há necessidade de mais trabalhos que forneçam um conhecimento sobre como conduzir intervenções totalmente facilitadas.

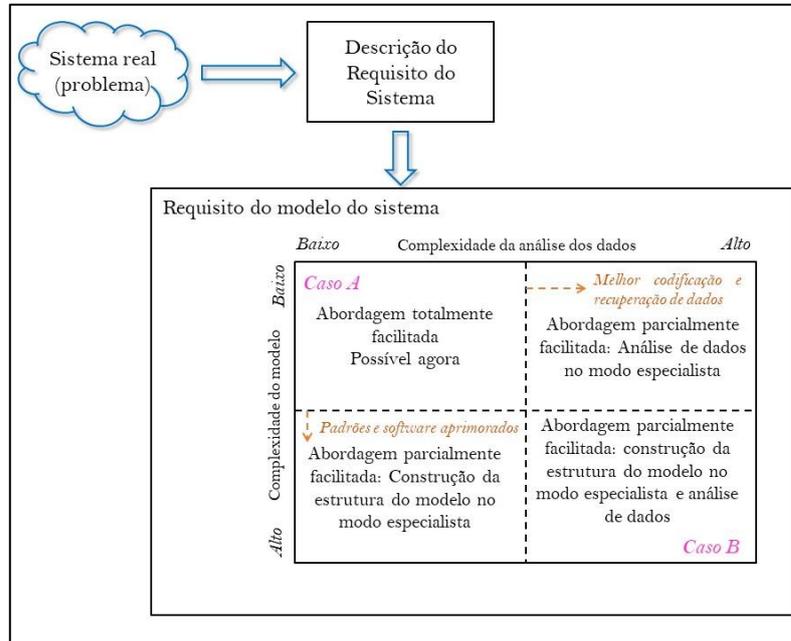


Figura 2 – Matriz contextual com as barreiras para a SED totalmente facilitada
 Fonte: Adaptado de Proudlove *et al.* (2017)

2.4.1 Análise das abordagens de SED facilitada

Ao se analisar as abordagens de SED facilitada encontradas na literatura, as quais foram descritas anteriormente, algumas questões foram percebidas:

- Praticamente todos os objetos de estudo relatados pertencem à área da saúde. Ou seja, as estruturas apresentadas foram elaboradas considerando as características deste contexto.
- Com os relatos dos trabalhos de Robinson (2001), Robinson *et al.* (2012) e Robinson *et al.* (2014), não é possível replicar exatamente o trabalho em outros contextos, pois os autores não especificam detalhadamente como foi essa abordagem (quantos dias exatamente foram gastos na aplicação, tempo das reuniões, ferramentas para auxiliar na facilitação, entre outras). Assim, é necessário algo mais estruturado que possa guiar as aplicações de SED facilitada.
- Com a aplicação demonstrada do PartiSim, vê-se que este é um *framework* bastante completo, o qual fornece muitos *insights* aos pesquisadores de como deveria ser uma intervenção de SED facilitada. Porém, para ser aplicado em contextos fora da

área da saúde, como processos industriais, ainda são necessárias algumas adaptações. Como exemplo, há vários sub-estágios nos quais a equipe de modelagem precisa fazer ajustes nos resultados e compilar as informações. Também há uma comunicação intensa com o *stakeholder* chave, o que talvez não seria possível com os gestores das empresas, os quais têm um tempo de atendimento limitado devido à carga horária de trabalho. Esse tempo limitado dos *stakeholders* das empresas pode não só diminuir o contato deles com o time de modelagem fora dos *workshops*, como também eles podem não ter tempo suficiente para analisar todos os resultados das reuniões via *e-mail* e outras fontes de comunicação.

- Outro agravante sobre a estrutura PartiSim é o tempo do estudo, que foi realizado em seis meses. Nas empresas, o objetivo deve ser uma intervenção tão rápida quanto possível, que gere resultados úteis para eles (Omri *et al.* 2020). No PartiSim, também foi observado a utilização de várias ferramentas para auxiliar as atividades desenvolvidas nos *workshops*. Essa ideia é bastante relevante, porém, como o contexto é diferente, vê-se a necessidade de adaptar ou incorporar outras ferramentas mais úteis neste contexto.
- No caso da abordagem SIMTEGR8, vê-se também que o objetivo dela não se encaixa no contexto das empresas industriais, pois é uma proposta diferente de envolvimento dos *stakeholders*. Assim, não é possível uma aplicação direta.
- Sobre o trabalho de Proudlove *et al.* (2017), que propõe uma intervenção totalmente facilitada, vê-se que ocorreram vários obstáculos à aplicação bem sucedida. Isto é, eles não seguiram a estrutura fielmente em todos os casos, não detalharam as etapas, não informaram nenhum tipo de ferramenta utilizada para apoiar o processo, sendo que para casos mais complexos, não foi possível prosseguir com o modo facilitado. Portanto, não representa algo que pode ser aplicado diretamente nas empresas, ainda sendo necessárias adaptações.
- Por fim, a adoção de meios de comunicação remota deve ser considerada em estudos de SED facilitada, buscando uma aplicação mais simples, reduzindo custos e não limitando geograficamente estes estudos.

Tendo em vista estas questões mencionadas, ainda é necessário a criação de um *framework* de SED facilitada para aplicação em empresas industriais, que atendam suas características. Como a SED facilitada ainda precisa ser explorada, serão apresentadas a seguir algumas recomendações para estudos futuros relatadas na literatura.

2.4.2 Recomendações para utilização da SED facilitada

De acordo com Proudlove *et al.* (2017), as principais barreiras descobertas para aplicação bem sucedida da SED facilitada foram:

- A complexidade do modelo, a qual surge dos recursos necessários para representar o sistema. Exemplo: processos com diversas condições de roteamento e vários caminhos de interação.
- A complexidade da análise dos dados, a qual advém do volume de trabalho necessário para produzir os dados exigidos pelo modelo (alta variabilidade dos dados).

De acordo com os autores que aplicaram a SED facilitada, eles reforçaram a importância de se desenvolver um modelo simples (Kotiadis e Tako, 2018; Kotiadis *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2012), o qual seria utilizado para entender melhor a dinâmica do processo e para facilitar a exploração de ideias que levassem a possíveis melhorias no sistema (Tako e Kotiadis, 2015; Robinson *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2012; Robinson, 2001). Nessas aplicações foram exigidos apenas dados aproximados (Robinson *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2012; Robinson, 2001), e a validação foi realizada face a face, devido à presença dos *stakeholders* durante o projeto (Kotiadis e Tako, 2018; Tako e Kotiadis, 2015; Robinson *et al.*, 2014; Kotiadis *et al.*, 2014; Barjis, 2011; Hengst *et al.*, 2007; Robinson, 2001).

Um trabalho que merece destaque é o de Robinson *et al.* (2014), o qual discorreu sobre quão indispensável é a criação de modelos simples (os detalhes do modelo são limitados) para que este tipo de abordagem seja possível. Os principais benefícios de um modelo simples são que ele pode ser desenvolvido e executados com maior rapidez, demanda menos dados, é mais flexível, e seus resultados são mais fáceis de interpretar, devido à estrutura do modelo ser melhor compreendida pelos participantes. Porém, como desvantagem tem-se, na maioria dos casos, modelos menos precisos (Robinson *et al.*, 2014). Assim, os mesmos autores alegam que, por causa do baixo nível de fidelidade do modelo, é necessária uma mudança na visão em relação ao seu propósito.

Como já apresentado, os modeladores da SED estão habituados com o modo especialista de modelagem. Logo, como os modelos simples geralmente fornecem apenas aproximações do mundo real, é fundamental que o modelador esteja confortável com a visão de que a simulação, no modo facilitado, se concentra na compreensão e no debate dentro de um grupo para

identificar melhorias e não em gerar previsões de desempenho do processo (Robinson *et al.*, 2014).

A própria modelagem facilitada tem como objetivo levar os participantes a definir conjuntamente uma situação, entendê-la, negociar uma definição compartilhada do problema e desenvolver e avaliar um conjunto de opções relevantes para o problema definido (Franco e Montibeller, 2010). Assim, o modelo gerado neste modo dá aos participantes uma compreensão compartilhada da situação e os apoia na negociação de cursos de ação viáveis à empresa, baseado nas preferências e julgamentos dos *stakeholders* para avaliar as opções de decisão (Franco e Montibeller, 2010). O Quadro 3 mostra o que deve ser adotado para obter uma abordagem facilitada.

Quadro 3 – Requisitos para a SED facilitada

Requisitos	Referências
O objetivo da intervenção é gerar compreensão do sistema e identificar possíveis melhorias	Proudlove <i>et al.</i> , 2017; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Franco e Montibeller, 2010.
Escolher processos de preferência padronizados.	Proudlove <i>et al.</i> , 2017.
Pouca ou nenhuma necessidade de realizar uma coleta de dados	Proudlove <i>et al.</i> , 2017; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Robinson <i>et al.</i> , 2012; Robinson, 2001.
Criar modelos simples	Tako <i>et al.</i> , 2020; Kotiadis e Tako, 2018; Proudlove <i>et al.</i> , 2017; Kotiadis <i>et al.</i> , 2014; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Robinson <i>et al.</i> , 2012.
Validação e verificação face a face dos modelos conceitual e computacional	Proudlove <i>et al.</i> , 2017; Kotiadis e Tako, 2018; Tako e Kotiadis, 2015; Robinson <i>et al.</i> , 2014; Kotiadis <i>et al.</i> , 2014; Barjis, 2011; Hengst <i>et al.</i> , 2007; Robinson, 2001

Fonte: própria autoria.

Para garantir modelos simples recorreu-se à literatura de modelos de simulação simplificados. Robinson (2008a) diz que simplificações devem ser incorporadas ao modelo para permitir seu desenvolvimento, seu uso mais rápido e para melhorar sua transparência. Segundo van der Zee (2019), simplificação de modelo significa reduzir sua complexidade inadequada. Isto é, os modelos continuam úteis e viáveis, porém se concentram nos elementos importantes do sistema, evitando esforços de estudo desnecessários (Tako *et al.*, 2020).

Para Ahmed *et al.* (2016), manter os modelos pequenos e simples é a heurística básica encontrada na literatura de modelagem e simulação, no entanto, os modeladores estão desenvolvendo modelos de tamanho e complexidade crescentes. Em sua revisão bibliográfica, Van der zee (2019) fez constatações importantes sobre a simplificação de modelos de simulação

de sistemas de fabricação. O autor mostrou que o número de artigos publicados tem aumentado ao longo dos anos, indicando uma crescente popularidade do campo. Embora um baixo número de artigos foi publicado em periódicos, reforçando a carência desse tema.

Como este é um tema com poucas contribuições na literatura, embora seja uma parte fundamental da Modelagem e Simulação (Van der zee, 2019), o *framework* desenvolvido por Van der Zee (2019) fornece uma visão unificadora sobre a simplificação do modelo de simulação. Este *framework* vincula a simplificação a duas atividades principais, ou seja, reduzir e prevenir a complexidade do modelo, o que pode ser visto na Figura 3.

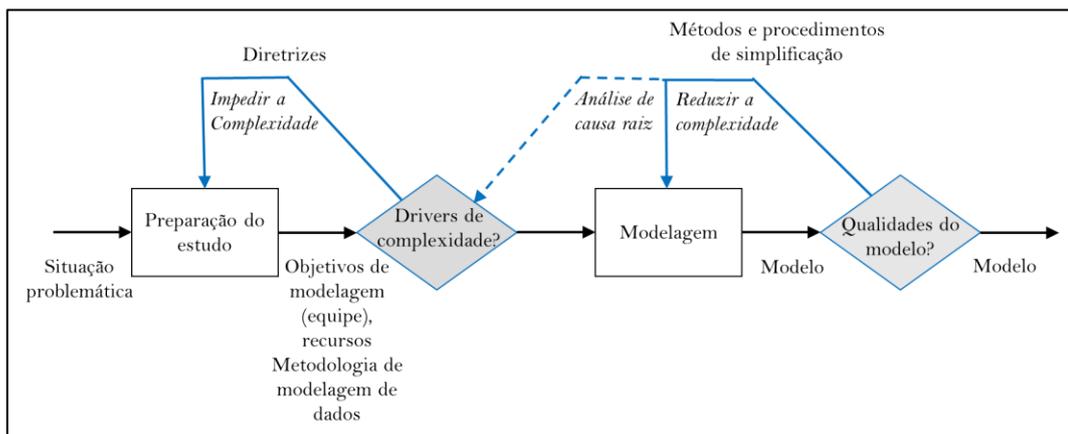


Figura 3 – *Framework* para simplificação de modelos de simulação
 Fonte: Adaptado de van der Zee (2019)

O Quadro 4 apresenta alguns procedimentos para reduzir a complexidade do modelo computacional. Já o Quadro 5 mostra algumas diretrizes que podem ser empregadas para prevenir a complexidade do modelo conceitual.

Quadro 4 – Regras utilizadas para simplificação do modelo

Regras
Representar por um único tipo de produto aqueles que são semelhantes
Não distinguir entre produtos que mostram semelhanças no roteamento parcial e no uso de recursos
Excluir eventos pouco frequentes
Excluir as regras de fluxo da entidade que abordam situações raras
Substituir os componentes do modelo que representam recursos com baixa utilização (exemplo: fila pequena, tempos de espera ou lead time curtos)

Fonte: Adaptado de van der Zee (2019)

Quadro 5 – Soluções empregadas para prevenir a complexidade do modelo

Fatores	Motivadores	Solução
Modelo	Objetivos de modelagem mal compreendidos, conflitantes ou muitos objetivos podem contribuir consideravelmente para a complexidade do modelo. Muitas questões a serem respondidas	Utilizar uma estrutura para definir bem o objetivo do modelo. Limitar o número de questões àquelas mais relevantes
	Desajuste entre os objetivos da modelagem e a natureza do modelo	A característica do modelo é que ele deve ser desenvolvido rapidamente sendo descartado ao final da intervenção (Robinson <i>et al.</i> , 2014). Não é um modelo preciso, mas útil para gerar entendimento da situação. Portanto, seus objetivos não devem requerer resultados preditivos (soluções ótimas), mas indicativos
	Tamanho do problema. Grande escopo do problema (muitas etapas de processo, muitos recursos e interação entre eles)	Optar por problemas menores. Se necessário, dividi-lo em problemas mais simples.
	Muitos <i>inputs</i> (fatores experimentais) e <i>outputs</i> (respostas) no modelo podem atuar como um indicador de excesso de detalhes	Limitar o número de fatores experimentais àqueles mais relevantes para o modelo
Modelador	Conhecimento limitado em modelagem	O modelo deve ser desenvolvido/verificado por especialistas em simulação
	Personalidade: preferência por modelos extravagantes	Visão dos modeladores segundo Robinson <i>et al.</i> (2014): no modo facilitado, o modelo se concentra na compreensão do problema e no debate para identificar melhorias, e não em gerar previsões de desempenho do processo.
	Pouco envolvimento dos <i>stakeholders</i> no projeto de simulação	Desenvolver uma abordagem totalmente facilitada, ou seja, ter a presença dos principais <i>stakeholders</i> durante todo o projeto de simulação
	Tamanho do time de projeto	Evitar times com muitos participantes. Convocar de 2 a 4 <i>stakeholders</i> para participar do estudo

Fonte: Adaptado de van der Zee (2019); Ahmed *et al.* (2016)

Portanto, estas recomendações podem ser empregadas sendo possível uma aplicação de SED facilitada.

2.5 Reuniões híbridas

A utilização de meios de comunicação remota apresenta vantagens quando se deseja uma comunicação mais rápida quando comparada com a visita presencial. Este formato de reunião também reduz despesas com deslocamentos ao objeto de estudo. Segundo Standaert *et al.* (2021a), as reuniões híbridas se intensificarão nos próximos anos. Este formato de reunião, que combina dois modos, acontece quando se reúnem, simultaneamente, participantes que estão

presentes no mesmo local, com outras pessoas participando remotamente (SOX *et al.*, 2017; STANDAERT *et al.*, 2021a). Logo, consoante à literatura sobre reuniões híbridas, o Quadro 6 mostra algumas recomendações para garantir o bom andamento destas reuniões.

Quadro 6 – Recomendações para reuniões híbridas

Item	Recomendação	Referência
Preparação antecipada	A preparação dos membros para a reunião é fundamental, sendo que eles devem ler a agenda e alguns documentos relevantes (se houver) antes da reunião.	Oeppen <i>et al.</i> (2020)
	Informar as regras, expectativas e código de conduta da reunião a todos os participantes antes de seu início.	Saatçi <i>et al.</i> (2020)
Definir a agenda	O líder da reunião deve começar definindo claramente a agenda de reunião, discutir os horários e restrições de tempo e garantir que todos sejam igualmente valorizados (balancear a necessidade de brevidade bem como a de inclusão). Deve-se enfatizar que apenas um participante fale por vez.	Oeppen <i>et al.</i> (2020)
	As reuniões são mais eficientes quando os participantes entendem como ela será estruturada. Qual o tempo de fala de cada pessoa, qual o momento certo para falar/ouvir, ordem da conversa, problemas potenciais e expectativas sobre os encontros. Estes aspectos não só empoderam os usuários, como também tem o potencial de aumentar a produtividade da reunião e torná-la mais inclusiva.	Saatçi <i>et al.</i> (2020)
Intervalos	Após 90 minutos de reunião, é recomendado uma pausa de 10 minutos. Depois um total de três horas, é aconselhado uma pausa de, pelo menos, 20 minutos. Estes intervalos ajudam, particularmente, os participantes remotos, pois pode ser mais difícil se concentrar ao participar de discussões remotas em comparação com as presenciais. Os integrantes podem permanecer logados à plataforma de comunicação. Nestes intervalos é importante se reidratar e comer algo.	Oeppen <i>et al.</i> (2020)
Distração	Se uma discussão parecer demorar muito, ou perder o foco, pode levar os indivíduos a se distraírem. Ter uma cópia impressa da agenda em mãos pode ser útil tanto para auxiliar alguém que se distraiu quanto para rastrear o progresso.	Oeppen <i>et al.</i> (2020)
Interrupções	Interrupções como toque do celular, <i>e-mail</i> urgente, barulho no local, alguns problemas na empresa, entre outros, podem reduzir a concentração. Assim, é indicado o uso de fone de ouvido aos participantes remotos. Também, é recomendado que o microfone de quem não esteja falando seja deixado no mudo.	Oeppen <i>et al.</i> (2020); Saatçi <i>et al.</i> (2019)
Problemas técnicos (internet/áudio)	Os facilitadores da reunião precisam ter empatia nos momentos de interrupção. É importante ter planos de ação para estes acontecimentos - reagendar a reunião, tentar entrar novamente na plataforma <i>on-line</i> , etc.	Itzhakov e Grau (2020)
	Utilizar uma única ferramenta de comunicação, o que pode minimizar as falhas de rede.	Saatçi <i>et al.</i> (2019)
Organizar as reuniões	É possível minimizar as interrupções onde a dinâmica da reunião é altamente ritualizada ou adaptável a mudanças. As reuniões híbridas bem-sucedidas dependem de práticas que sejam adaptadas/compatíveis com a configuração do local. Exemplo: pode haver uma ordem de conversa já estabelecida ou um conhecimento a respeito do que fazer quando ocorrem certas falhas tecnológicas. Deixar claro aos participantes quais problemas tecnológicos podem acontecer, qual é o comportamento esperado diante das situações e como a reunião será estruturada, são questões relevantes para o sucesso da reunião híbrida.	Saatçi <i>et al.</i> (2020)
	Deixar claro sobre o tom de voz dos participantes: falar próximo ao microfone ou aumentar a voz para melhorar a escuta dos integrantes remotos. Manter uma fala clara e distinta.	Saatçi <i>et al.</i> (2019)
Revisão	Fazer uma revisão no final da reunião é uma prática poderosa para verificar que os objetivos da sessão foram alcançados (ao invés de verificar se a agenda foi seguida) e para resumir as principais	Oeppen <i>et al.</i> (2020);

	descobertas. Isto também proporciona uma oportunidade para quaisquer contribuições futuras, por meio de uma revisão de como a sessão funcionou e se há alguma sugestão de melhoria.	
Plataforma de comunicação	Os participantes devem apresentar familiaridade com a plataforma que será utilizada para comunicação.	Oeppen <i>et al.</i> (2020);
	Utilizar tela compartilhada de computador.	Standaert <i>et al.</i> (2021b)
	Se os usuários não têm conhecimento suficiente sobre a tecnologia utilizada/ <i>software</i> , isto caracteriza uma situação inconveniente para eles. Portanto, se necessário, forneça algum treinamento prévio.	Saatçi <i>et al.</i> (2019)
Número de participantes	Muitos participantes (mais do que cinco) pode afetar negativamente a eficácia da reunião.	Standaert <i>et al.</i> (2021a); Itzhakov e Grau (2020)
Duração da reunião	Reuniões virtuais são consideradas mais curtas que as realizadas face a face (entre uma hora ou mais).	Standaert <i>et al.</i> (2021a)
	A reunião híbrida realizada teve duração de 90 minutos.	Saatçi <i>et al.</i> (2020)
Limitações	As plataformas virtuais geralmente limitam a avaliação do estado emocional dos participantes, assim, para superar a perda de pistas visuais, é recomendado focar nas pistas vocais que transmitem informações semelhantes. Isto envolve os padrões da voz de quem fala, incluindo velocidade na fala, volume, ênfase, pausa e entonação. Entusiasmo: fala rápida, variedade vocal, com poucas pausas. Hesitante: fala lenta, mais monótono, com pausas longas. Se não houver certeza, pergunte aos participantes como eles se sentem. Por exemplo, "Você parece animado para continuar, certo?!" ou "Você tem algumas reservas sobre prosseguir com o projeto?"	Itzhakov e Grau (2020)
Concentração no falante	Não focar em sua própria imagem na tela enquanto fala ou enquanto outro participante está falando.	Itzhakov e Grau (2020)
Dificuldade em ouvir/ver	Falhas na comunicação costuma ser uma característica de reuniões <i>on-line</i> . Portanto, se há alguma dificuldade no ouvir outros integrantes, peça para pessoa repetir ou esclarecer o que disse, deixando claro essa dificuldade. Se necessário, peça para que todos desliguem os aplicativos que podem consumir a internet. Também é válido prestar atenção no volume da voz do falante, ou seja, as pessoas costumam levantar a voz (sinal de irritação e esforço) quando têm dificuldade para entender alguém.	Itzhakov e Grau (2020); Saatçi <i>et al.</i> (2020)
Conexão entre indivíduos	É interessante iniciar as reuniões com uma pergunta rápida para entrosar com o grupo. Isto também fornece um tempo, caso necessário, para resolver problemas técnicos sem perder o foco da reunião.	Itzhakov e Grau (2020)
Idade dos participantes (geração)	75 a 57 anos: <i>baby boomers</i> . Melhores práticas: torne o acesso ao conteúdo virtual o mais simples possível; utilize uma interface e tecnologia conveniente e fácil de usar; forneça um resumo geral da sessão (agenda, objetivo, resultados); inclua vídeos na explicação de algo. Oportunidades: insira componentes interativos. Barreiras: necessidade da percepção de eficácia, de um senso de pertencimento e vontade em apostar no projeto.	Sox <i>et al.</i> (2017)
	56 a 43: geração X. Melhores práticas: inclua exemplos do mundo real; forneça tecnologia conveniente e fácil de usar. Oportunidades: ofereça oportunidades de aplicação prática (<i>hands-on application</i>); inclua componentes interativos. Barreiras: necessidade de considerar a percepção de merecimento de tempo, de um senso de pertencimento, de percepção da eficácia. Se esta geração puder identificar por que e como estas reuniões valem o seu tempo e como elas provam ser eficazes, a participação e o engajamento provavelmente aumentarão, sendo que os integrantes terão maior probabilidade de ficarem satisfeitos.	Sox <i>et al.</i> (2017); Sox <i>et al.</i> (2014)
	42 a 21: geração Y. Melhores práticas: dê <i>feedback</i> positivo aos integrantes sobre sua participação; utilize tecnologia conveniente e fácil de usar; inclua experiências interativas e utilize vídeos. Oportunidades:	Sox <i>et al.</i> (2017)

	inclua componentes interativos. Barreiras: necessidade da percepção de diversão, da eficácia da intervenção e de um senso de pertencimento. Estas pessoas são preocupadas com as mídias (<i>Facebook, e-mail, compras, etc.</i>), levar isso em consideração como algo que pode atrapalhar a concentração.	
Configuração do local	Segundo Saatçi <i>et al.</i> (2020), a configuração da reunião em seu estudo era a seguinte: havia uma grande tela, na qual os participantes remotos eram exibidos, e uma mesa em torno da qual todos os participantes face a face estavam sentados. Cada integrante tinha um computador pessoal, embora nem todos estivessem em uso, e uma câmera panorâmica <i>Microsoft RoundTable 360°</i> no meio da mesa.	Saatçi <i>et al.</i> (2020)
<i>Brainstorming</i> digital	Se for necessário fazer um <i>brainstorming</i> , optar por plataformas digitais (ex. escrever em um bloco de anotações no computador e utilizar o compartilhamento de tela) tornando esta atividade e, conseqüentemente, a reunião híbrida mais inclusiva, em comparação com métodos convencionais de <i>brainstorming</i> (uso de quadros brancos físicos e notas adesivas).	Saatçi <i>et al.</i> (2020)

Fonte: própria autoria.

Deste modo, as recomendações apresentadas no Quadro 6 serão utilizadas neste trabalho para condução de reuniões híbridas.

3. MÉTODO DE PESQUISA-AÇÃO

Este capítulo apresenta a classificação da pesquisa científica realizada, quanto à natureza, aos objetivos, a abordagem e ao método. Esta intervenção será norteada por meio do método pesquisa-ação (PA), o qual foi empregado para guiar a criação do *framework* proposto. Assim, serão apresentadas a sua estrutura, como deve ser conduzida uma pesquisa-ação e suas principais características.

3.1 Classificação da pesquisa

Baseando-se no que foi apresentado por Azevedo e Ensslin (2020), esta pesquisa classifica-se, quanto à sua natureza, como aplicada, pois se propõe a gerar conhecimento que resulte em aplicações práticas. Já quanto aos objetivos, eles são classificados como descritivos, pois esta tese visa descrever características de um determinado fenômeno/intervenção. Esta pesquisa trará uma abordagem qualitativa devido à medição dos resultados ser vinculada aos conceitos e opiniões de quem efetuou a mensuração. Por fim, o método é a pesquisa-ação, o qual trata o pesquisador como parte integrante e participativa da situação em estudo e com ela interage.

A pesquisa de natureza aplicada possui um caráter prático, ou seja, ela apresenta resultados aplicáveis ou é utilizada para solução de problemas reais (Appolinário, 2006). Assim, esta tese irá apresentar um *framework* de SED facilitada que será aplicado em empresas, cujo resultado confirmará ou não, a eficácia do *framework* em auxiliar os gestores na tomada de decisão e, conseqüentemente, melhorar seus processos.

Azevedo e Ensslin (2020) dizem que a característica mais marcante de pesquisas com objetivo descritivo é a coleta de dados, que pode ser feita via questionário ou observação sistemática. Logo, este trabalho visa descrever a aplicação do *framework* proposto e apresentar seus resultados.

Mello *et al.* (2012) dizem que na abordagem qualitativa o pesquisador busca entender os fenômenos, observando-os, interpretando-os e descrevendo-os. Terence e Escrivão (2006) complementam alegando que no estudo qualitativo o pesquisador se aprofunda na compreensão dos fenômenos que estuda, interpretando-os de acordo com a perspectiva dos participantes da situação, sem focar em representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito. Desta forma, esta pesquisa visa descrever aplicações do *framework* e

coletar a opinião dos participantes sobre a intervenção para aprimoramento do *framework* e melhora do ambiente de estudo.

Sobre o método para condução do trabalho, que será a pesquisa-ação, Mello *et al.* (2012) afirmam que este método, aplicado à área de engenharia de produção, visa produzir conhecimento e resolver um problema prático. Isto será realizado nesta tese, pois contribuirá para a literatura de SED facilitada fornecendo aplicações práticas do *framework* proposto, o qual tem sua estrutura baseada em uma pesquisa-ação. Também é pretendido resolver problemas reais dentro das empresas.

Além disto, a pesquisa-ação é o método utilizado na literatura para realização de estudos de SED facilitada. Ou seja, ele foi empregado no desenvolvimento e aplicação dos *frameworks* SimLean Facilitate e PartiSim (Robinson *et al.* 2014; Tako e Kotiadis, 2015).

3.2 Definição do método: Pesquisa-Ação (PA)

Os primeiros trabalhos sobre a pesquisa-ação foram apresentados durante os anos de 1920 e 1950, a qual foi definida como um método que permitiu que teorias das ciências sociais fossem aplicadas e testadas com base em sua eficácia prática (Carr, 2006). A partir de 1970, a PA foi aperfeiçoada, sendo vista como uma forma de investigação que utilizava métodos de pesquisa qualitativos, concentrando-se nas perspectivas dos participantes (Carr, 2006).

De acordo com Coghlan *et al.* (2014), a PA é tradicionalmente definida como uma abordagem de pesquisa baseada em um relacionamento colaborativo de resolução de problemas entre o pesquisador e o cliente, visando tanto resolver um problema quanto gerar novos conhecimentos. Mello *et al.* (2012) dizem que o termo pesquisa está atrelado à criação de conhecimento e o termo ação se refere a uma transformação proposital da realidade em estudo. Portanto, o objetivo da PA é duplo: abordar uma questão organizacional e gerar conhecimento científico (Shani *et al.*, 2012).

Thiollent (2007) apresentou os objetivos da pesquisa-ação como:

- Objetivo técnico (ação): corresponde a encontrar a melhor solução possível para o problema por meio de levantamento de soluções e propostas de ação.
- Objetivo científico (pesquisa): busca agregar para a base de conhecimento de determinadas situações.

Segundo McKay e Marshall (2001), uma característica que distingue a PA é o envolvimento ativo e deliberado do pesquisador na situação de sua investigação. Isto é, os autores alegam que a colaboração entre o pesquisador e o “dono do problema” é algo essencial para o sucesso da PA. Assim, a PA utiliza uma abordagem científica para resolver uma situação organizacional ou social, juntamente com aqueles que participam da situação diretamente (Coughlan e Coughlan, 2002). De acordo com Coughlan e Coughlan (2002) algumas características da PA são: este método pode incluir vários tipos de coleta de dados, sendo entrevistas e *surveys* as ferramentas mais comuns utilizadas; e a PA deve ser conduzida em tempo real, embora a forma retrospectiva também seja algo aceitável.

Para McKay e Marshall (2001) o modelo dominante visto na literatura do método de PA é uma abordagem cíclica de pesquisa. Coughlan e Coughlan (2002) relatam que o ciclo da PA é composto por três tipos de fases. A primeira é uma fase inicial, que se propõe a entender o contexto e o propósito da situação. A segunda é formada por seis passos principais: coleta de dados; *feedback* dos dados; análise dos dados; planejamento da ação; implementação; e avaliação. A última fase é uma meta-etapa de monitoramento. A Figura 4 retrata este ciclo da PA.

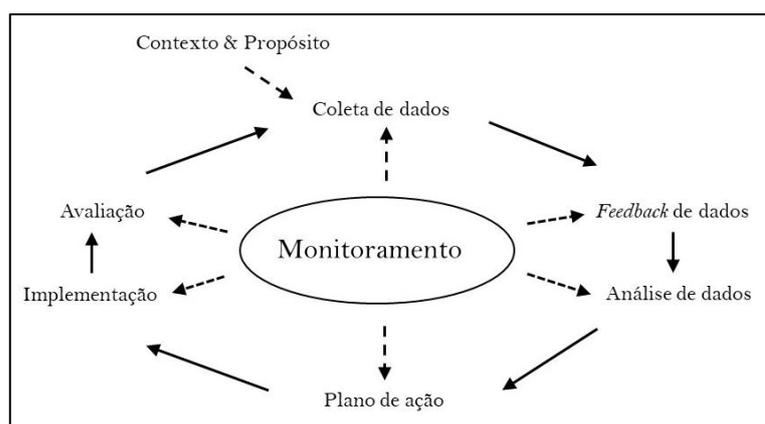


Figura 4 – Ciclo da Pesquisa-ação
Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

3.2.1 Descrição do método

Esta seção será descrita tomando por base, principalmente, o trabalho de Coughlan e Coughlan (2002). A primeira etapa da PA, como visto na Figura 4, é o entendimento do contexto e do propósito. Este passo inicial é norteado por duas questões ligadas à justificativa para a ação e para a pesquisa. Assim, a primeira pergunta é: qual a justificativa para a ação? Esta primeira pergunta objetiva desenvolver um entendimento do contexto em análise. Ou seja, justificar o

porquê este projeto de ação é necessário ou desejável. A segunda pergunta é: qual a justificativa para a pesquisa? Esta pergunta visa uma reflexão sobre se este projeto de ação vale a pena ser estudado, como a PA é um método apropriado para ser utilizado nesta situação e quais contribuições são esperadas para gerar o conhecimento.

De acordo com Avison *et al.* (2001), a iniciação do projeto de PA pode ser dirigida de duas formas: pela pesquisa ou pelo problema. Sendo assim, os mesmos autores definiram as duas formas de se iniciar o método. Na iniciação orientada pela pesquisa, a própria fundamentação teórica é que aponta as lacunas associadas a problemas a serem solucionados, os quais são compatíveis com o contexto organizacional em análise. Já na iniciação orientada pelo problema, os participantes são confrontados por um problema em seu ambiente de trabalho e buscam ajuda de especialistas teóricos. Porém, há possibilidade de se misturarem os dois modos de iniciação.

Coughlan e Coughlan (2002) continuam o relato sobre a condução da PA seguindo para a segunda etapa, que aborda os seis principais passos. Estes passos serão detalhados a seguir:

- Coleta de dados: os dados podem ser coletados de maneiras diferentes, dependendo do contexto em estudo. Os dados podem ser definidos como dados “*hard*” e dados “*soft*”. O primeiro refere-se àqueles dados que são coletados por meio de operações estatísticas e relatórios. O segundo diz respeito àqueles dados que são coletados por meio de observações, discussões e entrevistas. A geração destes dados vem por meio de um envolvimento ativo do pesquisador dentro do ambiente organizacional. Mello *et al.* (2012) afirmam que a combinação de diferentes técnicas de coleta de dados favorece a validação da pesquisa. Woodside e Wilson (2003) dizem que a triangulação de dados geralmente inclui: observação participante do pesquisador no local de estudo, investigação por meio de questionamentos dos participantes (questionários) e análises de documentos sobre a unidade de pesquisa.
- *Feedback* dos dados: os dados que foram coletados são então apresentados pelo pesquisador aos clientes de uma forma que seja possível uma análise. De outra maneira, o cliente pode coletar os dados e os pesquisadores podem facilitar ou participar de uma reunião de *feedback* dos dados coletados.
- Análise dos dados: na PA a análise dos dados é feita de forma colaborativa, tanto o cliente quanto o pesquisador fazem esta análise juntos. Esta abordagem parte do pressuposto de que os clientes sabem melhor sobre a sua empresa, sobre o que realmente pode dar certo dentro deste contexto e também serão aqueles que

implementarão e acompanharão qualquer ação a ser tomada. Algo que deve ser reforçado nesta questão é que os critérios e ferramentas utilizadas na análise devem estar ligadas diretamente ao propósito da pesquisa e ao objetivo da intervenção.

- Planejamento da ação: após a finalização da análise, a ação é planejada. Assim como na etapa de coleta de dados, o planejamento das ações também é uma atividade conjunta. Isto é, são definidos os responsáveis pela ação e o tempo para realização. Algumas perguntas que norteiam esta etapa são: o que precisa ser mudado? Em quais partes da empresa devem ocorrer a mudança? Que tipo de mudança é necessária? De quem é necessário um suporte? Como o comprometimento deve ser construído? Como a resistência deve ser administrada?
- Implementação: nesta etapa o cliente implementa o plano de ação. Isso envolve fazer as mudanças propostas e seguir o plano de ação em colaboração com membros-chave relevantes da organização.
- Avaliação: esta etapa envolve refletir nos resultados da ação aqueles intencionais e os não intencionais. Com esta avaliação, uma revisão do processo é feita para que, se necessário, um novo ciclo de planejamento e ação possa se beneficiar da experiência obtida. A avaliação é a chave para o aprendizado, sendo que se isto não ocorrer, ações podem continuar a serem realizadas sem gerar nenhum sucesso ou fracasso. Ou, até mesmo, os erros podem se proliferar e ocorrer frustração com a intervenção.

Por fim, tem-se a meta-etapa de monitoramento. Esta atividade ocorre em todo o ciclo, como pode ser visto na Figura 4. Portanto, cada um dos seis passos principais é monitorado, investigando sobre o que está acontecendo em cada passo principal, como cada um deles está sendo conduzido e quais suposições subjacentes estão operando, ou seja, o processo de aprendizagem é monitorado. Turrioni e Mello (2010) alegam que os ciclos da PA continuam até quando os participantes desejarem ou puderem ou até que os objetivos sejam atingidos. No capítulo quatro, a seguir, será apresentado o *framework* proposto, que foi estruturado seguindo os passos da PA apresentados neste capítulo.

4. FRAMEWORK PROPOSTO

Este capítulo mostrará a descrição detalhada do *framework* proposto FaMoSim (*Facilitated Modeling Simulation*), sendo um modelo para gerenciamento de projetos de simulação. Este *framework* foi estruturado seguindo as etapas da Pesquisa-Ação (PA). Essa descrição em detalhes visa atingir um dos objetivos específicos desta tese, que é a criação de um guia detalhado para replicação deste *framework*, auxiliando futuros pesquisadores. Será apresentada, primeiramente, uma comparação da PA com a tese e como o *framework* foi desenhado dentro de um ciclo de PA. Assim, o *framework* FaMoSim será detalhado, o qual foi utilizado em três empresas diferentes e aplicado em quatro objetos de estudo, sendo dois deles pertencentes a uma mesma empresa. Esses objetos de estudo representam o sistema real a ser simulado.

4.1 A pesquisa-ação e a tese

Nesta seção será fornecida uma relação, apresentada no Quadro 7, entre as características da PA, vistas no capítulo três, e o posicionamento desta tese. Desta forma, pretende-se assegurar que esta tese contempla as características da pesquisa-ação dentro do contexto em análise.

Quadro 7 – Relação entre a pesquisa-ação e a tese

Características da Pesquisa-ação	Tese
Relacionamento colaborativo entre o pesquisador e o cliente, tanto para resolver um problema quanto gerar novos conhecimentos; Criação de conhecimento (pesquisa) e transformação proposital da realidade em estudo (ação).	O <i>framework</i> proposto foi desenhado considerando essa participação ativa entre o pesquisador e os clientes/colaboradores das empresas para desenvolver um projeto de SED facilitada. Assim, esta abordagem se propõe, em não só resolver um problema dentro das empresas em estudo, auxiliando na tomada de decisão, mas também contribuir para a literatura de SED facilitada. Esta contribuição para a literatura visa apresentar um <i>framework</i> de SED facilitada, voltado para aplicações em empresas industriais, utilizando meios de comunicação remota, algo ainda não encontrado na literatura apresentada nesta tese. Desta forma haverá criação de conhecimento e a transformação da realidade das empresas. Como o <i>framework</i> proposto está sendo testado, esta participação ativa (pesquisador/cliente) é bastante relevante para modificar o <i>framework</i> , se necessário, para aplicações futuras.
Objetivo técnico (ação)	Fornecer aos gestores das empresas um <i>framework</i> de SED facilitada para auxílio à tomada de decisão, o qual considera os desafios enfrentados pelas empresas industriais na aplicação da SED. Com essa ferramenta, os gestores poderão entender melhor seus processos e projetar melhorias para o sistema real.
Objetivo científico (pesquisa)	Contribuir para a literatura na área apresentando o <i>framework</i> de SED facilitada utilizando meios de comunicação remota para incentivar/expandir estudos de SED facilitada em contextos que a SED não é amplamente utilizada.
Inclusão de vários tipos de coleta de dados	Para coleta de dados dentro das empresas será realizada a triangulação dos dados. Isto é, observação participante do pesquisador no local de

	estudo, investigação por meio de questionamentos dos participantes (questionários) e análises de documentos sobre a unidade de pesquisa.
Comumente realizada em tempo real	A aplicação do <i>framework</i> se dará em tempo real
Iniciação do projeto pela pesquisa	Ocorreu, primeiramente, um levantamento da literatura sendo verificado que a SED, em seu modo tradicional, não é amplamente utilizada em processos industriais das PMEs, devido suas características e limitações. Com esse levantamento, foi constatado que não só as PMEs, como também grandes empresas podem apresentar essas limitações para o desenvolvimento de estudos de SED. Assim, um levantamento teórico foi feito visando a ampliação de estudos de SED em contexto que ela não é amplamente utilizada.
Ciclo da PA utilizado: entender o contexto e o propósito da situação; realizar os seis passos principais (coleta de dados; <i>feedback</i> dos dados; análise dos dados; planejamento da ação; implementação; e avaliação); e monitoramento.	Foi adotado este ciclo da PA dentro do <i>framework</i> proposto. O <i>framework</i> se dará por meio da realização de <i>workshops</i> com os participantes das empresas e os pesquisadores. Nestes <i>workshops</i> ocorrerão o levantamento do contexto em estudo, o objetivo da aplicação, gerenciamento de expectativas, coleta e <i>feedback</i> e análise de dados, planejamento e avaliação das ações tomadas. Todo o processo será monitorado pelos pesquisadores, e os resultados gerados em cada <i>workshop</i> serão enviados aos participantes para acompanhamento.
Resultados da pesquisa-ação	Os resultados obtidos com a aplicação serão avaliados com o objetivo de se comprovar a eficácia do <i>framework</i> proposto. Ou seja, auxiliar os gestores a entenderem melhor seus processos e auxiliar na tomada de decisão.
Validação e qualidade da Pesquisa-ação	Primeiramente, este trabalho não se caracteriza como uma consultoria disfarçada de pesquisa, pois pretende-se chegar a uma contribuição científica real. Para garantir a imparcialidade da pesquisa, serão apresentadas a visão tanto dos pesquisadores quanto dos pesquisados. Serão fornecidas partes de transcrições de entrevistas dos participantes e as respostas deles aos questionamentos realizados.

Fonte: própria autoria.

4.2 O *framework* FaMoSim

O *framework* FaMoSim (*Facilitated Modeling Simulation*) foi desenhado seguindo os passos de uma pesquisa-ação e baseado na literatura da área. Assim, ele será apresentado apoiando-se, principalmente, nos trabalhos de Tako e Kotiadis (2015), Robinson (2001), Robinson *et al.* (2014) e Proudlove *et al.* (2017), além da literatura apresentada no capítulo dois desta tese. O *framework* FaMoSim foi criado para apoiar intervenções realizadas em empresas industriais com o objetivo de aplicar a SED facilitada, tornando essa técnica mais acessível à essas empresas que apresentam limitações para aplicação da SED em seu modo tradicional.

Este trabalho empregou o *software* livre Cawemo e a notação BPMN, sendo utilizados para criação do modelo conceitual. Foi escolhida essa notação, pois ela é uma notação de padrão ISO¹ em sua versão 2.0, a qual é amplamente utilizada na indústria, sendo de fácil entendimento a todos os usuários (Dani *et al.*, 2019). Também, no estudo em que foi utilizado para promover

¹ ISO/IEC 19510:2013: <http://www.omg.org/spec/BPMN/ISO/19510/PDF>.

a SED facilitada, a notação BPMN se mostrou uma ferramenta rápida e fácil de usar, produzindo visualizações diretas que os clientes puderam entender intuitivamente, inclusive aqueles que não apresentavam conhecimento específico (Proudlove *et al.*, 2017). Os mesmos autores ainda afirmaram que o uso desta notação para modelagem conceitual fornece um ponto de entrada natural para os *stakeholders* na SED, para aqueles que tem pouca consciência de simulação e dificuldades em compreender e trabalhar com ela. A notação BPMN é a melhor opção em comparação com outros padrões (Proudlove *et al.*, 2017; Wagner, 2014).

Outra vantagem é que muitos *softwares* gratuitos de simulação suportam o padrão BPMN, sendo uma linguagem de modelagem que não depende de um *software* específico, fornecendo uma flexibilidade ao modelador (Proudlove *et al.*, 2017). Para o desenvolvimento do modelo computacional foi utilizado, nesta tese, o *software* Promodel®, pela familiaridade dos pesquisadores com ele. Embora o desenvolvimento dos modelos computacionais não esteja limitado ao uso deste *software*. O foco principal dos modelos gerados pelo *framework* FaMoSim é aumentar o entendimento da situação problema e auxiliar os *stakeholders* na identificação de possíveis melhorias para o processo.

As etapas do *framework* foram desenhadas para acontecerem de forma remota, utilizando reuniões híbridas. Assim, o *framework* FaMoSim contribui com este gênero de reunião, não se limitando apenas a ser realizado inteiramente remoto, mas com a possibilidade de que alguns integrantes participem remotamente, enquanto outros estejam juntos presencialmente. Esta abordagem pode tornar os estudos de SED economicamente mais vantajosos, pois gastos com deslocamentos são evitados. Da mesma forma, os projetos de SED não ficam limitados geograficamente, sendo possível realizar estudos em diversos lugares.

Assim, o FaMoSim oferece suporte para pesquisadores que desejam realizar estudos de SED facilitada de forma remota, fornecendo algumas recomendações para reuniões híbridas bem-sucedidas, principalmente relacionadas ao número de membros na equipe do projeto e à duração das reuniões. A literatura aponta que em reuniões presenciais, a sua duração pode ser estendida em até 3 horas (Robinson *et al.*, 2014). Essa duração é difícil de ser alcançada em reuniões híbridas, pois os membros têm mais probabilidade de se distrair facilmente (Oeppen *et al.*, 2020). Assim, o *framework* divide as atividades em cada *workshop*, favorecendo com que a reunião não exceda o tempo estipulado (60 minutos), o que poderia causar prejuízos aos resultados. O número de membros da equipe do projeto é outra preocupação relevante em reuniões híbridas. A literatura aponta que muitos participantes (mais de cinco) podem afetar

negativamente a eficácia da reunião (Standaert *et al.*, 2022; Itzhakov e Grau, 2020). Portanto, foi tomado este cuidado para evitar a participação de mais de cinco *stakeholders*.

É entendido que este formato de reunião seja possível para a aplicação da SED facilitada, baseado no trabalho de Standaert *et al.* (2021a). De acordo com estes autores, os objetivos das reuniões estabelecem a melhor forma de como reunir. Standaert *et al.* (2021a) constataram 15 possíveis objetivos para as reuniões, seis principais capacidades para alcançar um ou mais destes objetivos e os modos de reunião mais eficazes para garantir que esses objetivos sejam alcançados. Estas informações podem ser vistas na Figura 5.

	Objetivo da Reunião	Capacidades importantes					Modo de reunião proposto	
1	Troca de informações de rotina	Ouvir as vozes dos participantes (fala e tom de voz)	Usar telas de computador e/ou espaços de trabalho compartilhados	Experimentar a co-localização (a sensação de estar no mesmo local físico)	Observar a linguagem corporal e os gestos dos participantes	Discernir as expressões faciais dos participantes	Observar o que os participantes estão olhando	Áudio-conferência (ou videoconferência para reuniões mais longas)
2	Troca não rotineira de informações							
3	Esclarecer um conceito, problema ou ideia							
4	Trocar/compartilhar diferentes opiniões ou pontos de vista sobre um tópico ou problema							
5	Encontrar uma solução para um problema que surgiu							
6	Gerar ideias sobre produtos, projetos ou iniciativas							Videoconferência ou telepresença
7	Mostrar preocupação ou interesse pessoal							
8	Tomar uma decisão							
9	Dar ou receber <i>feedback</i>							
10	Gerar adesão ou consenso sobre uma ideia							
11	Montar uma equipe e/ou motivar o trabalho em equipe em um projeto							
12	Trocar informações confidenciais, privadas ou sensíveis							
13	Manter relacionamentos e manter contato							
14	Resolver conflitos e desacordos dentro de um grupo							
15	Construir confiança e relacionamentos com um ou mais indivíduos							

Figura 5 – Objetivos das reuniões, capacidades importantes e modos reunião propostos
 Fonte: Adaptado de Standaert *et al.* (2021b)

Com relação aos modos de reunião presentes na Figura 5, a áudio-conferência permite a comunicação e a interação de pessoas que estão localizadas em regiões diferentes por meio da voz, com o auxílio de linhas telefônicas comuns e internet. Na videoconferência as pessoas se conectam remotamente em várias plataformas, dispositivos e telas. A telepresença refere-se a um conjunto de tecnologias que permitem que uma pessoa se sinta como se estivesse presente, em um lugar diferente de sua verdadeira localização.

Desta forma, para cada *workshop* (reunião) realizado haverá um ou mais objetivos, dentre aqueles vistos na Figura 5. Logo, a videoconferência e a participação face a face são modos eficazes para garantir que estes objetivos sejam alcançados, sendo possível uma intervenção de SED facilitada com comunicação remota. Uma recomendação de Standaert *et al.* (2021a) é que as reuniões não tenham muitos objetivos (de um a três), pois é provável que

com um número muito grande deles, as conclusões da análise da reunião não sejam tão confiáveis.

Para garantir a validade e eficácia das etapas do *framework* FaMoSim, além do que será levado em conta com relação à validade e qualidade de uma pesquisa-ação, cada etapa do *framework* será medida, baseada em seus respectivos objetivos. Isto é, haverá um controle em cada fase para assegurar que os objetivos sejam alcançados.

O *framework* FaMoSim consiste em cinco fases principais, sendo elas: Abertura do projeto; Modelagem Conceitual (*workshop* 1); Modelagem Conceitual (*workshop* 2); Modelagem computacional (*workshop* 3); *Feedback* (*workshop* 4). Cada uma dessas etapas apresenta o seu objetivo específico, as atividades que devem ser realizadas para atingir o objetivo, os resultados esperados para cada estágio e as ferramentas utilizadas para auxiliar no processo. A verificação e validação pertencentes a um estudo de simulação serão realizadas nestas etapas. A Figura 6 apresenta as etapas principais do FaMoSim, as quais serão apresentadas com mais detalhes posteriormente.

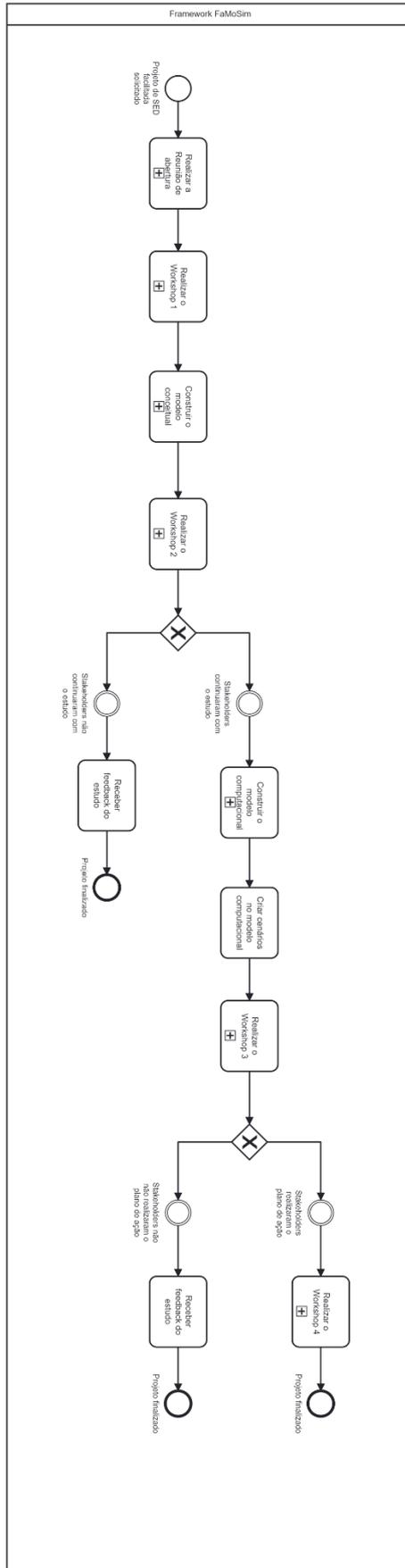


Figura 6 – Framework FaMoSim
Fonte: própria autoria

O tempo para aplicação do *framework* foi estimado em três meses, podendo se estender dependendo da disponibilidade da empresa ou dos pesquisadores, algo que afeta diretamente o tempo de aplicação. Dentro das etapas principais são alocadas as reuniões, as quais serão um total de cinco (Reunião de abertura, *Workshop 1*, *Workshop 2*, *Workshop 3* e *Workshop 4*).

A recomendação da literatura é que as reuniões híbridas durem, no máximo, 90 minutos e, se for necessária uma duração maior, deve-se adotar intervalos de 10 a 20 minutos. Tako e Kotiadis (2012), após realizarem duas intervenções de SED facilitada, notaram a dificuldade do facilitador da reunião em manter o grau de concentração por muito tempo, sendo o ideal em torno de 60 minutos. Assim, as reuniões híbridas serão programadas para ter duração de 60 a 90 minutos. Como se trata de uma aplicação via comunicação remota, falhas técnicas podem ser inevitáveis. Caso o acesso à internet seja comprometido, dependendo da necessidade, o *workshop* poderá ser agendado para outro dia.

Os participantes da intervenção são divididos em dois times: a equipe de modelagem e a dos *stakeholders*, formando assim o time de projeto. O grupo de modelagem será composto por, no máximo, dois pesquisadores (facilitador e modelador), os quais gerenciam o processo e as expectativas dos *stakeholders*, assim como incentivam a participação deles. A literatura aponta uma terceira pessoa, que seria responsável por observar a reunião e anotar suas impressões. Porém, como será uma reunião híbrida, optou-se por menos participantes *on-line* para evitar sobrecarga na rede Wi-Fi dos *stakeholders*. Assim, os dois pesquisadores também farão esse papel de observadores e, se possível, a reunião será gravada para posterior consulta. O time de *stakeholders* será composto por duas a quatro pessoas pertencentes à empresa. Deste modo, cada membro será conscientizado de seu papel dentro do grupo. O Quadro 8 mostra a descrição destes papéis.

Quadro 8 – Papéis dos integrantes do projeto

Papeis do time de projeto	Descrição
Time de modelagem	
Facilitador	A pessoa que comandará as reuniões, assegurando que os objetivos sejam cumpridos, o tempo seja respeitado, as atividades sejam realizadas. Ou seja, gerenciando a dinâmica do grupo e promovendo a interação entre os participantes. Também fará anotações como observador da reunião.
Modelador	A pessoa especialista em simulação a eventos discretos, que auxiliará na conversão do modelo conceitual para o computacional. Também ajudará na validação e verificação do modelo. Pode auxiliar também na observação da situação, fazendo suas anotações.
Time de stakeholders	
<i>Stakeholder(s)</i> chave	Uma ou duas pessoas pertencentes à organização, que tenham cargos de gestão dentro da empresa com poder de tomada de decisão. Estas pessoas devem ser entusiasmadas com o estudo, sendo um elo entre o time de modelagem e o time de <i>stakeholders</i> , e também responsáveis por promover o estudo dentro da organização.
Outros <i>stakeholders</i>	Demais funcionários da empresa (um a três) que tenham conhecimento da situação problema, ou pertencentes ao processo em análise (especialistas do processo).

Fonte: Adaptado de Kotiadis *et al.* (2014)

Pela importância do papel do facilitador, este deve: ter em mente a necessidade de ser um bom ouvinte; identificar informações relevantes e manter a discussão dentro do tópico; gerenciar conflitos e personalidades difíceis dentro da equipe de *stakeholders*; apresentar as informações de forma clara e interessante, evitando linguagem técnica de simulação; e atrair os *stakeholders*, principalmente os mais quietos, para a discussão.

Para que a intervenção seja possível, é necessário, pelo menos, que a empresa tenha uma boa rede Wi-Fi, um computador ou *notebook* e uma sala de reuniões com uma mesa que caiba quatro pessoas. Dessa forma, os *stakeholders* podem se colocar lado a lado, de frente para o computador, sendo possível que eles vejam os pesquisadores e vice-versa. Se houver nesta sala uma televisão, na qual seja possível projetar a tela do computador, será interessante usar este recurso para melhorar a visualização. Portanto, os *stakeholders* estarão face a face e os pesquisadores remotamente.

Caso seja a realidade da empresa apresentar computadores apenas nos postos de trabalho dos colaboradores, é possível que cada *stakeholders* esteja em seu posto de trabalho durante as reuniões virtuais.

4.2.1 Contexto e propósito

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), nesta etapa devem ser respondidas duas questões. A primeira é “Qual a justificativa para a ação?” objetivando desenvolver um entendimento do contexto, justificando o porquê este projeto de ação é necessário ou desejável.

Como este estudo se iniciou pela pesquisa, a própria fundamentação teórica apontou as lacunas deste contexto. Primeiramente, como já foi explanado nos capítulos anteriores, existem contextos em que a SED em seu modo tradicional não é amplamente utilizada, como é o caso de PMEs devido a suas características e limitações. Porém, esse cenário não é exclusivo de PMEs. Desta forma, um projeto de ação que visa ampliar estudos de SED, levando os seus benefícios para um maior número de empresas industriais, é algo necessário e desejável (Byrne *et al.* 2021; Ivers *et al.*, 2016).

As empresas que fizeram parte do estudo variaram entre PMEs e grandes empresas, não sendo todas elas pertencentes ao município de Itajubá. Porém, foi dada preferência para empresas localizadas em Itajubá para estreitar o relacionamento entre as organizações e a instituição de ensino (Unifei), beneficiando primeiramente a comunidade com os conhecimentos construídos dentro da universidade. O contato com as empresas foi feito por *e-mail*, explicando brevemente sobre o trabalho (números de reuniões e intervenção remota) e se eles têm interesse em participar do estudo.

A segunda questão que também deve ser respondida é “Qual a justificativa para a pesquisa?”, sendo esta uma reflexão sobre se este projeto de ação vale a pena ser estudado, sobre como a pesquisa-ação (PA) é um método apropriado para ser utilizado nesta situação e quais contribuições são esperadas para gerar o conhecimento. Entende-se que este projeto deve ser estudado, primeiramente porque a SED é uma importante ferramenta de auxílio a tomada de decisão, e as grandes e pequenas empresas podem se beneficiar significativamente por meio da utilização da SED (Ivers *et al.*, 2016). A literatura também aponta que mais estudos de SED deveriam ser realizados em contextos onde ela não é amplamente utilizada, para que mais empresas possam se beneficiar desta técnica (Byrne *et al.* 2021; Ivers *et al.*, 2016). Por fim, este trabalho propõe utilizar a SED facilitada nestes contextos, algo ainda pouco explorado na literatura (Kotiadis e Tako, 2018; Robinson *et al.*, 2014).

A Pesquisa-ação é método apropriado para ser utilizado neste trabalho para criação do *framework*, pois segundo Mello *et al.* (2012) na PA a técnica mais empregada é a observação participante, sendo o pesquisador incorporado ao grupo de *stakeholders* da empresa e exercendo influência sobre ele. Portanto, esta observação participante é realizada neste trabalho. Outra vantagem deste envolvimento entre pesquisador e pesquisado é que o *framework* proposto será testado, logo é importante esta troca direta entre os participantes para aprimoramento do *framework*. Por fim, a PA foi o método empregado pelos autores para desenvolverem os

frameworks de SED facilitada presentes na literatura (Robinson *et al.* 2014; Tako e Kotiadis, 2015).

Já com relação às contribuições esperadas para gerar o conhecimento, pretende-se apresentar um *framework* eficaz de SED facilitada para apoiar intervenções que utilizam meios de comunicação remota e auxiliar os gestores das empresas no entendimento do processo e na tomada de decisão. Ou seja, que gere uma compreensão compartilhada da situação analisada e que leve a melhorias no processo em estudo. Assim, busca-se incentivar mais estudos de SED nestas empresas. Sendo assim, estas duas questões foram respondidas.

Para aprofundar mais ainda o entendimento sobre o contexto e propósito, tem-se, então, a primeira fase do *framework*: Abertura do projeto. Nesta fase, além de objetivar ganhar a confiança dos participantes e fazer com que eles compreendam a importância e o valor da intervenção, serão discutidos também o problema que será estudado na empresa. Ou seja, será iniciada uma rápida discussão sobre um possível processo que precisa ser melhorado por meio da SED.

4.2.1.1 Fase 01 – Abertura do projeto

A aplicação do *framework* FaMoSim se iniciará na fase abertura do projeto. Assim, neste estágio, ocorrerá a reunião de abertura. Nesta reunião serão convidados, no máximo, dois *stakeholders* chave da empresa. Esta(s) pessoa(s), como visto no Quadro 8, devem ser gestores/gerentes com poder de decisão dentro da organização, assumindo o papel de impulsionadores do projeto em seu contexto. Pelo menos um integrante do time de modelagem deve também participar desta reunião. Vale lembrar que o facilitador e o modelador podem ser a mesma pessoa.

Esta primeira reunião apresenta dois objetivos. O primeiro é esclarecer aos *stakeholders* o que é a SED facilitada, seus benefícios para a empresa e como será a aplicação (explicação do *framework*). O segundo é iniciar um compartilhamento dos *stakeholders* com o time de modelagem sobre um possível processo para estudo e, dentro deste processo, quais outras pessoas poderiam compor o time de *stakeholders* para participar da intervenção e pré-estabelecer algumas possíveis datas das próximas reuniões/*workshops*.

Para essa apresentação inicial foi considerado o que foi apresentado por Omri *et al.* (2020) e Teerasoponpong e Sopadang (2021). Isto é, a importância de convencer os gestores da eficácia (utilidade) de novas ferramentas e provar a viabilidade do projeto.

A SED é uma técnica que auxilia na tomada de decisão, e a percepção de utilidade está ligada justamente a alcançar esse objetivo (Robinson, 2008a). No modo facilitado, a SED visa gerar uma compreensão compartilhada do sistema e identificar possíveis melhorias, conseqüentemente auxiliando também na tomada de decisão. Assim, a SED facilitada deve se mostrar útil para auxiliar na tomada de decisão.

Para isto, um exemplo prático da utilização da SED pode ser fornecido nesta primeira reunião, que mostre como ela funciona e seus resultados. Caso seja necessário, é possível agendar uma reunião exclusivamente para treinamento dos *stakeholders* sobre a SED. Porém, se os *stakeholders* chave já apresentarem um conhecimento prévio sobre a SED, é entendido que não seja preciso separar um tempo da reunião de abertura para mostrar um exemplo prático de aplicação da técnica. Neste caso, o facilitador faz uma apresentação apenas deixando claro o que é a SED facilitada, seus benefícios para a empresa e como será a aplicação (explicação do *framework*).

Outra forma de reforçar a importância da participação no estudo é mostrar às empresas que ter uma parceria ou trabalho com universidades/institutos de pesquisa é algo muito importante para o sucesso da organização. Esta colaboração os ajuda a se atualizar sobre as inovações, melhora seus processos, leva a um maior aprendizado e troca de informações, sendo algo que se limita apenas à própria experiência da empresa, e também auxilia na sua competitividade frente aos seus concorrentes.

Para provar a sua viabilidade, ou seja, obter resultado dentro do tempo, com os recursos e dados disponíveis (Robinson, 2008a), será mostrado aos *stakeholders* que a SED facilitada contempla os desafios e limitações de contextos nos quais a SED não é amplamente utilizada e apresenta um potencial para sugerir melhorias ao processo. Dessa forma, ela se mostra viável ao expor uma comparação entre as características da SED modo especialista (ex. necessidade de uma coleta extensa de dados), e a SED modo facilitado (pode trabalhar com dados estimados).

Com relação ao compartilhamento do processo que poderá ser estudado, os *stakeholders* serão notificados por *e-mail*, antes da reunião de abertura, para já começarem a pensar em um possível processo para estudo e um problema que eles gostariam de entender melhor. Esta preparação prévia dos *stakeholders* facilitará que os objetivos estabelecidos para a reunião sejam cumpridos. Neste *e-mail* os *stakeholders* receberão também a agenda da reunião, informando os objetivos dela.

Portanto, as atividades que serão realizadas nesta primeira reunião são uma apresentação inicial dos pesquisadores sobre a SED facilitada. Nesta apresentação, serão incluídas as diferenças entre a SED tradicional e a SED facilitada, focando no potencial da técnica de ser aplicada nas empresas e os benefícios desta aplicação. Também será apresentado o *framework* utilizado. O tempo para esta atividade será de 5 a 10 minutos. Esta apresentação fará com que os *stakeholders* contemplem o valor da ferramenta para seu contexto, vejam sua viabilidade e sua utilidade em auxiliar na tomada de decisão e entendam a sua aplicação. Com isto, espera-se, por parte dos *stakeholders*, a percepção de que a ferramenta é útil e viável, e o desenvolvimento do estudo é algo importante, gerando a sua aceitação. Durante essa apresentação os *stakeholders* ficarão à vontade para tirar suas dúvidas sobre a técnica.

A medição desses resultados será feita da seguinte forma: após ou durante a apresentação, os *stakeholders* poderão tirar suas dúvidas sobre o que foi/está sendo apresentado. Os pesquisadores também farão anotações sobre suas impressões com relação ao tom voz dos *stakeholders*, se eles se mostraram entusiasmados ou hesitantes, e como foi a participação deles na reunião (comportamento).

Para o segundo objetivo, que é iniciar o compartilhamento do problema/processo que poderá ser estudado, os *stakeholders* serão questionados sobre qual(is) processo(s) eles querem entender melhor e projetar melhorias. Assim, rapidamente, o *stakeholder* chave comenta sobre o(s) processo(s) e o(s) problema(s) enfrentado(s). Deste modo, os pesquisadores irão analisar o processo (condições de roteamento – ideal uma entidade; e variabilidade do processo – ideal um processo padronizado) para garantir que aquele sistema escolhido ou parte dele obedeça às recomendações da literatura.

Após essa discussão prévia, os *stakeholders* irão refletir sobre quais possíveis funcionários comporão o time, ou seja, os especialistas do processo. Esses especialistas irão auxiliar na descrição do sistema, na definição dos objetivos, no fornecimento dos dados e na aplicação e análise dos resultados. Por fim, as datas e os horários para a realização dos *workshops* serão discutidos. Como resultado disto, um formulário será preenchido com as informações geradas. A Figura 7 mostra esta primeira fase do *framework* FaMoSim.

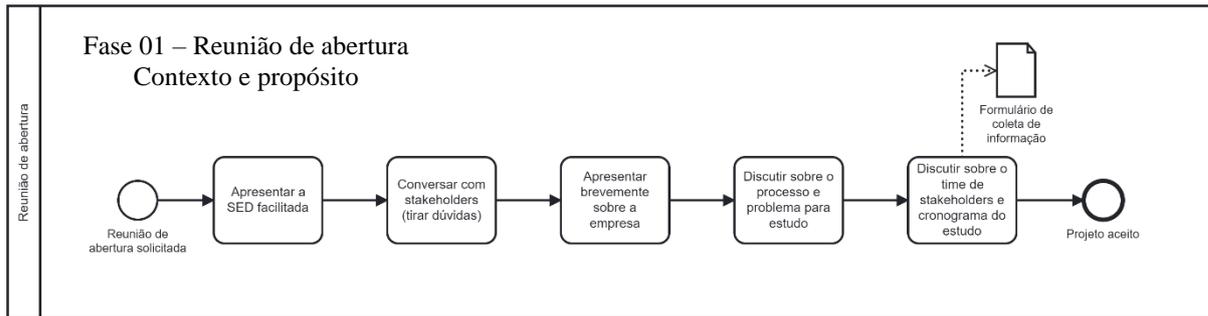


Figura 7 – Fase 01 do *framework* FaMoSim
 Fonte: Própria autoria

4.2.2 Etapas principais

A partir do primeiro *workshop* começarão as etapas principais citadas no trabalho de Coughlan e Coughlan (2002). A modelagem conceitual é contemplada nas fases 02 e 03 do *framework*. A Fase 02 representa a etapa de coleta de dados e a Fase 03 representa a etapa de *feedback* dos dados do ciclo da pesquisa-ação. Os dados serão coletados de duas formas: primeiro por meio de questionamentos aos *stakeholders* sobre o funcionamento do processo em estudo e seus dados. Também ocorrerá uma coleta de dados da própria empresa, sendo proveniente de base de dados histórica e documentos sobre o *layout* do processo (quando houver), programação da produção, etc. A segunda forma será a coleta de dados em formato de observação do comportamento dos participantes pelos pesquisadores. A primeira coleta de dados está relacionada com a resolução do problema prático da empresa e a segunda com a geração de conhecimento para a literatura.

A etapa de coleta de dados acontecerá no *workshop* 1. Já a etapa de *feedback* dos dados ocorrerá no *workshop* 2. Ou seja, utilizando os dados coletados, o time de modelagem fornecerá um *feedback* aos *stakeholders* apresentando a eles o modelo conceitual para que seja possível uma análise do processo.

4.2.2.1 Fase 02 – Modelagem Conceitual - coleta de dados

De acordo com Robinson (2020), em seu trabalho de revisão de literatura, ainda não há um acordo sobre a definição de modelagem conceitual, porém existem autores que são considerados referências no assunto. Os principais autores identificados em número de publicação foram: Robinson, S., van der Zee, D-J; Kotiadis, K. Tako, A.A., entre outros, e os artigos mais citados sobre o tema em questão são Robinson (2008a) e Robinson (2008b). Deste

modo, algumas constatações advindas do trabalho de Robinson (2008a) sobre modelagem conceitual são:

- Ela está relacionada a abstrair um modelo de um sistema real ou proposto, ou seja, é sobre como passar de uma situação de problema, por meio de requisitos de modelo, para uma descrição do que será modelado e como.
- Não é um processo único, mas algo que é repetido e refinado muitas vezes durante o estudo de simulação. Isto é, o aprendizado contínuo que ocorre durante o estudo pode causar ajustes no modelo conceitual, como a compreensão do problema.

E sobre modelo conceitual:

- Trata-se de uma representação simplificada do sistema real e é independente do *software* escolhido para criação do modelo computacional.
- Orienta o desenvolvimento do modelo de simulação.

Ainda segundo Robinson (2008a), as perguntas feitas pelo modelador durante a modelagem conceitual podem levar a novos *insights* sobre o processo, sendo que em um extremo maior, ideias derivadas puramente da modelagem conceitual podem ser implementadas no sistema real. Em vista disso, no *framework* proposto nesta tese, será dada a liberdade aos *stakeholders* caso eles não queiram seguir para a modelagem computacional, estando satisfeitos com as ideias geradas puramente com a modelagem conceitual.

A visão de Robinson (2008a) sobre a modelagem conceitual é compartilhada pelos autores no trabalho Kotiadis *et al.* (2014), e também é adotada no presente estudo. Logo, a construção desta etapa foi baseada, principalmente, nos trabalhos de Robinson (2008a, b), Robinson *et al.* (2014) e Kotiadis *et al.* (2014). Sobre a condução de reuniões híbridas e modelagem simplificada, os conceitos e dicas adotadas encontram-se nos Quadros 4, 5 e 6.

No *workshop* 1 o processo escolhido para estudo será detalhado pelos *stakeholders*, auxiliando posteriormente o time de modelagem na construção do modelo conceitual. No *workshop* 2 o modelo conceitual será validado com os *stakeholders*. Também haverá uma seção dedicada a um levantamento de ideias de melhoria que podem ser tanto implementadas diretamente no sistema real quanto experimentadas no modelo computacional (criação de cenários). Neste *workshop* 2 será dada liberdade aos *stakeholders* caso eles prefiram seguir para elaboração do plano de ação e implementação das ideias no sistema real e não utilizar a modelagem computacional.

No *workshop* 1 deverão estar presentes virtualmente o time de modelagem e presencialmente o time completo dos *stakeholders*, com os novos participantes que foram definidos na reunião de abertura, totalizando, no máximo, seis pessoas no *workshop*. Caso a empresa não apresente uma sala específica para realização da reunião, com computadores para os funcionários, cada colaborador pode participar em seu posto de trabalho/computador.

O *workshop* 1 apresenta dois objetivos. O primeiro é esclarecer aos outros *stakeholders* o que é a SED facilitada e como ela funciona. O segundo objetivo é descrever o processo em estudo, ou seja, os *stakeholders* irão compartilhar suas visões sobre como o processo funciona e informar o problema enfrentado.

Para esclarecer os conceitos aos outros *stakeholders*, o *workshop* 1 será iniciado com uma apresentação contendo informações sobre: o que é a SED facilitada e como ela funciona; o papel de cada integrante durante todo o projeto, ou seja, como ele pode ajudar no estudo e como a participação de cada um é importante para o sucesso da intervenção.

Assim, espera-se o entendimento por parte dos outros *stakeholders* sobre como funcionará o estudo e a percepção de que a ferramenta é útil, viável e importante. A medição desses resultados será feita como na reunião de abertura: após a apresentação, um tempo será dedicado para sanar as possíveis dúvidas dos *stakeholders*. Os pesquisadores também farão anotações sobre suas impressões com relação ao tom voz dos participantes, e como foi o comportamento deles na reunião.

Esta atividade de apresentação pode parecer um pouco tediosa aos *stakeholders* chave, pois eles terão um papel mais passivo nesse momento. Porém, entende-se que esta etapa é também importante para eles, pois fundamenta o conceito em suas mentes. Cabe ressaltar que a apresentação utilizada no *workshop* 1 não será a mesma da apresentação de abertura, sendo algo mais resumido, pois os *stakeholders* chave foram incentivados a já promoverem a ideia dentro da empresa.

Na atividade seguinte os *stakeholders* deverão compartilhar suas visões sobre como o processo funciona e informar o problema enfrentado. Desta forma, os pesquisadores questionarão os *stakeholders* sobre: “qual o maior problema que vocês enfrentam dentro da empresa, o qual gostariam de entender melhor e projetar melhorias?”. Para auxiliar na atividade de descrição do processo, foi criada a ferramenta descrição do processo, baseada, principalmente, no trabalho de Robinson *et al.* (2014). Estes autores sugerem que, além da representação do sistema, o mapa do processo poderia conter também os dados e regras

necessárias para gerar o modelo computacional de forma rápida. Isto também seria uma vantagem para os modeladores que já obteriam várias informações sobre o processo, poupando tempo e excesso de comunicação com os *stakeholders* para coleta de informações para construção do modelo computacional.

Sobre a ferramenta descrição do processo, cada item dela reflete informações que serão empregadas no modelo de simulação. Robinson *et al.* (2014) sugerem alguns requisitos para modelagem de simulação rápida, as quais serão empregadas neste formulário. No Quadro 9 vê-se as informações que serão coletadas com o auxílio da ferramenta, ou seja, os elementos do modelo, os detalhes relacionados a esses elementos e as regras que podem ser adotadas na programação dos elementos. No APÊNDICE A, a ferramenta é apresentada detalhadamente.

Quadro 9 – Itens da Ferramenta descrição do processo

Elementos do modelo	Detalhes	Regras
Entidade	Atributo (peças distintas, clientes com atendimento diferenciado)	Tipo de entidade; prioridade
	Chegada	Perfil baseado em tempo (distribuição de tempo) ou acontecimento; entrada (ex. FIFO); lotes
	Atividade de início	Divisão por % ou por atributo
Atividade	Nº de atividades; sequência; rotas; tempo para realização; Gargalo; Paradas (quebra de máquina, manutenção, setup, etc).	Distribuição de tempo; entrada (ex. FIFO, condição)
Filas/esteiras/ estoques	Capacidade	FIFO, LIFO, por atributo
Dado e distribuições	Porcentagem; Exponencial; Triangular; Log-normal	Definir as %; valores máximos, mínimos e moda

Fonte: Baseado em Robinson *et al.* (2014)

Sobre o Quadro 9, as entidades representam aquilo que sofrerá transformação durante o processo, ou seja, uma peça que será processada. Esta(s) entidade(s) pode apresentar alguma característica inerente, que as diferencia das demais, sendo isto classificado como atributo. Já a chegada da entidade informa a maneira como ela entra no sistema, podendo ser por um tempo específico (distribuição) ou por um acontecimento, sendo chegadas únicas ou em lotes, obedecendo uma ordem de chegada (FIFO) ou não. Por fim, a atividade de início da entidade representa como ela inicia seu processo, podendo ser em uma máquina específica. Como é possível diferentes atividades de início, é necessário informar a porcentagem que divide o caminho que cada entidade percorre ou o atributo que ela possui que caracteriza essas diferentes entradas.

As atividades retratam cada etapa que a entidade percorre em seu processo de transformação até sair do sistema. Portanto, deve-se descrever a sequência das atividades, o

tempo de realização de cada uma delas e a regra de entrada da entidade na atividade, podendo ser ou FIFO ou por alguma condição do sistema. As filas/esteiras ou estoques são geralmente encontradas entre as atividades ou na chegada do processo. Este local retrata a espera da peça para ser processada, sendo necessário informar a capacidade de alojamento e a condição de saída da entidade deste local.

Os dados e distribuições que serão empregados para representar as porcentagens das rotas da entidade e os tempos no sistema (chegada e processamento) poderão ser estimados pelos *stakeholders*, sendo primariamente responsabilidade dos especialistas no processo. Como serão dados estimados, será observado o comportamento das entidades para definir a distribuição dos dados.

Banks (1998) comenta sobre alguns comportamentos que, ao serem considerados, auxiliam na estimativa dos dados. Exemplo: se as chegadas ocorrem uma de cada vez, de forma aleatórias e completamente independentes umas das outras, não apresentando períodos rápidos ou lentos, ocorre um processo de Poisson, sendo que o número de chegadas segue uma distribuição exponencial; agora, se o tempo de uma atividade ou reparo de uma máquina fica entre um número máximo e mínimo, e que cada valor dentro deste intervalo é igualmente provável de acontecer, então adota-se uma distribuição uniforme. Porém, uma melhor estimativa ocorre quando um valor mais provável também pode ser estimado, ou seja, o tempo de uma atividade classifica-se entre três a oito minutos com um tempo mais provável de cinco minutos. Assim, uma distribuição triangular pode ser utilizada (máximo, mínimo e moda).

Sobre este assunto, no trabalho de Robinson *et al.* (2014), os modeladores pediram aos *stakeholders* que estimassem o tempo mínimo, máximo e a moda para cada atividade, utilizando, então, uma distribuição triangular. Robinson (2001) também empregou a distribuição triangular para representar os tempos de atividade, porém percebeu que a duração das tarefas estava superestimada e, assim, substituiu esta distribuição por uma log-normal, usando o valor modal da primeira como a média para a segunda.

Considerando o contexto empresarial, também foi inserido nesta ferramenta mais duas perguntas para facilitar a construção do modelo computacional. Isto é, os *stakeholders* serão questionados sobre “Qual é o gargalo do processo?” e “Quais os problemas que ocorrem frequentemente no processo?” (ex: quebra de máquina).

O facilitador ficará responsável por conduzir a dinâmica e anotar as informações no Formulário de coleta de informação (nome do processo, problema enfrentado, objetivo do

modelo, nome e cargo dos *stakeholders*) e utilizar a ferramenta descrição do processo para guiar a descrição do processo por parte dos *stakeholders*.

Após a finalização desta atividade, os resultados serão: a descrição do processo e as regras e dados necessários para a construção do modelo de simulação. Assim, o *workshop 1* será finalizado. A Figura 8 mostra a segunda parte do *framework* FaMoSim.

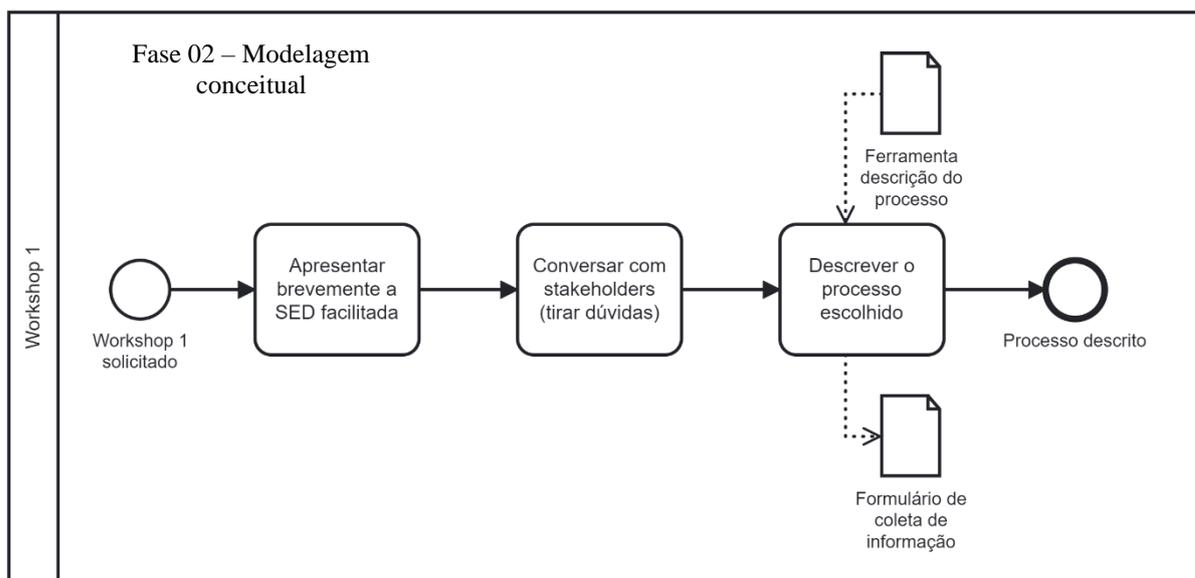


Figura 8 – Fase 02 do *framework* FaMoSim
Fonte: Própria autoria

Após o *workshop 1* serão realizadas algumas atividades para a continuação da intervenção e realização do *workshop 2*. Kotiadis *et al.* (2014) reforçam a ideia de preparar materiais preliminares para os *workshops*, evitando, assim, um consumo de tempo desnecessário e improdutivo durante a reunião. Desta forma, para não consumir tempo desnecessário do *workshop 2*, o time de modelagem construirá e verificará o modelo conceitual. Para a construção do modelo foi proposto um procedimento de verificação e validação de modelos diagramáticos (V&V-DM).

4.2.2.2 Procedimento V&V-DM

O procedimento proposto para a verificação e validação de modelos diagramáticos será chamado de *Verification and Validation of diagrammatic models* (V&V-DM). Ele possui três ciclos, sendo o ciclo 1 e o ciclo 2 obrigatórios. O ciclo 3 é uma extensão do procedimento, para o caso do ciclo 2 apresentar como *output* um modelo diagramático parcialmente validado. A Figura 9 mostra o V&V-DM.

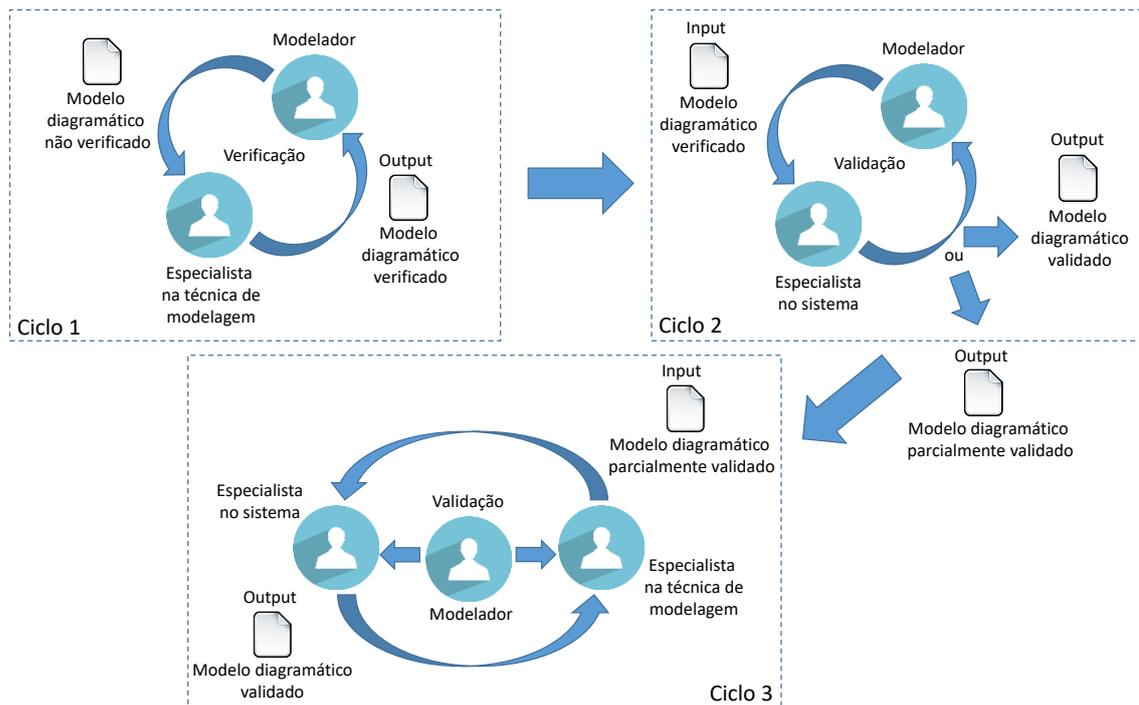


Figura 9 – Os 3 ciclos que compõem o V&V-DM

O processo de V&V-DM possui 3 participantes: o modelador, o especialista na técnica de modelagem e o especialista no sistema. O modelador é o participante responsável pela criação do modelo diagramático. Cabe a ele criar o modelo diagramático que representará o sistema que se deseja modelar. O modelador deve possuir conhecimentos referentes à técnica de modelagem que o permitam criar um modelo correto, conforme as regras da técnica utilizada. Além disso, o modelador deve possuir conhecimentos referentes ao sistema que se deseja modelar. Como o modelador participou do *workshop* 1, ele apresenta um conhecimento sobre o processo.

O especialista na técnica de modelagem é o participante que compreende bem a técnica de modelagem, que é capaz de utilizar de forma correta a simbologia e as regras lógicas. Este especialista deverá ser apto a utilizar a técnica no mínimo tão bem quanto o modelador (é desejável que o especialista na técnica tenha mais experiência no uso desta do que o modelador). Além disso, é desejável que o especialista na técnica não conheça o sistema a ser modelado.

Por fim, o especialista no sistema é o participante que conhece muito bem o sistema em estudo. Este especialista deverá conhecer o sistema no mínimo tão bem quanto o modelador (é desejável que este especialista tenha mais experiência com o sistema do que o modelador). Além disso, este especialista pode ou não conhecer a técnica de modelagem utilizada.

No ciclo 1, a verificação objetiva averiguar se o modelo diagramático está de fato transmitindo a lógica que o modelador se propôs a transmitir. Para esta averiguação, o modelador deverá entregar o modelo diagramático não verificado a um especialista na técnica de modelagem utilizada no modelo. O especialista na técnica interpretará o modelo e relatará ao modelador o que o modelo descreve sobre o sistema. Neste ciclo, adota-se a premissa de que o especialista na técnica de modelagem está apto a julgar se o modelo está correto ou não, no que diz respeito à simbologia e lógica.

Sugere-se que este relato ocorra por meio de uma entrevista (virtual ou presencial), ou mesmo por meio de uma descrição textual. A verificação pode ser mais eficaz se o especialista na técnica não conhecer o sistema, pois assim o foco pode ser mantido na interpretação da lógica utilizada pelo modelador (independente se o modelo representa bem ou não o sistema).

Após (ou durante) o relato do especialista na técnica, o modelador poderá constatar as divergências entre o que foi relatado pelo especialista e aquilo que se esperava que o modelo mostrasse. Estas divergências podem ser originadas por diversos possíveis erros do modelador, como o uso incorreto de símbolos, o posicionamento incorreto dos símbolos no fluxo sequencial, uso incorreto dos fluxos, erros de lógica (como o *deadlock* na notação BPMN, que é uma situação gerada na lógica onde o processo não pode ser completado), etc.

Após as correções implementadas pelo modelador, o modelo diagramático não verificado será novamente entregue ao especialista na técnica de modelagem para que ele novamente relate ao modelador a interpretação do modelo (ou das partes do modelo onde foram identificadas divergências na interpretação). Este ciclo deverá se repetir até que não existam mais divergências na interpretação. O *output* deste primeiro ciclo será o modelo diagramático verificado.

No ciclo 2 (2 participantes), a validação objetiva averiguar se o modelo diagramático representa de forma satisfatória o sistema. Para esta averiguação, o modelador deverá descrever ao especialista no sistema todas as informações provenientes da interpretação do modelo diagramático. Se o especialista no sistema conhecer a técnica de modelagem utilizada, ele próprio poderá fazer a interpretação do modelo, acompanhado pelo modelador. Neste ciclo, adota-se a premissa de que o especialista no sistema está apto a julgar se o modelo representa de forma satisfatória o sistema ou não.

Sugere-se que esta descrição ocorra por meio de uma entrevista (virtual ou presencial). Após (ou durante) a descrição do modelador, o especialista no sistema poderá apontar as

divergências entre o que o modelo mostra e o que de fato ocorre no sistema (*face validity*). O modelador deverá então alterar o modelo diagramático, implementando as alterações necessárias. Este ciclo deverá se repetir até que se obtenha o *output* “modelo diagramático validado” (fim do procedimento) ou o *output* “modelo diagramático parcialmente validado”.

O *output* “modelo diagramático validado” será obtido quando o especialista no sistema reconhece que o modelo diagramático representa de forma satisfatória o sistema. Já o *output* “modelo diagramático parcialmente validado” será proveniente de uma destas possíveis situações:

- O especialista no sistema aponta ao modelador trechos inválidos do modelo (trechos que não representam corretamente o sistema) e o modelador não sabe com certeza como representar as alterações necessárias no modelo por meio da técnica escolhida.
- O modelo diagramático apresenta uma alta complexidade, gerando dúvidas ao modelador e ao especialista no sistema quanto à validade ou não do modelo.

Se o *output* do ciclo 2 for o modelo diagramático parcialmente validado, será incluído no V&V-DM mais um ciclo, chamado de “ciclo 3”.

No ciclo 3, a principal característica deste ciclo de validação é a participação dos três participantes: modelador, especialista na técnica de modelagem e especialista no sistema. As situações citadas anteriormente, que originam o *output* “modelo diagramático parcialmente validado”, justificam a necessidade de um processo de validação onde ocorra a interação entre o especialista na técnica de modelagem (que viabilizou a verificação) e o especialista no sistema (que viabilizou a validação parcial). Esta interação será conduzida pelo modelador.

Neste ciclo, o especialista na técnica de modelagem auxiliará o modelador a registrar no modelo diagramático as alterações apontadas pelo especialista no sistema. Nos casos de modelos mais complexos, o especialista na técnica de modelagem auxiliará o modelador e o especialista no sistema a compreender melhor o modelo criado, o que permitirá ao especialista no sistema relatar novos comportamentos do sistema que ainda não estejam modelados ou comportamentos que estejam modelados de forma errada. Este ciclo deverá ser mantido até que o especialista no sistema considere que o modelo representa de forma satisfatória o comportamento do sistema e até que o especialista na técnica de modelagem considere que as alterações no modelo estão corretas quanto ao uso da simbologia e da lógica. Desta forma, este Ciclo 3 gerará o *output* “modelo diagramático validado”.

O modelo diagramático deverá ser criado seguindo o procedimento proposto e, em cada aplicação, a interação entre os participantes do V&V-DM deverá ser analisada, assim como os *outputs* gerados.

4.2.2.3 Fase 03 – Modelagem conceitual - *feedback* dos dados

O *Workshop 2* está classificado como a etapa de *feedback* dos dados, dentro do ciclo da pesquisa-ação. Ou seja, os dados que foram coletados e levantados serão apresentados aos *stakeholders* de uma forma que seja possível uma análise. Isto significará a validação do modelo diagramático, sendo que os *stakeholders* irão analisar o modelo e validá-lo, como também, por meio do entendimento compartilhado do sistema, eles começarão a levantar algumas ideias de melhoria para o processo.

Neste *workshop* será dada aos *stakeholders* a oportunidade de escolha: seguir para modelagem computacional ou partir para implementação das ideias no sistema real com o que foi gerado pela análise do modelo conceitual. Robinson (2008a) alega que tão somente as ideias derivadas da modelagem conceitual podem ser implementadas no sistema real, sendo uma possibilidade para os *stakeholders*, se estiverem satisfeitos, pararem o estudo nesta fase. Caso seja escolhido seguir para a modelagem computacional, a construção do modelo de simulação será realizada, como também a criação de cenários, para apresentação no *workshop 3*.

O *workshop 2* apresenta dois objetivos. O primeiro é obter um consenso sobre o sistema em estudo por meio da validação face a face conjunta do modelo conceitual. O segundo objetivo é gerar ideias de melhoria para o processo.

A validação do modelo seguirá o procedimento V&V-DM, presente no ciclo 2 descrito anteriormente. Com isto pretende-se averiguar se o modelo diagramático representa de forma satisfatória o sistema. Assim, o facilitador descreverá aos *stakeholders* todas as informações provenientes da interpretação do modelo diagramático. Os participantes poderão interromper o facilitador a qualquer momento durante a descrição caso alguma informação esteja incorreta ou faltante. Desta forma, o facilitador deverá então alterar o modelo diagramático, implementando as alterações necessárias. Este ciclo deverá se repetir até que se obtenha o *output* “modelo diagramático validado” (fim do procedimento) ou o *output* “modelo diagramático parcialmente validado”.

Com a realização da primeira atividade (validação do modelo), espera-se que o time de *stakeholders* fique satisfeito com o entendimento sobre o processo, com o problema em estudo e com o modelo conceitual criado. Isto é, a percepção dos *stakeholders* sobre aquilo que foi

modelado representa o entendimento deles sobre o sistema. Se acontecer do modelo diagramático ser parcialmente validado, uma reunião extra poderá ser agendada com os *stakeholders* para conseguir a validação do modelo.

Logo, como já explicado, a validação do modelo será face a face, pela presença dos *stakeholders* em todo projeto, seguindo o procedimento V&V-DM. Além disso, Kotiadis *et al.* (2014) alega que o contato estruturado com os *stakeholders* também garante que o problema seja transmitido com precisão dando origem ao modelo conceitual, permitindo, assim, sua validação.

Após a validação do modelo, será iniciada a etapa de geração de ideias com a intenção de promover possíveis melhorias no sistema. Isto é, com essas ideias serão criados alguns cenários no modelo computacional. Para isto, será iniciado um levantamento de ideias com os *stakeholders*. O facilitador iniciará a discussão com as seguintes perguntas: o que vocês perceberam ao observarem o modelo (problemas)? O que pode ser feito para melhorar o sistema?

Após esta última atividade será elaborada uma lista de ideias que poderão ser experimentadas no modelo (elaboração de cenários). Se as ideias levantadas forem consideradas de fácil implementação no sistema real ou se os *stakeholders* estiverem satisfeitos com os resultados gerados e não desejarem seguir para o *workshop* 3 (modelagem computacional), o facilitador pedirá aos *stakeholders* um *feedback* sobre o estudo. Assim, será utilizada a ferramenta guia de conversa para obter um *feedback* estruturado dos *stakeholders*. Deste modo, o *workshop* 2 será finalizado. A Figura 10 mostra a terceira parte do *framework* FaMoSim.

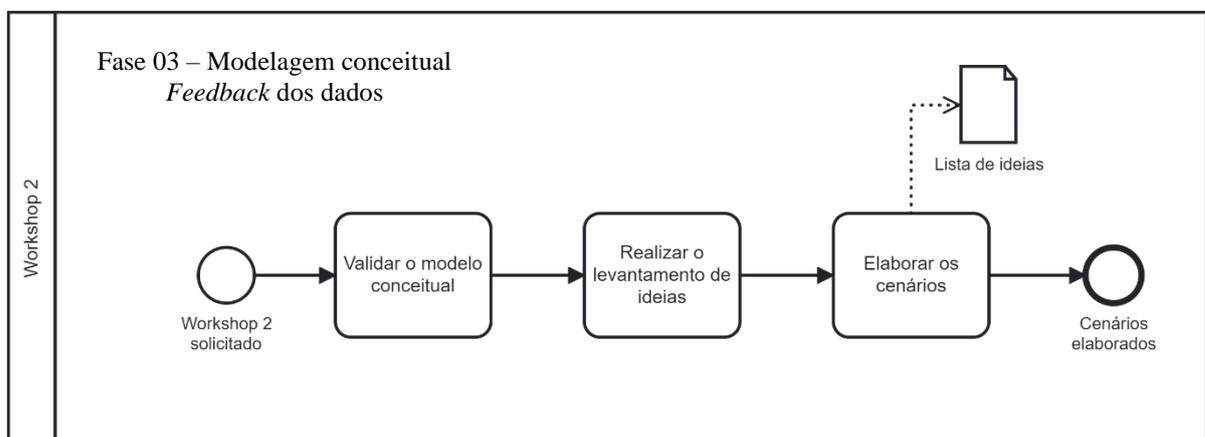


Figura 10 – Fase 03 do *framework* FaMoSim
Fonte: própria autoria

4.2.2.4 Fase 04 – Modelagem computacional

A Fase 04 do *framework* FaMoSim será descrita a seguir. Nesta fase, ocorrerá a análise dos dados e o planejamento das ações. A etapa de modelagem computacional consiste na criação do modelo de simulação, criação de cenários no modelo e elaboração do plano de ação para as possíveis melhorias observadas com os cenários feitos no modelo computacional. Foram tomados como base, principalmente, os trabalhos de Robinson (2001), Robinson *et al.* (2014), Kotiadis e Tako (2018) e a literatura presente na seção 2.4.2 desta tese.

Como o intuito é produzir um modelo simples, ele deve apresentar as seguintes características: ser desenvolvido rapidamente, ter flexibilidade, requerer menos dados, apresentar rápida execução e gerar resultados fáceis de interpretar, visto que a estrutura do modelo é bem compreendida pelos participantes (Robinson *et al.*, 2014).

Um modelo flexível deve ser algo facilmente adaptável. Para Robinson (2008b) quanto mais for necessário a alteração de um modelo durante (e após) um estudo, maior será a flexibilidade exigida para ele. Portanto, os *stakeholders* sugerem algumas ideias para serem experimentadas no modelo (cenários), o qual deve permitir que estas mudanças sejam feitas relativamente de forma fácil.

Sobre requerer menos dados e apresentar rápida execução, também será algo avaliado diretamente pelo time de modelagem. Já com relação a gerar resultados fáceis de interpretar e ter uma estrutura bem compreendida, isto fará parte da avaliação pelos *stakeholders* por meio de algumas perguntas feitas a eles na etapa de *feedback* do estudo.

Sobre a verificação do modelo, a qual garante que o modelo conceitual foi convertido corretamente em um modelo computacional (Robinson, 1999), isto será realizado juntamente com os *stakeholders*, sendo que o facilitador explicará toda a lógica do modelo a eles. Com isto, é possível que eles revisem cada parte à medida que o facilitador o descreve, assim como garantam que os dados numéricos gerados por ele estejam de acordo com as expectativas.

Já a validação do modelo, que é garantir que ele seja suficientemente preciso para o propósito pelo qual foi construído, neste caso objetivando encontrar soluções indicativas para o problema, também será realizada face a face. Sendo assim, eles poderão criticar o modelo, fornecendo sugestões de melhorias que, ao serem incorporadas, a confiança nele é aumentada. A verificação e a validação face a face do modelo serão feitas no *workshop* 3, juntamente com os *stakeholders*.

Após o *workshop 2*, o modelo computacional será elaborado pelo time de modelagem. Para isto, serão utilizadas as informações coletadas no *workshop 1* e o modelo conceitual. O modelo será construído em um *software* de simulação a eventos discretos.

Durante a criação do modelo computacional, serão implementadas algumas simplificações para serem adotadas neste modelo. Esta etapa emprega conceitos sobre modelos de simulação simplificados, vistos em mais detalhes nos Quadros 8 e 9. As simplificações são importantes pelo fato de garantir um modelo simples, o qual é recomendado pela literatura em uma abordagem facilitada (Kotiadis e Tako, 2018; Proudlove *et al.*, 2017; Kotiadis *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2012). Cabe ressaltar que as simplificações serão propostas pelos pesquisadores e debatidas no *workshop 3* visando a anuência de todos.

O modelo será considerado apto para construção dos cenários quando os resultados fornecidos por ele (por exemplo, taxa de produção mensal/anual) forem similares aos dados obtidos com os *stakeholders*. As ideias geradas serão implementadas no modelo. Isto é, será iniciada a etapa de criação de cenários no modelo computacional e seus resultados serão analisados pelo modelador. Logo, munido das constatações obtidas pela criação de cenários no modelo, este material será utilizado no *workshop 3*.

O *workshop 3* apresenta dois objetivos. O primeiro é gerar um consenso sobre o sistema modelado por meio da validação face a face conjunta do modelo computacional. Com as ideias levantadas no *workshop 2*, serão criados os cenários no modelo e a validade dos seus resultados será discutida. O segundo objetivo é tomar decisões sobre como as melhorias encontradas podem ser aplicadas no processo real (elaboração do plano de ação).

O *workshop 3* será iniciado com a validação face a face do modelo computacional. Isto é, o facilitador descreverá rapidamente a lógica do modelo e as simplificações feitas. Então ele será executado em uma velocidade que os *stakeholders* possam ver o funcionamento do processo. O processo de validação se dará até que haja uma sensação geral de que a simulação pareça razoável e bastante semelhante ao que acontece no sistema real.

Após a validação, o modelador apresentará os cenários criados no modelo e os resultados gerados para discussão com os *stakeholders*. Os resultados obtidos serão analisados com relação a sua validade, ou seja, os *stakeholders* discutirão entre si se o que foi gerado representa um resultado razoável. O facilitador guiará esta discussão instigando os *stakeholders* a se esforçarem para entender por quê uma determinada mudança levou a uma melhoria ou

piora da situação. Desta forma, serão identificados os cenários que possuem os melhores resultados indicativos.

Antes de iniciar a elaboração do plano de ação, o facilitador questionará os *stakeholders* sobre o desejo deles de criar esse plano durante o *workshop 3* ou internamente em sua empresa. Se for necessário contatar outros colaboradores e realizar um estudo internamente sobre a ação desejada, é possível que o plano de ação não seja feito no *workshop 3*. Assim, segue-se para atividade de receber *feedback* dos *stakeholders* sobre o estudo realizado. Esta atividade será melhor detalhada na descrição do *workshop 4*, a qual será apresentada posteriormente.

Caso os *stakeholders* queiram desenvolver o plano de ação juntamente com o facilitador, a atividade de elaboração do plano de ação será iniciada. Nesta atividade será utilizada a ferramenta plano de ação (APÊNDICE B), a qual foi baseada na ferramenta 5W2H, e guiará este processo. Ela consiste basicamente de informações tais como: o que deve e como deve ser feito para implementar tal mudança; tempo para execução; e pessoa responsável por realizar a alteração no sistema real. Ela também apresenta uma aba que sinaliza o *status* da ação (“concluída” ou “em andamento”) e um relato sobre o andamento da ação, se está em dia com o cronograma, se irá atrasar, ou até mesmo alguns resultados que começaram a surgir com a sua finalização.

Portanto, depois de preenchido o plano de ação, o *workshop 3* será finalizado e enviado o plano de ação aos *stakeholders* por *e-mail*. A Figura 11 mostra a quarta parte do *framework* FaMoSim.

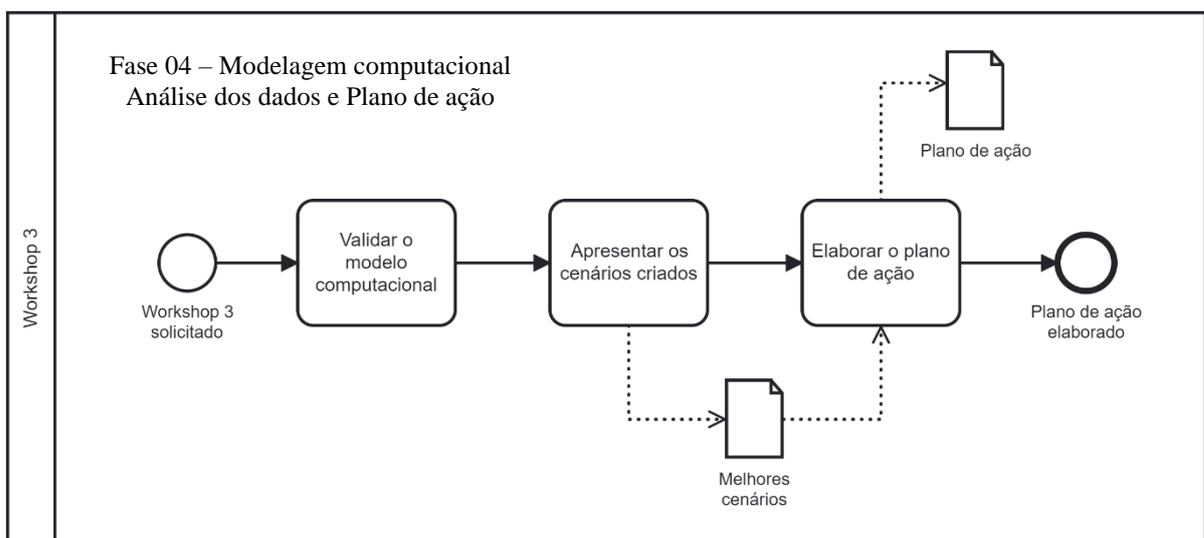


Figura 11 – Fase 04 do *framework* FaMoSim
Fonte: Própria autoria

4.2.2.5 Fase 05 – *Feedback*

Por fim, a fase final do *framework* FaMoSim é a de *feedback*. Nela serão empregadas as etapas do método pesquisa-ação de implementação e avaliação. Ou seja, os *stakeholders* implementarão a(s) ação(es) proposta(s) no plano de ação, como também ocorrerá uma reflexão dos resultados gerados. Esta reflexão não só será sobre o projeto de simulação desenvolvido, mas também sobre o *framework*, objetivando seu aprimoramento.

Diferentemente dos *frameworks* de SED facilitada presentes na literatura (Robinson *et al.*, 2014; Tako e Kotiadis, 2015), o *framework* FaMoSim apresenta como final a etapa de *feedback*. Esta última fase foi inserida, pois, segundo a literatura, a participação dos principais *stakeholders* durante o projeto de simulação é um fator importante para aplicação das melhorias propostas (Kotiadis e Tako, 2018; Robinson *et al.*, 2014; Franco e Montibeller, 2010). Então é esperado que, pela participação deles, as chances de ocorrer uma aplicação no sistema real sejam aumentadas. Isto contribui não só para a empresa, mas também para a literatura, que carece de aplicações no sistema real dos estudos de simulação (Harper *et al.*, 2021).

Na fase de *feedback* é realizado o *workshop* 4, que apresenta dois objetivos: trocar informações, sendo um tempo reservado para acompanhamento do plano de ação, levantando informações sobre quais foram as mudanças feitas e os resultados obtidos; e receber *feedback* dos *stakeholders* sobre como foi a essa experiência para eles. Esta última atividade visa uma conversa final, que contribuirá para o aprimoramento do *framework* e também funcionará como um fechamento para o projeto. Neste tempo, os *stakeholders* poderão relatar suas experiências “frente a frente” com os pesquisadores, qual a sensação deles ao participar do projeto, se voltariam a aplicar o *framework* em sua empresa ou indicariam para outras organizações, refletir sobre os ganhos para a empresa, entre outros.

Cabe destacar que, se por decisão dos *stakeholders* eles pararem na etapa de modelagem conceitual (*workshop* 2) ou de modelagem computacional (*workshop* 3), é sugerido que esta última fase de *feedback*, mais especificamente este segundo objetivo, seja seguida.

Assim, a primeira atividade do *workshop* 4 será avaliar o andamento do que foi definido no plano de ação. Portanto, cada ação será avaliada com relação ao seu *status* (“concluído” ou “em andamento”). Para ações finalizadas, os ganhos já perceptíveis serão discutidos e anotados na aba de acompanhamento do plano de ação. Já para as ações em andamento, será discutido o que ainda falta e se o prazo e as decisões estabelecidas podem ser cumpridos ou se haverá

necessidade de algum rearranjo. Após analisar todas as ações, a segunda atividade de *feedback* será iniciada.

Com isto, espera-se que todos os *stakeholders* tenham clareza sobre os prazos e atividades que devem ser feitas para concluir o projeto e sobre os resultados alcançados. Para medição deste resultado, os pesquisadores perguntam se o plano está claro para todos e também observam o comportamento dos participantes.

Na atividade de *feedback*, cada *stakeholder* contará um pouco sobre como foi a experiência para ele. Para isso, será utilizada a ferramenta guia de conversa (APÊNDICE C), a qual apresenta alguns itens fundamentais para orientar o facilitador neste momento, fazendo com que nenhum relato importante fique de fora. Porém, a discussão não precisa se limitar apenas estes itens, se houver mais tempo para falar sobre outros assuntos relevantes. Logo, como a reunião será gravada, estes relatos ficarão disponíveis aos pesquisadores para consultas posteriores.

Ao final desta atividade é esperada uma percepção dos participantes de que a técnica funciona, ou seja, é possível criar modelos simples, mas que auxiliam na melhoria do processo; e que haja uma vontade de aplicá-la novamente e compartilhar seu aprendizado com outras empresas, incentivando sua utilização. O comportamento dos *stakeholders* também será observado pelo time de modelagem. Deste modo, o *workshop* 4 será finalizado e a participação dos pesquisadores se encerrará. Também será enviado um *e-mail* aos *stakeholders* com os resultados gerados neste *workshop*.

Como podem existir ainda ações em andamento, uma sugestão é que os pesquisadores entrem em contato com os *stakeholders* no último prazo estabelecido para finalização do projeto, para se atualizarem dos resultados. A vantagem desta atitude é que mais contribuições possam ser dadas a literatura sobre a intervenção realizada. A Figura 12 mostra a quinta fase do *framework* FaMoSim.

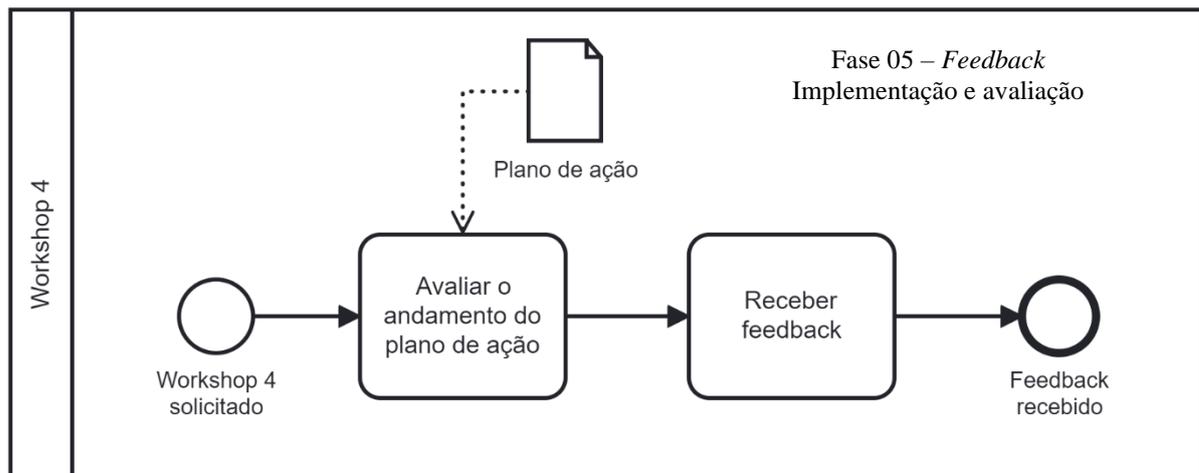


Figura 12 – Fase 05 do *framework* FaMoSim
Fonte: Própria autoria

4.2.3 Monitoramento

A meta-etapa de monitoramento da pesquisa-ação (PA) ocorrerá em toda execução do projeto de SED facilitada. Sendo assim, cada uma das etapas principais da PA será monitorada pelos pesquisadores e *stakeholders*. Em vários momentos na execução do projeto os pesquisadores perguntarão aos *stakeholders* se eles estão entendendo o processo, se têm alguma dúvida e se estão de acordo com o que está sendo feito. Assim, monitorarão o entendimento dos *stakeholders*.

Outra forma de monitoramento adotada será o estabelecimento de objetivos para cada *workshop*, pois isso fará com que os resultados obtidos estejam alinhados com os objetivos definidos. Este acompanhamento e medição de cada etapa servirá para validação do *framework*. Também foram estabelecidas algumas formas de acompanhar o sucesso do *framework*, as quais estão relacionadas com o modelo computacional e com o *framework* proposto. Assim, os pesquisadores poderão observar/coletar informações sobre:

Modelo computacional:

- Pôde ser executado com rapidez.
- Não foi necessária uma coleta detalhada de dados.
- Gerou entendimento do sistema estudado.
- Os resultados formam fáceis de interpretar.
- A estrutura do modelo foi bem compreendida.

Framework:

- Se os *stakeholders* gostaram da intervenção.

- Se proporcionou entendimento do processo.

Pode ser visto no Quadro 10 as informações completas do *framework* FaMoSim.

Quadro 10 – Informações do *framework* FaMoSim (Parte 1/3)

Fases/estágios	Reuniões	Objetivos	Número do objetivo segundo a Figura 5	Atividades	Ferramentas utilizadas	Resultados	Medição/Avaliação da eficácia
Fase 01 - Abertura do projeto	Reunião de abertura	Esclarecer um conceito	3	Apresentação inicial sobre a SED facilitada e o <i>framework</i> proposto.	slides	Aceitação do projeto por parte dos <i>stakeholders</i> .	Percepção dos pesquisadores sobre os <i>stakeholders</i> ; Aceitação por parte da empresa em continuar com o estudo
				Conversa com os <i>stakeholders</i> para saber o que eu eles acharam e sanar possíveis dúvidas	-		
		Compartilhar opiniões ou pontos de vista sobre um tópico	4	Apresentação breve sobre a empresa	-	Ter um processo viável para implementação da SED facilitada.	
				Discutir sobre um processo e problema para estudo	-		
				Selecionar o time de <i>stakeholders</i>	Formulário de coleta de informações	Um time para participar da intervenção	
				Entrar em um acordo sobre das melhores datas e horários (definição do cronograma)		Um cronograma para as reuniões pré-estabelecido	

Quadro 10 – Informações do *framework* FaMoSim (Parte 2/3)

Fases/estágios	Reuniões	Objetivos	Número do objetivo segundo a Figura 5	Atividades	Ferramentas utilizadas	Resultados	Medição/Avaliação da eficácia
Fase 02 - Modelagem Conceitual	Workshop 1	Esclarecer um conceito	3	Apresentação breve sobre a SED facilitada e sobre o que foi discutido na reunião de abertura	slides	Aceitação do projeto por parte dos <i>stakeholders</i> .	Percepção dos pesquisadores sobre os <i>stakeholders</i> ; Aceitação por parte dos outros <i>stakeholders</i> .
				Conversa com os <i>stakeholders</i> para saber o que eu eles acharam e esclarecer suas dúvidas	-		
		Compartilhar opiniões ou pontos de vista sobre um tópico	4	Descrição do processo escolhido para estudo	Ferramenta descrição do processo	Descrição completa do processo para estudo	Criação dos modelos conceitual e computacional
Fase 03 - Modelagem Conceitual	Workshop 2	Gerar um consenso sobre o sistema modelado	10	Validação do modelo conceitual	Procedimento V&V-DM	Modelo conceitual validado	Satisfação por parte dos <i>stakeholders</i> e percepção dos pesquisadores.
		Gerar ideias sobre como o sistema pode ser melhorado	6	Levantar ideias que gerem possíveis melhorias e elaborar os cenários	<i>Brainstorm</i> de ideias	Lista de ideias	Lista de cenários para implementação no modelo computacional.

Quadro 10 – Informações do *framework* FaMoSim (Parte 3/3)

Fases/estágios	Reuniões	Objetivos	Número do objetivo segundo a Figura 5	Atividades	Ferramentas utilizadas	Resultados	Medição/Avaliação da eficácia
Fase 04 - Modelagem computacional	Workshop 3	Gerar um consenso sobre o sistema modelado	10	Validação do modelo computacional	-	Modelo computacional verificado e validado	Flexibilidade: permitir mudanças no modelo de forma fácil; Requerer menos dados e apresentar rápida execução (avaliação pelos pesquisadores); Perguntas aos <i>stakeholders</i> sobre a satisfação com o modelo computacional; Validação e verificação face a face.
		Tomar decisões	8	Elaborar o plano de ação	Ferramenta plano de ação	Plano de ação	Plano de ação finalizado
Fase 05 - Feedback	Workshop 4	Troca de informação	2	Avaliar o andamento do plano de ação	Plano de ação	Todos estão claros com relação aos prazos e atividades que devem ser feitas e sobre os resultados alcançados	Os pesquisadores perguntam se o plano está claro para todos e também observam o comportamento dos participantes. Analisar se as ideias geraram resultados positivos na prática; e se os <i>stakeholders</i> se mostraram comprometido em aplicar as ideias
		Receber <i>feedback</i>	9	Coletar <i>feedback</i>	Guia de conversa	Relato breve da experiência de cada <i>stakeholders</i> com o desenvolvimento do projeto; Percepção dos participantes de que a técnica funcionou (um modelo simples pode auxiliar na tomada de decisão); haja nos <i>stakeholders</i> uma vontade de aplicar o <i>framework</i> novamente e divulgar seus resultados e aprendizado com outras empresas.	Relatos dos <i>stakeholders</i> sobre a experiência vivida; e observação do comportamento e tom de voz deles.

Fonte: própria autoria

5. RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar a descrição das quatro aplicações do *framework* FaMoSim em três empresas diferentes, sendo duas aplicações em uma mesma empresa, mas em processos diferentes. As aplicações serão descritas na ordem em que foram iniciadas. As empresas participantes do estudo foram: duas empresas de grande porte, sendo uma do ramo de autopeças e a outra fabricante de produtos de defesa e segurança; e uma empresa de pequeno porte fabricante de roupas (malharia).

5.1 Descrição da aplicação na empresa MA (primeira aplicação)

A MA é uma empresa de grande porte, fabricante de peças para a indústria automotiva, sendo uma das 25 principais fornecedoras automotivas em todo o mundo. Está presente em cerca de 152 localidades de produção e apresenta mais de 70.000 colaboradores no mundo todo. A fábrica onde ocorreu o estudo é localizada na cidade de Itajubá, MG. Nesta empresa foram realizados dois estudos (a primeira aplicação e a segunda aplicação), sendo estudado na primeira aplicação o processo de produção de bronzinas para automóveis pesados (caminhão, etc).

O processo completo passa por três blocos de produção. O primeiro bloco é composto pela central de prensas, o segundo bloco é a usinagem das peças e o terceiro bloco é o tratamento de galvanoplastia. Após isso, as peças seguem para inspeção final e, por fim, são embaladas e enviadas ao cliente. Foi selecionada para estudo a linha de usinagem de peças, sendo uma necessidade apontada pelos *stakeholders*.

O primeiro contato com a empresa foi por *e-mail* e partiu do próprio gestor do processo que solicitou um estudo de simulação aos pesquisadores, por já ter conhecimento sobre a SED. Esta iniciativa partiu da própria empresa que estava incentivando seus funcionários a buscar por melhorias em seus processos. Assim, a ideia inicial era simular algumas linhas de produção para avaliar possíveis melhorias, objetivando o aumento de produtividade.

Nesta primeira aplicação todo contato com os *stakeholders* foi feito por *e-mail* ou celular. Antes de cada reunião um *e-mail* era enviado aos *stakeholders* contendo a agenda da reunião e uma breve explicação sobre seus objetivos. Ocorreram cinco reuniões que variaram de 40 a 80 minutos, as quais, em sua maioria, puderam ser gravadas. O *software* utilizado para as reuniões foi o *Skype*. A seguir serão descritas as reuniões.

- Reunião de abertura

Na reunião de abertura participaram o gerente do processo (*stakeholder* chave) e o facilitador. Durante a apresentação inicial da técnica, o *stakeholder* chave foi tirando suas dúvidas. Assim, a apresentação e a conversa com o *stakeholder* aconteceram simultaneamente. Após sanar todas as dúvidas, o facilitador conduziu a reunião para a segunda parte, pedindo que o *stakeholder* chave falasse um pouco sobre a empresa e sobre o processo que seria estudado. Neste caso, o *stakeholder* chave já sabia qual processo gostaria de estudar e como a SED o auxiliaria na tomada de decisão. Portanto, apenas com essa apresentação inicial foi possível nivelar o conhecimento.

Por se tratar de uma empresa de grande porte, eles possuíam formas de coleta de dados em tempo real e também dados históricos. Desta forma, a empresa pediu um tempo maior para poder levantar os dados reais do processo, não sendo necessário estimar os dados. Assim, os dados históricos do processo e taxas médias de produção de cada máquina foram enviados ao facilitador durante o estudo, para criação do modelo computacional. Com os dados históricos de parada de máquina, por exemplo, o facilitador fez a média dos tempos para inserir no modelo. As taxas médias de produção foram inseridas utilizando a distribuição exponencial.

Na atividade de escolha dos demais *stakeholders*, foi solicitada a participação de mais quatro pessoas, totalizando cinco integrantes. Foi concedida essa permissão, pois seria alguém que auxiliaria no fornecimento dos dados. O estabelecimento do cronograma foi algo difícil de acontecer devido ao contexto empresarial dinâmico. Portanto, o estabelecimento das reuniões teve que ser uma a uma. Assim, a reunião de abertura foi finalizada dentro do tempo esperado.

- *Workshop* 1

No *workshop* 1 o time de modelagem estava completo (facilitador e modelador). Porém o time de *stakeholders* não estava completo devido a imprevistos dentro da empresa. Apesar desta falta do gerente, dois integrantes que eram especialistas no processo puderam participar (engenheiro de produção e de processo), os quais descreveram o processo. Neste caso, por se tratar de um processo padronizado, sendo fornecido, inclusive, o seu *layout* atualizado, entende-se que esta falta dos demais integrantes não acarretou em algo significativo. Infelizmente este é um problema que pode ocorrer em qualquer intervenção, sendo algo que também ocorreu nas aplicações de SED facilitada na área da saúde (Tako e Kotiadis, 2015).

Como toda dinâmica foi conduzida pelo facilitador utilizando a ferramenta de descrição do processo, a participação do modelador foi pouca. Portanto, entende-se não ser necessária a

presença obrigatória do modelador/especialista em modelagem, desde que o facilitador tenha, pelo menos, alguma experiência em modelagem. Pela câmera percebeu-se que os funcionários da empresa não estavam em uma sala específica, embora estivessem participando presencialmente entre eles, em uma mesma baía, mas cada um em seu computador.

O *workshop* 1 começou com 15 minutos de atraso, pois os funcionários da empresa estavam ocupados com suas obrigações. Assim, o facilitador optou por não realizar a apresentação completa sobre a SED e as etapas do *framework* para focar no segundo objetivo do *workshop*. Assim, o facilitador apenas deu uma introdução sobre o objetivo da SED facilitada, explicando o propósito do estudo. Esta foi uma alternativa aceitável, pois os *stakeholders* já apresentavam um certo conhecimento sobre a SED e também a apresentação utilizada na reunião de abertura foi repassada ao gestor para que ele divulgasse entre os participantes. Nenhuma dúvida foi levantada por parte dos colaboradores durante o *workshop* 1.

Foi utilizada a ferramenta descrição do processo para guiar o facilitador nas perguntas sobre o processo. Apenas com a descrição fornecida pelos *stakeholders* no *workshop* 1 foi possível criar o modelo conceitual. Como a reunião pôde ser gravada, o facilitador apenas fazia as perguntas, mas não teve necessidade de anotar as respostas, pois o vídeo foi consultado posteriormente. Isto poupou tempo no *workshop* e funcionou como uma vantagem, pois nenhum detalhe foi perdido. Após a finalização da descrição do processo, o *workshop* foi finalizado.

Após o *workshop* 1, o facilitador iniciou a construção do modelo conceitual. Para isso foi utilizado o procedimento V&V-DM descrito na seção 4.2.2.2 desta tese. O ciclo 1 do V&V-DM iniciou com o facilitador assistindo o vídeo da reunião e escrevendo o relato do processo. Com isso, o modelo conceitual foi construído, parte por parte, e enviado ao especialista na notação BPMN para verificação. Neste ciclo foi necessária uma reunião presencial com o especialista na técnica devido aos detalhes do processo mapeado. Após as correções apontadas pelo especialista e implementadas pelo modelador, o modelo conceitual foi verificado e o *workshop* 2 foi agendado com os *stakeholders*.

- *Workshop* 2

No *workshop* 2, deu-se início ao ciclo 2 do procedimento V&V-DM, ou seja, a validação do modelo conceitual com o especialista no sistema. O facilitador, o qual funcionou como modelador, descreveu aos *stakeholders* o modelo conceitual para averiguar se ele representava

de forma satisfatória o sistema. Assim, o modelo foi validado pelos *stakeholders*, sendo necessárias poucas modificações, as quais foram alteradas sem problemas no modelo. Desta forma, não foi necessária a realização do ciclo 3 do V&V-DM.

Na segunda atividade de geração de ideias os *stakeholders* não conseguiram pensar em nenhuma melhoria imediata no processo apenas analisando o modelo conceitual. Isto se deu pois o processo já foi objeto de estudo da empresa outras vezes, já passando por algumas melhorias anteriormente. Desta forma, foi necessária uma análise mais profunda para entender mais sobre o processo e melhorá-lo, seguindo para a modelagem computacional. Os *stakeholders* gostariam que o modelo computacional mostrasse o impacto que cada máquina gerava no posto gargalo, o qual muitas vezes apresentava paradas por falta de peças. Ou seja, esse processo apresentava um problema de gargalo flutuante. Assim, alguns cenários foram criados pelo facilitador pós-*workshop 2* e apresentados no *workshop 3*.

Como ficou decidido que seriam utilizados dados reais do processo, ocorreram várias trocas de mensagens com o engenheiro de produção sobre esses dados. Desta forma, após o *workshop 2*, mais dados foram solicitados aos *stakeholders*, como paradas das máquinas para manutenção, capacidade dos estoques, distância que as peças percorriam no processo, entre outros. Alguns dados já haviam sido requisitados, porém estavam sendo levantados pela empresa.

Ocorreu também uma reunião não programada de 40 minutos com o engenheiro de produção para que ele pudesse esclarecer algumas informações. Sobre a criação do modelo de simulação, as seguintes simplificações foram utilizadas: foi adotada a simulação de apenas um família de produtos, sendo descartados os tempos de *setup* de máquina; para os tempos das atividades, foram utilizadas as taxas de produção de cada máquina e adotada a distribuição exponencial, conforme aponta Banks (1998); foi utilizada a média dos tempos de parada para cada máquina, conforme os dados históricos; e para os demais dados do modelo (distância percorrida, capacidade dos estoques, etc) foram utilizados dados médios.

Como cenário apresentado, foi simulada uma condição ideal com o posto gargalo em operação o tempo todo. O resultado disso foi comparado com o cenário real simulado e pôde-se tirar conclusões sobre quais máquinas mais impactavam o posto gargalo. Também foram simulados cenários aumentado a capacidade dos estoques e mudando alguns estoques de lugar. Sendo isto algo alinhado com as expectativas dos *stakeholders*.

- *Workshop 3*

O *workshop 3* iniciou com a validação do modelo computacional, sendo ele apresentado aos *stakeholders* e executado na presença deles. Os resultados do total produzido foram apresentados e eles se surpreenderam com o resultado gerado, pois, segundo eles, representava o sistema real. Após essa validação, os cenários foram mostrados e várias discussões foram levantadas entre os participantes. Essas discussões tomaram todo o tempo de reunião.

Como os *stakeholders* optaram por não desenvolver o plano de ação junto ao time de modelagem, após a discussão dos cenários seguiu-se para a atividade de receber *feedback* do estudo. Foram necessários mais 20 minutos para ocorrer a atividade de *feedback*. A seguir, alguns relatos dos participantes sobre os resultados do modelo.

Engenheiro de processo (stakeholder A): realmente o modelo mostrou algumas coisas que a gente não sabia, como a troca de ferramental da máquina F a cada 1000 peças não ser algo que impacta no posto gargalo. Porém, no geral, o mais relevante foi que ele mostrou dados, números. Transformou o que a gente conhece em números. Vemos onde temos que atacar mais/atuar e o quanto teríamos que investir. O modelo foi assertivo de mostrar a nossa realidade, tudo o que você mostrou não tem nada de mentira, mostrou realmente o que está acontecendo. A simulação mostra que para ter a eficiência desejada, qual deve ser o número (eficiência) que eu preciso ter em cada lugar (máquina).

Engenheiro de produção (stakeholder chave 2): (o modelo) transformou o feeling nosso em algo real.

Gerente (stakeholder chave 1): este trabalho será utilizado para mostrar, justificar para gerência que determinadas mudanças necessitam de um alto investimento. Justificar o ganho, o quanto vou ganhar com a mudança mostrando a simulação. Em pouco tempo já conseguimos ganhar esse investimento para melhorar a linha.

Pela análise visual dos participantes e pela voz deles, percebeu-se que eles ficaram muito entusiasmados com a técnica e como a simulação pode gerar resultados que justificam certos investimentos na linha de produção. Defenderam que a empresa deveria ter esse conhecimento em simulação, pessoas aptas para utilizá-la, pois os ganhos são notáveis. Com relação ao *feedback* sobre a intervenção, os *stakeholders* relataram o seguinte:

Stakeholder chave 2: eu confesso que por ser a distância eu duvidei um pouco no começo porque eu achei que talvez você (facilitador) teria dificuldade (de entender) por não conhecer o nosso processo. Mas eu acho que a condução do processo e as reuniões que a gente fez foram bem produtivas. A comunicação minha e sua foi bem tranquila. Me surpreendeu quando eu vi os resultados, bem parecido com o real, eu fiquei um pouco surpreso porque eu achei que talvez fosse ser um pouco mais complicado de atingir.

Stakeholder chave 1: também concordo com o que foi dito. Quando foi falado de algo a distância tem essa interrogação “será que vai funcionar?”. De verdade eu ainda acho que se tivesse tido uma reunião interna, talvez seria mais rápido para você assimilar

algumas coisas ou outras, mas o que o trabalho atingiu pra mim foi o suficiente e eu achei muito bacana muito legal o jeito que foi conduzido. ... Eu concordo que dá para trabalhar com um modelo desse (simples) e ser muito eficiente com os resultados. O próximo passo nosso aqui é correr atrás do que a gente pode melhorar para aumentar a eficiência das máquinas ou tentar pensar em alguma outra forma para melhorar o processo.

Stakeholder A: a proposta foi fazer on-line e deu certo. Me surpreendeu por ter sido conduzido dessa forma e ter dado o resultado que a gente viu.

Com relação a algumas perguntas feitas aos *stakeholders*, todos concordaram totalmente que o modelo representava a visão do sistema real, que ele gerou um maior entendimento do processo, e que ele irá auxiliar na tomada de decisão. Quando perguntado sobre se eles indicariam esse tipo de aplicação em uma outra empresa, a resposta positiva foi unânime:

Stakeholder chave 2: indicaria na mesma empresa, inclusive. Temos uma outra linha aqui...

<Risos>

Stakeholder chave 1: estamos dispostos a fazer um segundo projeto, mapeando algum outro processo. Eu gostei muito do que foi feito.

Assim, a partir desses depoimentos é possível concluir que a aplicação atingiu seu objetivo, que é levar a um maior entendimento do processo, trabalhar com um modelo mais simples, mas que gere melhorias ou auxilie na tomada de decisão. A condução do trabalho com reuniões híbridas também se mostrou bastante eficiente, gerando bons resultados, indicando que a SED facilitada pode ser aplicada também com sucesso em ambientes industriais.

No APÊNDICE D é possível visualizar tanto o modelo conceitual criado quanto a imagem do modelo computacional. Por questões de confidencialidade, os nomes das atividades e dos eventos foram ocultados do modelo conceitual e, para o modelo computacional, apenas o *layout* do processo é apresentado.

5.2 Descrição da aplicação na empresa ST

A ST é uma empresa familiar de pequeno porte, fabricante de roupas em malha. A fábrica onde ocorreu o estudo é localizada na cidade de São Lourenço, MG. O processo de produção escolhido foi o de sublimação de roupas, mais especificamente blusas. Trata-se de um processo de baixa complexidade, composto por duas atividades principais: organizar o tecido na máquina e prensar as roupas. Esse ciclo se repete quatro vezes e, em seguida, as roupas estão prontas para a próxima etapa.

O objetivo do estudo era aumentar a produtividade do processo criando vários cenários em relação à compra de uma nova máquina. A principal questão considerada foi "que tipo de

máquina seria melhor adquirir para aumentar a produtividade?" Os dados utilizados no modelo foram estimados pelo proprietário da empresa, que foi o único *stakeholder* envolvido em todo o projeto. Ou seja, o tempo de produção da máquina é determinístico, estabelecido pelo próprio fornecedor. Já o tempo do funcionário, este foi estimado pelo *stakeholder* chave. Desta forma, foi calculada a taxa média de produção da máquina e inserida no modelo computacional utilizando a distribuição exponencial. O proprietário da empresa é responsável por supervisionar os processos e resolver todas as questões relacionadas às linhas de produção.

O primeiro contato com a empresa foi por *WhatsApp* e partiu dos pesquisadores que convidaram o *stakeholder* chave para realizar esse estudo, dado seu grande interesse em projetos desse tipo. O *stakeholder* chave já apresentava conhecimento em SED e tinha participado de projetos de SED.

Nesta aplicação todo contato com o *stakeholder* foi feito por *e-mail* ou celular. Antes de cada reunião um *e-mail* era enviado ao *stakeholder* contendo a agenda da reunião, e uma breve explicação sobre seus objetivos. Foram quatro reuniões que variaram de 40 a 60 minutos, as quais, em sua maioria, puderam ser gravadas. O *software* utilizado para as reuniões foi o Skype. A seguir serão descritas as reuniões.

- Reunião de abertura

A reunião de abertura ocorreu entre o facilitador e o *stakeholder* chave, o proprietário da empresa. As atividades desta primeira reunião foram realizadas iniciando com uma explicação sobre a SED facilitada. Após a apresentação, o *stakeholder* chave não apresentou muitas dúvidas e então seguiu-se para a apresentação da empresa. O proprietário forneceu algumas informações sobre a empresa e seus processos.

Como era uma fábrica de roupas, a maioria dos produtos apresentava demandas sazonais. Assim, o único processo estável que tinha demanda constante ao longo do ano era o processo de sublimação. Este processo de sublimação era novo para a empresa e o *stakeholder* chave desejava aumentar sua produtividade. Portanto, este processo foi escolhido para estudo.

A primeira reunião teve duração de 50 minutos, mas houve um problema de conexão que exigiu 10 minutos para retomar a reunião. Na etapa de definição da equipe de *stakeholders*, o proprietário da empresa não viu necessidade de adicionar mais membros, sendo ele o responsável pelo processo, possuindo quase todo o conhecimento sobre ele, pois tinha sido o seu idealizador. Portanto, as reuniões restantes foram realizadas apenas com a presença do *stakeholder* chave e do facilitador.

Como experiência da primeira aplicação, não foi possível agendar todas as reuniões previamente, sendo agendadas uma a uma conforme disponibilidade dos participantes. Também neste caso o nivelamento realizado nesta reunião foi suficiente para que o *stakeholder* chave tivesse conhecimento sobre a realização do projeto. Assim, a reunião de abertura foi finalizada e o *Workshop* 1 foi agendado para a semana seguinte.

- *Workshop* 1

No *workshop* 1, a atividade de apresentar brevemente a SED não foi necessária pelo fato de apenas o *stakeholder* chave estar participando do estudo. Assim, a reunião começou com o *stakeholder* chave descrevendo o processo escolhido. Porém, o *stakeholder* chave não esperou que o facilitador fizesse as perguntas do formulário de descrição do processo e descreveu o processo por si só. O facilitador permitiu esse comportamento, no entanto, após a conclusão da descrição, o facilitador utilizou a ferramenta de descrição do processo para garantir que nenhuma informação estivesse faltando para o desenvolvimento do projeto.

Ocorreu uma certa dificuldade de comunicação com o *stakeholder* chave durante a descrição do processo, ficando um pouco confuso para o facilitador. Ou seja, a descrição fornecida pelo proprietário apresentava muitas informações que posteriormente não foram utilizadas para construção do modelo computacional. Porém, isto não foi algo que impediu o estudo de cumprir com seus objetivos.

Os dados necessários para alimentar o modelo computacional seriam estimados pelo *stakeholder* chave, portanto, não houve necessidade de coleta de dados. O *workshop* 1 começou com 15 minutos de atraso, pois o *stakeholder* chave não estava disponível no horário agendado. A reunião foi gravada, o que facilitou análises posteriores.

Assim como ocorreu na empresa MA, após o *workshop* 1, o facilitador iniciou a construção do modelo conceitual. O ciclo 1 do V&V-DM iniciou com o facilitador assistindo o vídeo da reunião e escrevendo o relato do processo. Com isso, o modelo conceitual foi construído, parte por parte, e enviado ao especialista na notação BPMN para verificação. Neste ciclo não foi necessária uma reunião presencial com o especialista na técnica, ocorrendo a verificação por trocas de *e-mails*. Após as correções apontadas pelo especialista e implementadas pelo modelador, o modelo conceitual foi verificado e o *workshop* 2 foi agendado com os *stakeholders*.

- *Workshop 2*

No *workshop 2*, deu-se início ao ciclo 2 do procedimento V&V-DM. O facilitador descreveu ao *stakeholder* chave o modelo conceitual para averiguar se o modelo representava de forma satisfatória o sistema. O modelo conceitual foi parcialmente validado pelo *stakeholder* chave, exigindo algumas modificações, as quais o facilitador preferiu realizá-las após o *workshop 2*, para seguir para a próxima atividade do *workshop*. Assim, uma reunião extra (10 minutos) foi agendada para finalizar a validação do modelo conceitual. Como as mudanças eram simples, o modelador pôde realizá-las e apresentar diretamente ao *stakeholder* chave, não sendo necessário o ciclo 3 do V&V-DM.

Ao analisar o modelo conceitual, o *stakeholder* chave afirmou que a máquina de prensa utilizada no processo de sublimação é o posto gargalo. Portanto, foi necessária uma análise mais aprofundada para compreender e melhorar o processo. Consequentemente, a etapa de levantamento de ideias foi iniciada, discutindo alguns cenários potenciais a serem experimentados no modelo computacional.

Como mencionado que a prensa era o gargalo do processo, o *stakeholder* chave listou todos os tipos de prensas disponíveis no mercado que ele estava disposto a comprar, mas não sabia qual levaria a uma maior produtividade e, ao mesmo tempo, seria adequada à realidade da empresa. Portanto, quatro cenários diferentes foram definidos para serem testados no modelo computacional. Assim, a reunião foi finalizada.

Após o *workshop 2*, o facilitador modificou o modelo conceitual e agendou uma reunião rápida para finalizar sua validação. Ao apresentar o modelo ao *stakeholder* chave, este foi validado. No APÊNDICE E é possível ver o modelo conceitual. A percepção do proprietário referente ao modelo foi a seguinte:

Proprietário da empresa (stakeholder chave): O BPMN é ótimo. Vou levar o BPMN e colocar na parede.

O modelo computacional também foi finalizado pós-*workshop 2* e os cenários foram criados para serem apresentados no *workshop 3*.

- *Workshop 3*

O *workshop 3* teve início com a validação do modelo computacional. Como o foco do estudo estava no posto gargalo, o modelo computacional apresentado continha apenas este posto. No APÊNDICE E é possível ver o modelo computacional. O facilitador apresentou o

modelo ao *stakeholder* chave e o executou. As simplificações utilizadas no modelo computacional foram: simulação de apenas um produto (blusas); tempos de *setup* de máquina e manutenção foram descartados, pois eram raros de acontecer; índice de refugo não foi contabilizado, pois representava uma pequena proporção. Os resultados foram apresentados e o *stakeholder* chave concordou que o modelo computacional representava o sistema real, comparando, especialmente, as saídas do modelo com os resultados obtidos no contexto real. Assim, a atividade de apresentação dos cenários foi iniciada e várias discussões foram levantadas. O *stakeholder* chave gostou bastante dos resultados e afirmou que o modelo reforçou algo em que ele acreditava, mas não tinha certeza se alcançaria o resultado desejado. A seguir, algumas percepções do *stakeholder* chave sobre os resultados do modelo computacional.

Proprietário da empresa (stakeholder chave): O modelo definitivamente me ajudará a tomar uma decisão sobre qual máquina devo comprar... Eu estava me perguntando se vale a pena comprar uma máquina maior ou menor, ter dois funcionários ou apenas um, fiz alguns cálculos no papel... mas com a ajuda desse modelo, já está decidido o que é melhor comprar. Isso é realmente ótimo.

Por meio da análise visual do participante e de sua voz, ficou evidente que ele estava extremamente entusiasmado com a técnica e como a simulação poderia fornecer resultados que justificassem investimentos na linha de produção. Como plano de ação, que já havia sido considerado pelo proprietário da empresa, ficou acordado que ele compraria a máquina que apresentou o melhor resultado. Porém, esta compra aconteceria nos próximos meses devido ao custo do material.

Desta forma, optou-se por realizar a atividade de recebimento de *feedback* para evitar atrasos na conclusão do projeto. Em relação ao *feedback* sobre a intervenção, o *stakeholder* chave relatou que o estudo *on-line* foi excelente e que ele não teve problemas. O fato de não haver visitas presenciais não impediu o desenvolvimento dos modelos. Ele considerou essa abordagem remota melhor porque, segundo ele, economizou tempo no projeto.

Assim, o *stakeholder* chave confirmou que o modelo representava o sistema real, aprimorou sua compreensão do processo e auxiliou na tomada de decisão. Além disso, ele disse que definitivamente recomendaria a aplicação do *framework* em outra empresa e que teve uma ótima impressão do estudo. Assim, o *workshop* 3 foi finalizado.

Com base no *feedback* recebido, concluiu-se que o *framework* e o estudo alcançaram com sucesso seus objetivos. O uso de um modelo simplificado auxiliou na tomada de decisão e proporcionou uma compreensão maior do processo. Novamente, o formato de reuniões híbridas também foi considerado eficiente e produziu bons resultados. Essas descobertas sugerem que a SED facilitada com reuniões híbridas pode ser utilizada de forma eficaz em ambientes industriais de pequeno porte.

5.3 Descrição da aplicação na empresa IM

A IM é uma empresa de grande porte, fabricante de material bélico, presente em seis localidades brasileiras. A fábrica onde ocorreu o estudo é localizada na cidade de Itajubá, MG, e é responsável pela fabricação de canos e sabres para armamento portátil. O processo selecionado para estudo foi o de usinagem de canos de fuzis. Este processo é quase todo manual e o objetivo era aproveitar a capacidade das máquinas CNC em agrupar operações e, assim, poder utilizar os operadores das máquinas em outras funções.

O processo é composto por 30 operações que um tipo de cano de fuzil precisa passar para seguir para sua finalização. Participam desta linha de usinagem cerca de 35 funcionários. Em cada operação é fabricado um lote de 50 peças, o qual é enviado para operação seguinte. O índice de refugo da linha é baixo e os *stakeholders* não apresentaram muitos problemas que os incomodavam na linha de produção. Os *stakeholders* enviaram as taxas médias de produção de cada máquina, sendo estas taxas utilizadas no modelo computacional.

O primeiro contato com a empresa foi por *WhatsApp* e partiu dos pesquisadores que convidaram o *stakeholder* chave para realizar esse estudo, dado também o interesse da empresa em realizar projetos de simulação. Os participantes do estudo também já apresentavam conhecimento em SED e tinham participado de projetos de SED.

Nesta aplicação todo contato com os *stakeholders* foi feito por *e-mail* e celular. Antes de cada reunião um *e-mail* era enviado aos *stakeholders* contendo a agenda da reunião e uma breve explicação sobre seus objetivos. Foram cinco reuniões que variaram entre 30 a 60 minutos, as quais puderam, em sua maioria, ser gravadas. O *software* utilizado para as reuniões foi o Skype. A seguir serão descritas as reuniões.

- Reunião de abertura

A reunião de abertura ocorreu entre o facilitador e quatro *stakeholders*, ou seja, estava presente praticamente o time completo de *stakeholders*. Entre eles estavam gerentes, gestores e

técnico industrial. A reunião se iniciou sem atrasos, com todos os *stakeholders* presencialmente em uma sala de reunião e o facilitador remotamente.

A atividade de apresentação dos conceitos e *framework* se iniciou e, após isso, os *stakeholders* levantaram algumas dúvidas. A princípio eles ficaram um pouco incomodados pelo fato de ser um estudo à distância, pois acreditavam que presencialmente iria facilitar a troca de informação, mas aceitaram participar do projeto. A seguir, eles apresentaram um pouco da empresa, porém, na parte de escolha do processo, eles não tinham nenhum em mente pré-definido. Embora isto tivesse sido solicitado por *e-mail* antes da reunião.

Assim, eles preferiram conversar entre eles e definir um processo, o qual seria informado posteriormente por *e-mail* aos pesquisadores. Da mesma forma como nos outros objetos de estudo, não foi possível agendar todas as reuniões previamente, sendo agendadas uma a uma conforme disponibilidade dos participantes. Também nesta intervenção, o nivelamento realizado na reunião de abertura foi suficiente para que os *stakeholders* entendessem sobre a realização do projeto, visto que eles já tinham conhecimento em SED. Desta forma, esta primeira reunião foi finalizada e teve duração de 40 minutos.

Após a reunião, o *stakeholder* chave enviou um *e-mail* aos pesquisadores com dois possíveis processos para estudo, que ele gostaria de projetar melhorias. O facilitador escolheu o de usinagem, pois era um processo que a empresa tinha mais informações. Assim, o *workshop* 1 foi agendado.

- *Workshop* 1

No *workshop* 1, participaram três *stakeholders* que já estavam presentes na reunião de abertura. Assim, as atividades de apresentar brevemente a SED e tirar dúvidas não foram necessárias. A reunião começou com os *stakeholders* descrevendo o processo, sendo que cada um deles falou um pouco sobre ele. O facilitador ia fazendo as perguntas utilizando a ferramenta descrição do processo e eles iam respondendo. Era um processo totalmente sequencial e as etapas já estavam todas documentadas pela empresa. Desta forma, foi relativamente fácil o entendimento do processo por parte do facilitador.

O *layout* do chão de fábrica com indicação da sequência de operações foi enviado ao facilitador após o *workshop* 1. Os tempos reais de fabricação estavam disponíveis, porém precisavam ser atualizados pelos *stakeholders*. Portanto, foram utilizados dados reais médios, como taxas de produção de cada máquina, para criação do modelo computacional. Foram desconsiderados os tempos de *setup* de máquina, pois foi selecionada apenas um tipo de cano.

O *workshop* 1 também começou pontualmente, com todos os integrantes já alocados na sala de reunião da empresa. A reunião foi gravada e teve duração de 50 minutos. Com o fim da descrição do processo, o facilitador encerrou a reunião. Após o *workshop* 1, o facilitador assistiu à gravação, anotou toda a descrição do processo e criou o modelo conceitual com bastante facilidade, apesar da sua extensão. Com a sua finalização, o facilitador enviou o modelo por *e-mail* ao especialista na notação BPMN para verificação. Assim, o modelo foi verificado neste contato por *e-mail*, encerrando o ciclo 1 do procedimento V&V-DM. Sendo assim, o *workshop* 2 foi agendado com os *stakeholders*. No APÊNDICE F é possível ver o modelo conceitual criado.

- *Workshop* 2

No *workshop* 2 participaram dois *stakeholders*, pois não foi possível a participação do terceiro. Isto foi um cenário comum de todas as intervenções realizadas, pois a presença de todos os participantes foi um desafio em todas elas. A reunião iniciou-se com a validação do modelo conceitual juntamente com os *stakeholders*, dando seguimento ao procedimento V&V-DM, ciclo 2. Algumas modificações simples foram necessárias, as quais foram alteradas sem problemas no modelo. Desta forma, o modelo foi validado pelos *stakeholders*, não sendo necessária a realização do ciclo 3 do V&V-DM.

Ao analisar o modelo, os *stakeholders* também optaram por seguir para a modelagem computacional, pois não conseguiram pensar em nenhuma melhoria imediata. Eles gostariam de saber se ao unir determinadas operações em máquinas CNC, qual seria o impacto dessa mudança no número de peças produzidas. Ou seja, o objetivo deles não era aumentar a produção, pois a demanda era constante. Mas sim, agrupar algumas operações fazendo com que elas não necessitassem da intervenção dos funcionários, tendo mais disponibilidade de mão de obra, sem impactar a produção ou, pelo menos, não a diminuir. Para isto, foi necessária a criação do modelo computacional.

Assim, seguiu-se para o levantamento de ideias. Os *stakeholders* propuseram a união de algumas operações. Porém, eles não sabiam com exatidão qual seria o tempo de produção ao unir essas operações. Desta maneira, os tempos das operações foram somados para ter uma estimativa do impacto dessa união de operações na produção.

Como a empresa tinha dados reais do processo, que apenas precisavam ser atualizados, eles se comprometeram a enviar esses dados por *e-mail* para construção do modelo computacional. Assim, ocorreu esse contato por *e-mail* com os *stakeholders* após o *workshop*

2. O *workshop 2* foi finalizado com 30 minutos de duração. Após esta reunião, o facilitador criou o modelo para apresentação no *workshop 3*.

- *Workshop 3*

O *workshop 3* foi agendado com os *stakeholders* e um novo gerente participou da reunião. Porém a reunião durou cerca de 15 min. Ocorreu uma falha na internet da empresa e eles ficaram tentando resolver por aproximadamente 20 minutos. Como a internet permanecia instável, o *workshop 3* foi reagendado para a semana seguinte.

Na segunda tentativa do *workshop 3*, os *stakeholders* estavam pontualmente esperando a reunião começar. Porém, o mesmo problema de internet se manteve. Eles chamaram um técnico interno, mas, mesmo assim, o áudio ainda estava cortando. Desta forma, eles sugeriram mudar de programa, pois alegaram que o *Skype* poderia ser a causa, sendo este um programa pesado. Assim, migramos para o *Google Meet*, mas este aplicativo não tinha a funcionalidade de gravação da reunião. Isso exigiu que o facilitador descrevesse o que aconteceu na reunião imediatamente após sua finalização.

Aconteceu algo nesta reunião diferente dos demais objetos de estudo: o time de *stakeholders* estava completamente diferente daquele que havia iniciado o estudo, sem o conhecimento do facilitador. Entre eles encontravam-se gerentes e engenheiros do processo. Como os *stakeholders* não tinham participado de nenhum *workshop*, eles não estavam cientes dos dados que foram passados para criação do modelo computacional e nem dos cenários que foram propostos pelos outros *stakeholders*.

O gerente que estava participando pela primeira vez já apresentava um conhecimento sobre a SED. Como justificativa, ele alegou que os outros *stakeholders* não puderam estar presentes, pois alguns estavam afastados por motivo de doença e outros em viagem pela empresa. Devido ao problema de conexão no início da reunião, o *workshop 3* foi iniciado com 30 minutos de atraso. O facilitador iniciou apresentando o modelo computacional.

Como os *stakeholders* não estavam cientes do que tinha acontecido nas reuniões anteriores, isso gerou muitas discussões e dúvidas, sendo necessário todo o tempo da reunião para explicar o que estava sendo feito. Foi necessária uma discussão sobre a validade do modelo e dos resultados gerados, pois este grupo de *stakeholders* não estavam concordando com o modelo apresentado. Então, percebeu-se que ocorreu uma falta de comunicação entre o primeiro grupo de participantes da empresa e o grupo que participou do *workshop 3*.

Ao apresentar o modelo computacional, os *stakeholders* perceberam que alguns dados fornecidos pelo outro grupo não estavam representativos, nem mesmo de forma aproximada, do que acontecia na realidade. Desta forma, o *workshop 3* foi finalizado com os *stakeholders* se comprometendo a enviar por *e-mail* ao facilitador os dados atualizados, e também pensar melhor sobre os cenários que eles gostariam de ver na simulação. A duração da reunião foi de 60 minutos. Assim, foi agendado pela terceira vez o *workshop 3* para validação do modelo computacional.

No dia do *workshop 3.1*, estavam presentes os dois *stakeholders* que iniciaram o estudo com os pesquisadores e dois gerentes que participaram apenas da reunião anterior. O facilitador iniciou com a apresentação do modelo para validação. As simplificações adotadas no modelo foram: adoção de apenas uma família de produtos, sendo descartados os tempos de *setup* de máquina; tempos de parada de máquina e taxas de refugo não foram utilizados; utilização da taxa de produção de um lote de 50 peças em cada máquina, ao invés de simular a produção de cada peça e aguardar formar um lote de 50 para seguir para a próxima operação.

A reunião não foi gravada, pois não estavam disponíveis recursos para isso. Após a apresentação do modelo, todos os *stakeholders* validaram o modelo, concordando entre si. Eles tinham feito alguns cálculos anteriormente e viram que o resultado do modelo estava parecido com o que eles também concluíram.

Assim, os cenários foram apresentados e os resultados discutidos. No APÊNDICE F é possível ver o modelo computacional criado. A atividade de plano de ação não foi realizada juntamente com o facilitador, pois eles entenderam que para unir as operações em uma máquina CNC, exigiria um estudo interno mais aprofundado pelo investimento necessário. Porém, ficaram bastante satisfeitos com o projeto desenvolvido, pois ele gerou um maior entendimento do sistema real.

Desta forma, seguiu-se para atividade de *feedback* do estudo. Cada *stakeholder* comentou um pouco sobre suas impressões, sendo bem positivas. Como exemplo, eles alegaram que o trabalho forneceu subsídio para análises no processo e, então, realizar mudanças nele. Foi algo que ampliou a visão sobre o processo, e que representava satisfatoriamente a realidade. Desta forma, concordaram que o modelo computacional auxiliou na tomada de decisão e no entendimento do processo.

Com relação à condução do estudo (*framework*), eles gostaram desta condução, sendo algo didático e bem conduzido, gerando resultados satisfatórios. Quando questionados sobre

um estudo com reuniões híbridas, eles disseram que para ter uma visão geral do processo, o estudo é perfeito. Mas, para uma análise mais aprofundada, seria bom mesclar reuniões presenciais e remotas. Como sugestão eles disseram que uma reunião presencial seria boa para entender um pouco mais sobre o processo e os equipamentos. Foi unânime a resposta deles com relação a utilizar esse método novamente para conduzir estudos de simulação e indicariam para outras empresas. Assim, o estudo foi finalizado neste *workshop* com duração de 60 minutos.

5.4 Descrição da aplicação na empresa MA (segunda aplicação)

Nesta seção será descrita a segunda aplicação na empresa MA, uma empresa de grande porte, fabricante de peças para a indústria automotiva. O processo escolhido para estudo foi o de corte de bobinas para equipamentos elétricos. Esse processo é diferente do que foi estudado anteriormente na mesma empresa, sendo gerenciado e operado por colaboradores diferentes.

O primeiro contato com o *stakeholder* chave foi por *WhatsApp*. Esse gestor também já apresentava interesse em desenvolver estudos de SED nos processos comandados por ele. Assim, os pesquisadores entraram em contato para agendar uma reunião e apresentar a SED facilitada.

Todo contato com os *stakeholders* foi feito por *e-mail* ou *WhatsApp*. Antes de cada reunião um *e-mail* era enviado aos *stakeholders* contendo a agenda da reunião e uma breve explicação sobre seus objetivos. Nesta segunda aplicação, diferente da primeira, a empresa MA estava desenvolvendo uma política interna de confidencialidade dos dados, impossibilitando a gravação das reuniões. Ocorreram quatro reuniões de 60 minutos e o *software* utilizado para as reuniões foi o *Microsoft Teams*. Os dados utilizados no modelo computacional foram taxas médias de produção, fornecidas pela própria empresa e as taxas médias de parada de máquina. A seguir serão descritas as reuniões.

- Reunião de abertura

Na reunião de abertura participaram o chefe da fábrica de corte (*stakeholder* chave), o engenheiro de processo, um estagiário do processo (engenheiro de produção), o facilitador e um integrante convidado pelo facilitador. Este integrante convidado era um membro da empresa júnior da Universidade Federal de Itajubá, o qual demonstrou bastante interesse em utilizar o FaMoSim com os clientes da empresa júnior. Portanto, ele foi convidado para acompanhar uma aplicação real. Mais informações sobre este contato com a empresa júnior podem ser vistas na seção 7.1 desta tese.

No dia da reunião, ela teve que ser adiada em uma hora, pois os *stakeholders* não estavam disponíveis no momento agendado. No horário reagendado, ela foi iniciada com um atraso de 5 minutos e também ocorreu uma queda rápida de internet durante a apresentação, mas não causou nenhum prejuízo à apresentação.

A reunião iniciou com uma apresentação dos integrantes e apenas o *stakeholder* chave tinha conhecimento sobre a SED. Seguiu-se então para a apresentação da SED facilitada e do FaMoSim. Após isso, os *stakeholders* tiraram suas dúvidas sobre o estudo. A etapa seguinte de apresentação da empresa não foi realizada devido a esta ser a segunda aplicação na empresa MA. Os *stakeholders* também não tinham decidido um processo específico para estudarem, apesar do facilitador ter avisado com antecedência. Isso ocorreu devido à incerteza sobre a continuidade do estudo, considerando a nova política de confidencialidade de dados.

Assim, o *stakeholder* chave se comprometeu a retornar por *e-mail* se poderia continuar com o projeto e, em caso afirmativo, também enviaria o processo para estudo. Durante a reunião, o *stakeholder* chave mostrou entusiasmo com o estudo, afirmando que tinha total interesse em continuar se fosse permitido. Sendo assim, a reunião de abertura foi finalizada. Os slides utilizados durante a reunião foram enviados ao *stakeholder* chave para serem divulgados internamente.

- *Workshop 1*

Antes do *workshop 1*, o *stakeholder* chave retornou com uma resposta afirmativa sobre a continuidade do projeto. Ele também entrou em contato com o gestor que participou do estudo anterior para auxiliá-lo na escolha do processo. Com o processo em mente, o *workshop 1* foi agendado.

Participaram desta reunião o *stakeholder* chave, o engenheiro de processo e o facilitador. O estagiário da empresa e o integrante convidado da empresa júnior não puderam comparecer. O *workshop 1* começou sem atrasos e, como todos os participantes já estavam presentes na reunião de abertura, não foi necessária uma apresentação da SED facilitada. Assim, seguiu-se para a etapa de descrição do processo. O engenheiro de processo havia preparado o fluxo da célula que seria estudada e então apresentou ao facilitador.

O processo apresentado foi o de corte de bobinas, o qual é organizado em um *layout* celular em forma de “U”, sendo composto por seis operações, tendo a operação de corte como o gargalo do processo. Assim, após a apresentação do engenheiro de processo, o facilitador utilizou a ferramenta descrição do processo para que nenhuma informação faltasse. O objetivo

definido para o estudo foi o de aumentar a produtividade da célula, reduzindo o tempo de inatividade do posto gargalo.

Durante a discussão do objetivo, o engenheiro comentou sobre alguns possíveis cenários que ele gostaria de simular considerando o posto gargalo, sendo algo parecido com o que ocorreu na empresa ST (pequena empresa). Os *stakeholders* decidiram utilizar dados reais do processo, os quais seriam providenciados por eles. Com o término desta atividade, o *workshop* 1 foi finalizado. A maior parte do *workshop* 1 pôde ser gravada (descrição do processo e parte dos cenários). Porém, durante a reunião, o *stakeholder* chave conversou com o time de recursos humanos da empresa e eles proibiram a gravação devido à política de confidencialidade de dados.

Após o *workshop* 1, o facilitador iniciou a construção do modelo conceitual. O ciclo 1 do V&V-DM iniciou com o facilitador assistindo o vídeo da reunião e escrevendo o relato do processo. Com isso, o modelo conceitual foi construído e enviado por *e-mail* ao especialista na notação BPMN para verificação. Como o processo era bem simples, apresentando apenas seis postos de trabalho, o modelo foi verificado sem problemas. No APÊNDICE G é possível ver o modelo conceitual criado.

- *Workshop 2*

No *workshop* 2, deu-se início ao ciclo 2 do procedimento V&V-DM, ou seja, a validação do modelo conceitual com o especialista no processo. Participaram deste *workshop* o estagiário, o engenheiro de processo e o facilitador. O *stakeholder* chave não pôde estar presente, pois estava de férias. O facilitador descreveu aos *stakeholders* o modelo conceitual para averiguar se ele representava de forma satisfatória o sistema. O modelo foi validado pelos *stakeholders* sem a necessidade de modificações. Desta forma, como nos outros objetos de estudo, não foi necessária a realização do ciclo 3 do V&V-DM.

Após esta atividade, iniciou-se a discussão dos cenários para simulação. Durante o *workshop* 1, o engenheiro de processo havia comentado sobre alguns possíveis cenários para simulação, enquanto ele explicava o processo. Portanto, os cenários que tinham sido previamente discutidos no *workshop* 1, foram repassados com os *stakeholders* para saber se eles gostariam de acrescentar algo mais.

Após a conversa, ficaram determinados os cenários que seriam simulados e mais alguns dados foram solicitados para realização do modelo computacional. Os *stakeholders* gostariam que o modelo computacional mostrasse quais seriam os impactos na produção caso o posto

gargalo aumentasse sua taxa de produção, como também se o seu tempo de inatividade fosse reduzido. Também foi solicitado um cenário mostrando a produção com duas máquinas de corte (operação gargalo). Assim, alguns cenários foram criados pelo facilitador pós-*workshop* 2 e apresentados no *workshop* 3.

Como ficou decidido que seriam utilizados dados reais do processo, o estagiário enviou alguns dados antes do *workshop* 2, tais como: taxa de produção de cada máquina, tempo de *setup*, tempo de inatividade e o fluxo do processo. Esses dados eram dados históricos do processo, ou seja, não ocorreu uma coleta de dados como na primeira aplicação. O facilitador aproveitou o final da reunião para tirar algumas dúvidas sobre os dados já enviados. Com isso, a reunião foi finalizada. Após a reunião, o facilitador descreveu o que ocorreu no *workshop* 2, pois a reunião não pôde ser gravada.

- *Workshop* 3

O *workshop* 3 foi agendado com o *stakeholder* chave. Porém, no dia da reunião, os *stakeholders* não compareceram e não justificaram a ausência. A reunião foi remarcada para a semana seguinte. O *workshop* 3 iniciou com 20 minutos de atraso, pois os *stakeholders* estavam em outra reunião dentro da empresa. O facilitador apresentou a agenda da reunião e seguiu para a apresentação do modelo computacional. As simplificações utilizadas no modelo computacional foram: simulação de apenas uma célula de montagem, já que no sistema real eram três células iguais; simulação de apenas um produto; taxas de refugo não foram utilizadas. Os resultados também foram apresentados e os *stakeholders* validaram o modelo, o qual representava o sistema real.

Após esta validação, os cenários e seus resultados foram mostrados aos *stakeholders*, os quais demonstraram bastante animação durante essa atividade. Os *stakeholders* optaram por não desenvolver o plano de ação junto ao time de modelagem, pois as mudanças simuladas no modelo deveriam ser analisadas internamente. Assim, seguiu-se para a atividade de receber *feedback* do estudo. A seguir, alguns relatos dos participantes sobre os resultados do modelo.

Gerente (stakeholder chave): o resultado foi satisfatório. Eu achei que o modelo retratou bem a realidade. Para chegar a esses resultados seriam necessários muitos cálculos e, mesmo assim, faríamos apenas por um período, um turno. Mas, com o modelo, foi possível ter uma simulação por um horizonte maior de tempo, sendo possível simular por seis meses ou um ano. O modelo possibilitou ver a produção em ritmo e a longo prazo.

Engenheiro de processo (stakeholder A): tomar decisão ficou bem mais fácil agora. Não precisa pensar muito. Já sabemos quais serão os resultados dependendo da ação que tomarmos. Muito bom.

Pelo tom de voz dos participantes percebeu-se que eles ficaram muito entusiasmados com a técnica e como a simulação poderia ajudá-los na tomada de decisão. Com relação ao *feedback* sobre a intervenção, os *stakeholders* relataram o seguinte:

Stakeholder chave: eu achei que esse tipo de reunião (híbrida) adaptou bem para esse estudo que fizemos. Não senti que tivemos perdas por não terem ocorrido um contato físico ou visitas ao sistema real. Talvez para processos de média e baixa complexidade adapta 100%. Sobre o framework, não tem muito o que mudar. O número de reuniões foi bem enxuto e suficiente, foram reuniões rápidas e objetivas, principalmente porque o tempo hoje é escasso. O estudo foi bem conduzido e dinâmico, só pontos positivos. Stakeholder A: foi excelente, perfeito. Concordo com o ... (stakeholder chave). Achei que ficou fácil passar as informações necessárias (dados), pois foi possível conversar com o outro time que já participou (primeira aplicação) e entender como o estudo iria ocorrer.

Com relação a algumas perguntas feitas aos *stakeholders*, todos concordaram que o modelo representava a visão deles do sistema real e que os resultados do modelo foram fáceis de interpretar. Eles concordaram totalmente que o modelo computacional gerou um maior entendimento do processo real e que ele irá auxiliar na tomada de decisão. Quando questionados sobre se eles indicariam esse tipo de aplicação em uma outra empresa, a resposta foi positiva, com certeza indicariam e aplicariam novamente. O *stakeholder* chave também comentou sobre as chances de ocorrer uma mudança no sistema real após o estudo.

Stakeholder chave: acima de 80%, muito viável de acontecer no futuro. Para nós, o melhor cenário é colocar mais uma máquina na célula de corte, pois já temos essa máquina em outra célula e podemos aproveitá-la. Teremos ganhos.

Assim, a partir desses depoimentos foi possível concluir que a aplicação atingiu seus objetivos, auxiliando os *stakeholders* a entenderem melhor seu processo e auxiliando na tomada de decisão. A condução do trabalho com reuniões híbridas também se mostrou bastante eficiente, gerando bons resultados. No APÊNDICE G é possível visualizar tanto o modelo conceitual criado quanto a imagem do modelo computacional.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção irá apresentar as análises dos resultados obtidos com as aplicações do FaMoSim. Isto é, a percepção dos *stakeholders* e dos pesquisadores sobre os estudos desenvolvidos e o que pode ser melhorado no *framework* com os *feedbacks* obtidos. Também será apresentada uma comparação entre os objetos de estudo.

6.1 Observações sobre a utilização do FaMoSim

A seguir, serão apresentadas algumas análises sobre as quatro aplicações realizadas. Estas análises foram divididas em oito itens. Com essas observações, o FaMoSim será alterado. A seguir, serão apresentados estes itens.

- Estabelecimento prévio do cronograma do estudo

Na última atividade da reunião de abertura, “discutir sobre o time de *stakeholders* e cronograma do estudo”, foi constatado que estabelecer previamente a data de todas as reuniões não foi algo factível pelos seguintes motivos: (i) os *stakeholders* optaram por enviar dados reais do processo, levando um certo tempo para levantar esses dados; (ii) era necessário conciliar a agenda dos pesquisadores com a dos *stakeholders*; (iii) era necessário respeitar os contratemplos que aconteciam dentro da empresa (reuniões internas marcadas de última hora, *stakeholders* doentes, problemas na linha de produção, excesso de trabalho dependendo da semana, problemas de conexão de rede, entre outros).

Assim, algumas reuniões tiveram que ser remar cadas/postergadas. Portanto, realizar um cronograma, com datas previamente marcadas para os *workshops* pode ser algo não viável neste ambiente industrial. Desta forma, não é possível estipular o tempo de projeto, pois depende de variáveis não controladas. Como solução, esta atividade será alterada no *framework* FaMoSim e, como sugestão para as aplicações, ao fim de cada reunião, o facilitador deve perguntar aos *stakeholders* qual seria uma boa data para a próxima reunião. Este comportamento pode evitar que as reuniões fiquem muito espaçadas. A Figura 13 mostra esta alteração na reunião de abertura.

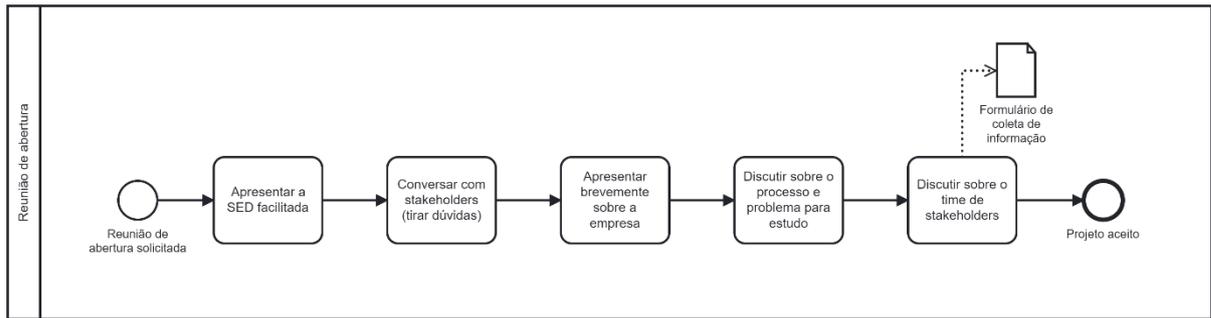


Figura 13 – Reunião de abertura versão dois
Fonte: própria autoria

- Utilização de dados reais

Foi observado nas aplicações a utilização de dados reais, pois as empresas já possuíam dados históricos e também funcionários que poderiam coletar rapidamente outros dados necessários. No caso das empresas de grande porte (MA e IM), observou-se a presença de dados históricos, funcionários disponíveis para realizar uma coleta rápida de dados e um volume maior de dados enviados para criação do modelo computacional. Já na empresa de pequeno porte, o *stakeholder* forneceu dados estimados do processo, pois não havia dados históricos.

Esta realidade se confirma na literatura, que aponta as empresas de grande porte como aquelas mais propensas a realizar coleta de dados. Porém, em pequenas e médias empresas, que geralmente apresentam “*data gap*” (não coletam sistematicamente os dados), podem ocorrer a utilização de dados estimados (Ivers *et al.*, 2016). Esta constatação reforça o que foi visto na literatura de que a SED facilitada é uma alternativa adequada para utilização da SED em PMEs (Oliveira *et al.*, 2022), auxiliando na expansão de estudos neste contexto.

Outra questão é que mesmo utilizando dados reais, não ocorreram análises estatísticas aprofundadas, sendo o modelo computacional alimentado, em sua maioria, com dados médios e taxas de produção das máquinas que eram convertidas em distribuições exponenciais (Banks, 1998). Também foram utilizados poucos dados.

- Time de projeto

A participação dos *stakeholders* nos projetos foi bastante ativa, principalmente no *workshop 3* (discussão dos resultados gerados pelos modelos computacionais). Assim, proporcionar esse tempo de discussão entre os *stakeholders* fortaleceu bastante a intenção deles de melhorar seus processos. Ou seja, foi visto que após os estudos eles estavam entusiasmados por levar o projeto adiante e melhorar os processos estudados. Isto é confirmado pela literatura, apontando que a participação dos principais *stakeholders* durante o projeto de simulação é um

fator importante para aplicação das melhorias propostas (Kotiadis e Tako, 2018; Robinson *et al.*, 2014; Franco e Montibeller, 2010).

Nas palavras dos *stakeholders*, eles entenderam melhor seus processos, viram o que poderia ser melhorado, mas precisavam de um estudo mais aprofundado para justificar os investimentos no processo. Assim, a SED facilitada em ambientes industriais cumpriu com seu objetivo como uma ferramenta de gestão, sendo um começo adequado para gerar melhorias nos processos.

Em uma intervenção ocorreu a mudança completa do time de *stakeholders*, sendo isto uma atitude não informada ao time de modelagem. Como resultado, ocasionou uma certa tensão no estudo, pois os novos participantes não tinham conhecimento do que já havia ocorrido nos outros *workshops*. Esse tipo de acontecimento deve ser evitado, pois pode gerar conflitos e discussões desnecessárias. Desta forma, sugere-se reforçar em cada início de projeto que o time de *stakeholders* deve ser o mesmo até o final.

Outra constatação, advinda da impossibilidade de se ter um cronograma prévio de reuniões, foi a ausência de alguns *stakeholders* nos *workshops*. Portanto, notou-se que imprevistos inviabilizavam a participação, em alguns casos, do time completo de *stakeholders* nos *workshops*. Isto também foi algo reportado na literatura (Tako e Kotiadis, 2015), porém não representou algo que atrapalhou o bom andamento dos projetos.

Sobre o time de modelagem, foi constatado que apenas a presença do facilitador foi suficiente nas reuniões. O modelador foi contatado para auxiliar na criação dos modelos pós-*workshops* e participou de apenas uma reunião, mas sem muita participação. Porém, vale ressaltar que o facilitador também possuía conhecimento em SED e modelagem, assim a presença de um facilitador sem esses conhecimentos não foi estudada nestas aplicações. A possibilidade de gravar algumas reuniões auxiliou na coleta de dados, não sendo necessária mais uma pessoa para ajudar nessa coleta.

- Validação face a face e Procedimento V&V-DM

O procedimento V&V-DM proposto nesta tese para verificação e validação dos modelos diagramáticos (conceituais) foi utilizado nas aplicações. Como descrito na seção 4.2.2.2 desta tese, esse procedimento possui três ciclos, sendo o terceiro não obrigatório. Nas aplicações foram utilizados apenas os dois primeiros ciclos, o que já foi suficiente para verificar e validar os modelos conceituais.

Isto mostra um resultado interessante, pois em apenas uma reunião híbrida (*workshop* 1), sem visitas presenciais aos processos, praticamente todo o processo pôde ser representado. Ou seja, algumas poucas alterações foram feitas nos modelos conceituais após serem apresentados para os *stakeholders*. Portanto, esse procedimento foi eficaz para auxiliar na verificação e validação desses modelos. Vale destacar também a ferramenta descrição do processo, que foi utilizada para auxiliar os *stakeholders* a descrevê-lo, a qual foi suficiente para coletar a maioria das informações sobre o processo.

A validação face a face dos modelos computacionais também foi considerada bem sucedida para o time de projeto. Todos os modelos computacionais, após apresentados, não precisaram de alterações. Isto, nas palavras de alguns *stakeholders*, se caracterizou uma surpresa para eles, principalmente por todo estudo ter sido realizado a distância.

- Aplicação totalmente a distância

Aplicações de SED facilitada a distância em ambientes industriais não foram identificadas na literatura consultada nesta tese. Portanto o FaMoSim apresenta esta contribuição de como conduzir estudos de SED facilitada utilizando reuniões híbridas. O resultado obtido foi bastante significativo, pois em todas as aplicações foi possível obter sucesso. Isto é, um modelo computacional simples (poucos dados e menos detalhes) proporcionou aos *stakeholders* um maior entendimento sobre o processo em estudo e auxiliou na tomada de decisão.

Foi relatado por alguns *stakeholders* das empresas de grande porte que uma reunião presencial poderia ser benéfica para que os pesquisadores entendessem mais facilmente o processo, embora todo o estudo tenha sido conduzido de forma bastante eficaz. Analisando esta opinião dos *stakeholders*, o facilitador não julga necessária uma reunião presencial com esse fim. Apesar de ser algo que possa ajudar a entender melhor o processo, não parece ser necessária, visto que em todos os objetos de estudo a aplicação atingiu seus objetivos. Portanto, mais estudos devem ser conduzidos objetivando entender o impacto de reuniões presenciais e híbridas. Já para o *stakeholder* da empresa de pequeno porte, ele considerou melhor essa abordagem híbrida, porque, segundo ele, economizou tempo no projeto.

- Reuniões não programadas

Em três aplicações ocorreram reuniões não programadas. Isto é, em um objeto de estudo foi necessária uma reunião extra para explicar a planilha de dados fornecida pela empresa para alimentar o modelo computacional. Em outro objeto de estudo, uma reunião extra de 10 minutos

foi agendada para finalizar a validação do modelo conceitual. Por fim, uma reunião extra também aconteceu pelo fato da mudança do time de *stakeholders* e necessidade de atualizar os dados. Assim, como nenhuma delas foi agendada pelo mesmo motivo, e em momentos diferentes do projeto, não há necessidade de modificar o *framework*. Portanto, reuniões não programadas podem acontecer durante a aplicação.

- Problemas de conexão com a internet

Como já relatado na literatura, em reuniões utilizando meios de comunicação remotos, é normal que aconteçam problemas de conexão com a internet. Esse tipo de problema aconteceu em três objetos de estudo com os *stakeholders*. Apesar de ocasionar atrasos no início das reuniões, esses problemas não foram frequentes e puderam ser solucionados rapidamente. Isto é, em nenhuma aplicação o estudo precisou ser finalizado por motivos de falhas de internet.

- Desenvolvimento do plano de ação

Em todas as intervenções não foi realizado um plano de ação formal juntamente com o time de modelagem. O único caso que pode ser considerado completo é o que ocorreu na empresa ST. Portanto, a atividade do *workshop* 4 “avaliar o andamento do plano de ação” não foi realizada em nenhum objeto de estudo. Como esta atividade não representa um impedimento para a conclusão do estudo, sendo a opção de não elaboração do plano de ação algo escolhido pelos *stakeholders*, o *framework* FaMoSim apresentará duas versões: uma com o *workshop* 4 e outra sem (Figura 14).

A versão inicial que contém o *workshop* 4 poderá ser empregada em projetos que identifiquem melhorias simples nos processos. Ou seja, aquelas que não exijam grandes investimentos, não sendo necessários estudos mais aprofundados. Porém, como na maioria das aplicações o plano de ação não foi realizado juntamente com o facilitador, uma versão dois será apresentada sem o *workshop* 4, inserindo a atividade de “receber *feedback*” no *workshop* 3. Esta versão dois pode ser vista na Figura 14. A alteração feita também no *workshop* 3 (versão dois) pode ser vista na Figura 15.

- Gravação das reuniões

No último estudo realizado (empresa MA – segunda aplicação) não foi possível a gravação das reuniões. Este acontecimento foi apenas neste objeto de estudo devido a política interna recém instaurada na empresa sobre confidencialidade de dados. Assim, o facilitador teve que anotar os relatos das reuniões durante e após elas. Esta limitação não se caracterizou

como um impedimento para o estudo, sendo possível a sua continuidade sem impacto significativo nos resultados gerados.

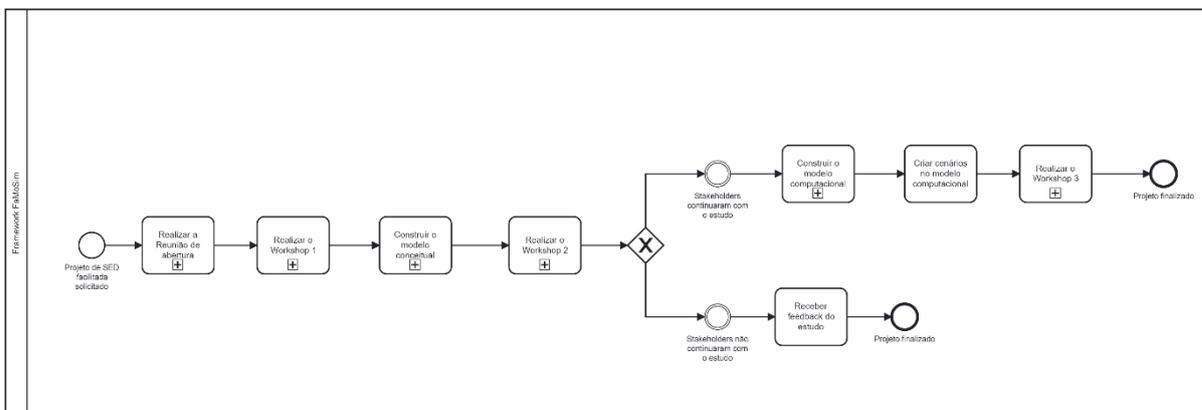


Figura 14 – FaMoSim versão dois (sem *workshop 4*)

Fonte: própria autoria

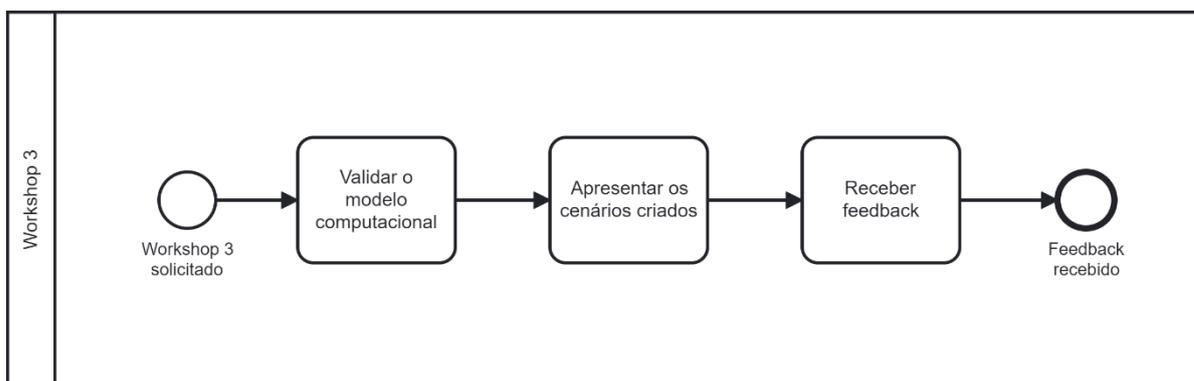


Figura 15 – *Workshop 3* versão dois

Fonte: própria autoria

6.2 Comparações realizadas

Esta seção apresentará uma comparação entre os objetos de estudo, fornecendo um quadro resumo das análises apresentadas na seção 6.1 e outras informações coletadas nos estudos. Também fornecerá uma comparação do FaMoSim com os demais *frameworks* de SED facilitada presentes na literatura.

6.2.1 Comparações entre os objetos de estudo

O Quadro 11 mostra uma comparação entre os objetos de estudo relatados nesta tese.

Quadro 11 - Comparação entre os objetos de estudo

Variáveis	Empresa MA		Empresa ST	Empresa IM
	Primeira aplicação	Segunda aplicação		
Porte da empresa	Grande	Grande	Pequeno	Grande
Quantidade de <i>stakeholders</i> que participaram do projeto	4	3	1	4 (o grupo de <i>stakeholders</i> mudou no meio do processo)
Organização dos <i>stakeholders</i> durante as reuniões	Cada integrante em seu computador, mas próximos um do outro. Alguns com a câmera aberta	Cada integrante em seu computador, mas próximos um do outro.	Em seu computador com a câmera aberta	<i>Stakeholders</i> juntos em uma sala com a câmera ligada mostrando todos eles. Microfone central.
Conhecimento dos <i>stakeholders</i> sobre a SED	Sim (a maioria)	Sim	Sim	Sim (a maioria)
Perfil percebido sobre os <i>stakeholders</i> chave	Informal	Informal	Informal agitado	Formal
Objetivo do projeto	Aumentar a produtividade	Aumentar a produtividade	Aumentar a produtividade	Reduzir mão de obra atuante no processo
Tempo de desenvolvimento do modelo conceitual (descrição, criação e verificação)	6h30min	20 min	6h40min	4h20min
Complexidade do modelo conceitual	Alta	Baixa	Média	Baixa
Validação do modelo conceitual	Sim	Sim	Sim	Sim
Tempo de desenvolvimento do modelo computacional (análise dos dados, criação e cenários)	15h	2h40min	7h30min	13h
Complexidade do modelo computacional	Alta	Baixa	Baixa	Média
Validação do modelo computacional	Sim	Sim	Sim	Sim, mas necessitou de uma outra reunião pois os dados fornecidos estavam desatualizados
O modelo computacional pôde ser executado com rapidez	Sim	Sim	Sim	Sim
Dados utilizados no modelo computacional	Reais (houve coleta)	Reais (dados históricos)	Estimados e reais, mas sem necessidade de coleta	Reais (dados históricos)

<i>Software</i> para desenvolvimento do modelo computacional	ProModel versão completa	ProModel versão <i>standard</i>	ProModel versão <i>standard</i>	ProModel versão completa
Problemas que aconteceram e afetaram o contato (causando atrasos)	Sim, alguns <i>stakeholders</i> foram afastados por motivo de doença	Sim, política de confidencialidade de dados	Não	Não
Problemas nas reuniões (conexão de internet)	Não	Sim. Queda de internet, mas com retorno rápido	Sim, mas sem impedimento para que a reunião acontecesse. Problema no vídeo em uma reunião.	Sim, uma reunião teve que ser remarcada e mudar a plataforma de reunião (Google Meet)
Atrasos para começar a reunião	Sim	Sim	Sim	Não
Dificuldade para marcar as reuniões	Sim	Sim	Não	Sim
Número de reuniões	5	4	5	5
Tempo das reuniões	Em média, 60 min	Em média, 60 min	Em média, 50 min	Em média, 40 min
Fases completas do <i>framework</i>	Não realizou o plano de ação	Não realizou o plano de ação	Completo	Não realizou o plano de ação
Opinião sobre o projeto a distância	Muito bom, mas gostaria de uma visita presencial à fábrica	Ótimo	Ótimo	Muito bom, mas gostaria de uma visita presencial à fábrica
O modelo computacional auxiliou na tomada de decisão?	Sim	Sim	Sim	Sim
O entendimento do processo aumentou	Sim	Sim	Sim	Sim
Aplicações dos resultados gerados	Realizará mais estudos internamente para aplicação (requer altos investimentos)	Realizará mais estudos internamente para aplicação (requer investimentos)	Sim	Realizará mais estudos internamente para aplicação (requer altos investimentos)

Fonte: própria autoria

Para classificar o porte das empresas, foram utilizadas nesta tese as informações fornecidas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). Essa classificação por número de colaboradores pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das empresas por número de funcionários

Classificação	Número de funcionários	
	Indústria	Comércio e Serviço
Micro	Até 19	Até 9
Pequena	20 a 99	10 a 49
Média	100 a 499	50 a 99
Grande	500 ou mais	100 ou mais

Fonte: SEBRAE²

Algo que pode ser notado pela análise do Quadro 11 é que o tempo de desenvolvimento dos modelos conceituais parece independe de sua complexidade percebida. Pois, a complexidade (nível de detalhes do modelo) variou de alta a baixa, mas os tempos para desenvolver cada modelo não apresentaram grandes variações. Isto pode significar que há um tempo padrão para entendimento do facilitador sobre os processos estudados. Apenas o objeto de estudo da empresa MA segunda aplicação que apresentou um baixo tempo para ser criado. Isto pode ser justificado, pois o fluxo do processo foi considerado simples e de fácil entendimento para o facilitador.

Com relação ao modelo da empresa ST ter uma complexidade média, mas ter levado o mesmo tempo para ser desenvolvido quando comparado com o modelo da empresa MA, isso pode ser justificado, pois o facilitador teve bastante dificuldade de entender a descrição fornecida pelo *stakeholder*. Sendo este último caracterizado por um perfil informal agitado, fornecendo informações de forma um pouco confusa.

Com relação ao desenvolvimento dos modelos computacionais, percebeu-se que os modelos com baixa complexidade foram desenvolvidos na metade do tempo quando comparados com os demais. Os modelos com alta e média complexidade apresentaram tempos similares de desenvolvimento. Isto pode ser justificado, pois o modelo da empresa IM teve que ser analisado novamente devido ao problema gerado pela troca do grupo de *stakeholders* e a realização do segundo *workshop* 3. Portanto, isto pode ser um indicativo de que processos mais simples (menos atividades) sejam mais rápidos de serem criados.

Outra questão que pode ser observada é que a complexidade dos modelos conceituais parece independe do porte da empresa. Pois empresas de grande porte (IM e MA) podem apresentar processos simples, que sejam de fácil entendimento. Percebeu-se também que as

² https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/SP/Pesquisas/MPE_conceito_empregados.pdf

empresas grandes, que nestes casos apresentaram dados históricos dos processos, preferem fornecer dados reais ao invés de estimados. Já a empresa pequena não realizou uma coleta de dados, mas estimou alguns deles. Os dados reais utilizados na ST eram dados determinísticos, fornecidos pelo próprio maquinário. Isto confirma o que a literatura aponta sobre a coleta de dados em PMEs (Teerasoponpong e Sopadang, 2021; Omri et al., 2020; Ivers *et al.*, 2016)

Na ferramenta guia de conversa existem algumas perguntas que foram respondidas pelos *stakeholders* com relação ao modelo computacional. Para isto, foi utilizada a Escala *Likert* de 1 a 5, sendo 1 representando “Discordo totalmente” e 5, “Concordo totalmente”. O Quadro 12 mostra os resultados. Esta avaliação foi realizada em conjunto, representando a nota unânime dos *stakeholders*. Para as demais perguntas abertas que estão presentes no guia de conversa, as respostas foram resumidas e apresentadas na seção 6.1.

Quadro 12 – Respostas dos *stakeholders* Escala *Likert*

Afirmações	Empresa MA		Empresa ST	Empresa IM
	Primeira aplicação	Segunda aplicação		
O modelo computacional representa a minha visão do sistema real.	5	4	4	4
O modelo computacional foi bem compreendido.	5	5	5	4
O modelo gerou um maior entendimento do sistema real.	5	5	5	4
Os resultados gerados pelo modelo foram fáceis de interpretar.	4	4	5	5
O modelo irá ajudar a tomar decisões.	5	5	5	4

Fonte: própria autoria

Ao analisar as respostas dadas pelos *stakeholders* sobre o modelo computacional, percebe-se que a SED facilitada, utilizando reuniões híbridas, foi bem-sucedida em atingir seus objetivos. Isto é, utilizando um modelo simples, foi possível promover um debate e gerar uma compreensão do sistema real (Robinson *et al.*, 2014), como também auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Assim, este trabalho confirma o que é apresentado na literatura sobre a SED facilitada, segundo os autores:

- A falta de dados precisos não caracterizou um obstáculo para a aplicação da SED, pois ela pode ser empregada no modo facilitado (Robinson, 2001).
- Não requer uma coleta de dados detalhada, sendo possível trabalhar com estimativas fornecidas pelos *stakeholders* (Robinson *et al.*, 2014; Proudlove *et al.*, 2017).
- Utiliza um modelo computacional simples que é útil em gerar uma compreensão/aprendizado do sistema, causando um debate sobre a situação problema (Robinson *et al.*, 2012; Robinson *et al.*, 2014).
- Fornece soluções satisfatórias aos clientes e não precisas (Franco e Montibeller, 2010; Robinson *et al.*, 2014).
- Auxilia os gestores na tomada de decisão (Robinson *et al.*, 2014; Kotiadis e Tako, 2018).

Embora tenha sido evidenciado um entusiasmo por parte dos *stakeholders* em levar o projeto adiante dentro das empresas, buscando por melhorias reais no processo, essas melhorias não foram consideradas simples de serem implementadas. Ou seja, para implementar as soluções eram necessários altos investimentos e, em alguns casos, mais estudos por parte das empresas.

A abordagem participativa na SED facilitada, a qual inclui o cliente em toda a intervenção, faz com que a implementação das soluções seja aprimorada (Robinson *et al.* 2014; Kotiadis e Tako 2018). Porém, as implementações apresentadas na literatura eram simples, não exigindo altos investimentos, diferente dos objetos de estudo apresentados nesta tese. Assim, pode-se concluir que a SED facilitada aplicada a processos industriais, da mesma forma que a SED tradicional, carece de aplicações no sistema real (Harper *et al.*, 2021). Isso pode indicar que as melhorias encontradas neste contexto são mais difíceis de serem implementadas independentemente do tipo de aplicação da SED (facilitada ou tradicional). Logo, mais estudos sobre a SED facilitada devem ser feitos objetivando aplicações no sistema real.

Segundo Robinson *et al.* (2014), o modelo computacional criado deve ser simples (menos detalhes) e desenvolvido de forma rápida. Em seu trabalho, os autores levaram entre quatro e cinco horas para desenvolver o modelo. Nesta tese foram empregadas simplificações nos modelos e, na maioria dos objetos de estudo, foram gastas mais do que cinco horas para criar os modelos (Quadro 11).

Embora tenha sido empregado de duas a três vezes mais tempo nesta criação, algumas questões devem ser consideradas: os processos modelados são de áreas diferentes (saúde vs. indústria); nos modelos que foram gastos mais tempo, foi realizada uma coleta de dados (MA – primeira aplicação) e, para a empresa IM, ocorreu um problema de comunicação com a mudança do time de *stakeholders*, sendo necessárias modificações no modelo. Já no trabalho de Robinson *et al.* (2014), todos os dados foram estimados.

Visto que foram gastas de duas a 15 horas para analisar, criar os modelos e os cenários, pôde-se concluir que os modelos computacionais foram desenvolvidos de forma rápida quando comparados com a SED tradicional aplicada a processos industriais. Apesar da literatura não fornecer esses tempos, considerando a SED tradicional, entende-se que é gasto mais tempo nessa atividade de criação de modelos, pois, segundo Ivers *et al.* (2016) e Harper *et al.* (2013), as fases de preparação de dados e desenvolvimento do modelo de simulação são consideradas demoradas e complexas. Porém, estudos devem ser feitos com a finalidade de comparação entre a SED facilitada e a tradicional, o que não é o objetivo desta tese. Assim, a SED facilitada pode ser vista como um estudo inicial do processo, sendo uma porta de entrada para um estudo mais aprofundado, segundo o interesse dos *stakeholders*. Isto pode poupar gastos extras de se desenvolver um projeto de SED tradicional em um processo cujo retorno financeiro não justifica o investimento.

Com os resultados apresentados, vê-se que a SED facilitada representa uma técnica bastante promissora para ser aplicada em contextos que apresentam os desafios citados (seção 2.1), confirmando o que foi proposto nesta tese. Assim, ela pode ser utilizada tanto em grandes quanto em pequenas empresas, que apresentam processos industriais. Desta forma, este trabalho contribui para a literatura, a qual carecia de mais trabalhos sobre a SED facilitada em outras áreas (Tako *et al.* 2019, Kotiadis e Tako, 2018; Proudlove *et al.*, 2017; Tako e Kotiadis, 2015; Robinson *et al.*, 2014).

Também se viu que é possível desenvolver um estudo de SED facilitada de forma remota, sem danos aos objetivos da SED facilitada. Ou seja, mesmo utilizando reuniões híbridas foi possível cumprir com seus objetivos. Portanto este trabalho apresenta de forma inédita para a literatura a condução de estudos de SED facilitada utilizando meios de comunicação remota. Esta proposta satisfaz aquilo que foi apresentado pela literatura, a qual aponta que reuniões híbridas se intensificarão nos próximos anos (Standaert *et al.*, 2021a). Da mesma forma, isto auxilia na expansão de estudos de SED, pois não limita a realização do trabalho a lugares

localizados próximos aos pesquisadores e também pode tornar dos estudos de SED economicamente mais vantajosos, pois gastos com deslocamentos são evitados.

Portanto, esta tese respondeu sua questão de pesquisa, fornecendo evidências de que a SED facilitada pode ser utilizada em processos industriais, auxiliando os gestores tanto em compreenderem melhor seus processos quanto na tomada de decisão, por meio de reuniões híbridas. Os objetivos específicos também foram atingidos por meio das aplicações realizadas, tendo como resultado um *framework* validado, que cumpre com seus objetivos; um guia detalhado para aplicação do *framework* em outros objetos de estudo; e um procedimento para verificação e validação de modelos conceituais.

6.2.2 Comparação do FaMoSim com outros *frameworks*

O *framework* FaMoSim foi criado para apoiar intervenções de SED facilitada, tornando essa técnica mais acessível a empresas que apresentam limitações para aplicação da SED em seu modo tradicional. Considerando o trabalho Oliveira *et al.* (2022), os autores compararam os *frameworks* de SED facilitada presentes na literatura com algumas características dos contextos nos quais a SED não é amplamente utilizada. Os autores concluíram que nenhum *framework* abordou todos os desafios no uso da SED. Portanto, o Quadro 13 apresenta o *framework* FaMoSim juntamente com os *frameworks* da literatura.

Quadro 13 – Comparação entre os *frameworks* de SED facilitada

Frameworks	Restrições financeiras	Data gap	Abordagem detalhada	Suporte para reuniões híbridas
SimLean Facilitate	+	+	-	-
PartiSim	-	-	+	-
Estrutura presente em Robinson (2001)	+	+	-	-
Estrutura presente em Proudlove <i>et al.</i> (2017)	-	-	-	-
FaMoSim	+	+	+	+

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2022)

Ao analisar o Quadro 13, pode-se concluir que o FaMoSim obteve sucesso no desenvolvimento de modelos simples e utilizou poucos dados para construir os modelos computacionais (sinal "+" em restrições financeiras). O FaMoSim também utilizou dados existentes nas empresas. Visitas aos locais de estudo não foram necessárias para coleta detalhada de dados (sinal "+" para *data gap*). A abordagem fornecida é detalhada e explica

como as intervenções facilitadas devem ocorrer. Isso é importante, pois auxilia outros pesquisadores na utilização do FaMoSim (sinal "+" para abordagem detalhada). Por fim, o *framework* fornece suporte para conduzir estudos de SED facilitada utilizando reuniões híbridas, auxiliando na expansão de estudos de SED, pois não é limitado geograficamente (sinal "+" para suporte para reuniões híbridas).

Considerando este último item, o FaMoSim oferece suporte para pesquisadores que desejam realizar estudos de SED facilitada de forma remota, o que não é visto em outros *frameworks*. Ele fornece algumas recomendações para reuniões híbridas bem-sucedidas, principalmente relacionadas ao número de membros na equipe do projeto e à duração das reuniões.

A literatura aponta que em reuniões presenciais, a sua duração pode ser estendida em até três horas (Robinson *et al.*, 2014). Essa duração é difícil de ser alcançada em reuniões híbridas, pois os membros têm mais probabilidade de se distraírem facilmente (OEPPEN *et al.*, 2020). Assim, o *framework* divide as atividades em cada *workshop* favorecendo com que a reunião não exceda o tempo estipulado, o que causaria prejuízos aos resultados. O número de membros da equipe do projeto é outra preocupação relevante em reuniões híbridas. A literatura aponta que muitos participantes (mais de cinco) podem afetar negativamente a eficácia da reunião (Standaert *et al.*, 2022; Itzhakov e Grau, 2022). O tempo de duração e o número de participantes são preocupações que os *frameworks* relatados na literatura não abordaram (Oliveira *et al.*, 2022).

Outro diferencial do FaMoSim é que além de fornecer ferramentas que auxiliam na condução do estudo, ele também apresenta um procedimento para verificação e validação dos modelos conceituais (V&V-DM). Isto também não foi encontrado nos outros *frameworks* de SED facilitada. Esse procedimento classifica-se como um diferencial, pois sendo a validação dos modelos conceituais algo subjetivo nos trabalhos, um procedimento estruturado traz mais credibilidade para esta etapa fundamental da SED.

Desta forma, o FaMoSim apresenta contribuições tanto para literatura quanto para as empresas envolvidas no estudo. Com relação à primeira, alguns frutos deste trabalho já puderam ser colhidos em forma de publicações de artigos. Até o momento da entrega desta tese, dois artigos foram publicados em revistas (QUALIS A2 e B1), cinco artigos publicados em congressos, sendo um deles aceito para publicação em um congresso internacional, que é referência na área de simulação (*Winter Simulation Conference* – QUALIS B2).

Todos os artigos mencionados acima são diretamente relacionados a tese. Porém, durante o doutorado também aconteceram publicações sobre outros temas, totalizando seis artigos em revistas, dois capítulos de livros e 12 artigos publicados em congressos. Informações sobre as publicações podem ser vistas no APÊNDICE H. Sobre as contribuições para as empresas, pôde-se concluir pelas descrições das aplicações que o *framework* FaMoSim atingiu seus objetivos, auxiliando os gestores na tomada de decisão.

7. CONCLUSÕES

A simulação a eventos discretos (SED) é uma das mais importantes técnicas de simulação para auxiliar na tomada de decisão, em diversas áreas. Porém, apesar de uma crescente literatura sobre a aplicação da SED, a maioria dos resultados pertence a empresa de grande porte. Por isto, este trabalho, motivado por levar a SED a um maior número de empresas, investigou quais seriam os desafios que impediam a SED de ser amplamente utilizada em processos industriais.

Com isto, este trabalho levantou as principais limitações das empresas que as impedem de adotar a SED e, conseqüentemente, não obter os benefícios que ela oferece. Assim, descobriu-se que a SED facilitada apresentava características que poderiam se adequar a essas limitações encontradas, sendo um potencial para expandir estudos de SED neste contexto. Este trabalho forneceu à literatura um *framework* (FaMoSim – *Facilitated Modeling Simulation*) de SED facilitada utilizando reuniões híbridas, caracterizando um ineditismo da pesquisa.

O *framework* FaMoSim é organizado em cinco fases: Reunião de abertura; Modelagem Conceitual (*workshop* 1); Modelagem Conceitual (*workshop* 2); Modelagem Computacional (*workshop* 3); e *Feedback* (*workshop* 4). É um estudo realizado em um ambiente facilitado remoto, onde os *stakeholders* podem expressar suas preferências, discutir alternativas e participar ativamente do projeto de SED.

Nas aplicações do FaMoSim, considerando a participação ativa dos *stakeholders*, eles se envolveram bem no projeto, interagiram com o facilitador e entre si durante os *workshops*. Os modelos de simulação foram construídos em algumas horas, com menos dados e menos detalhes. Esses modelos proporcionaram aos *stakeholders* uma melhor compreensão do processo e auxiliaram na tomada de decisão. A realização de estudos utilizando reuniões híbridas foi considerada apropriada e produziu resultados significativos. Assim, a SED

facilitada em ambientes industriais cumpriu com seu objetivo como uma ferramenta de gestão, sendo um começo adequado para gerar melhorias nos processos.

Com a aplicação do FaMoSim em quatro objetos de estudo, foi constatado que a SED facilitada pode ser aplicada com sucesso em processos industriais, visto que praticamente todos os trabalhos realizados anteriormente pertencem à área da saúde. Logo, foi possível contribuir para literatura, a qual carecia de mais aplicações em áreas diferentes. Também foi constatado que realizar estudos de SED facilitada utilizando meios de comunicação remota não foi um impedimento para cumprir com os objetivos da técnica.

Com relação às aplicações do FaMoSim, pôde-se confirmar o que é dito sobre a SED facilitada na literatura. Isto é:

- A falta de dados precisos não caracterizou um obstáculo para a aplicação da SED, pois ela pôde ser empregada no modo facilitado.
- Não requereu uma coleta detalhada de dados.
- Com um modelo computacional simples foi possível gerar uma compreensão a respeito dos processos estudados, causando um debate sobre a situação problema.
- O modelo computacional forneceu soluções satisfatórias aos *stakeholders*, auxiliando-os na tomada de decisão.

Outra constatação é com relação ao tempo de projeto, variando de três a seis meses. Embora a SED facilitada não realize uma coleta e análise extensa de dados e não esteja focada em desenvolver modelos com riqueza de detalhes, sendo as etapas que levam o maior tempo em estudos de SED, não é possível concluir que a SED facilitada é mais rápida que a tradicional. Durante as aplicações, percebeu-se que marcar reuniões com os *stakeholders* e conciliar as agendas entre eles e o facilitador foi a maior dificuldade encontrada. Isto também foi apresentado pela literatura na área da saúde. Portanto, estipular um tempo fixo de projeto para SED facilitada não foi possível, pois isto dependeu de variáveis não controladas.

Considerando o porte das empresas participantes, a SED facilitada representa uma técnica bastante promissora para ser aplicada tanto em pequenas quanto em grandes empresas. Como também, tanto em processos industriais mais complexos quanto naqueles mais simples. Neste sentido, percebeu-se também que a complexidade dos processos independe do porte da empresa. Assim, o FaMoSim representa um *framework* que pode ser empregado para expandir estudos de SED, sendo algo confirmado também pela sua aceitação em forma de publicações na literatura.

Sobre o procedimento proposto para verificação e validação do modelo conceitual (modelo diagramático) V&V-DM, ele se mostrou eficaz para a verificação e validação dos modelos conceituais desenvolvidos nesta tese. Foram necessárias em todos os objetos de estudo as realizações dos ciclos 1 e 2 do V&V-DM, sendo o ciclo 3 não necessário em nenhum objeto de estudo. Com isso, pôde-se constatar que nenhum processo apresentou uma alta complexidade, a qual pudesse impedir o modelador de representar as alterações necessárias no modelo por meio da técnica escolhida. Portanto, o ciclo 3 de validação do modelo conceitual com a participação do modelador, especialista na técnica de modelagem e especialista no sistema, não foi realizado em nenhum objeto de estudo.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Visto que a aplicação da SED facilitada em processos industriais não foi explorada na literatura, sendo este trabalho pioneiro no assunto, mais trabalhos devem ser realizados. Assim, como sugestões para trabalhos futuros, têm-se:

- Aplicar o *framework* em mais empresas de pequeno e médio porte, visto que neste trabalho o FaMoSim foi aplicado somente em uma empresa pequena. Assim, será possível obter mais informações sobre diferenças nas aplicações.
- Realizar o plano de ação juntamente com o time de modelagem e acompanhar, se possível, os resultados das melhorias aplicadas no sistema real.
- Utilizar o FaMoSim em outros tipos de processos, que não os industriais, para avaliar sua aplicabilidade. Como exemplo, em serviços.
- Avaliar o desempenho do FaMoSim sendo ele aplicado de forma presencial.
- Conduzir estudos objetivando entender o impacto de reuniões presenciais e híbridas quando o FaMoSim é aplicado em empresas de portes diferentes. Isto pode ser justificado pela diferença de opiniões sobre este assunto entre as empresas participantes neste trabalho.
- Avaliar o potencial do FaMoSim para conduzir estudos de SED facilitada por empresas juniores.
- Aplicar e avaliar o potencial do FaMoSim sendo utilizado para ensino na área de simulação.

Considerando o último tópico acima, durante a realização desta tese, os pesquisadores foram procurados pela empresa júnior da Universidade Federal de Itajubá, pedindo auxílio no desenvolvimento de projetos de SED. Os juniores estavam enfrentando alguns problemas com

seus clientes ao desenvolverem os estudos de SED, principalmente nas etapas de coleta e análise de dados e desenvolvimento do modelo computacional. Essas etapas eram um pouco complexas para eles e estavam tendo dificuldade em realizá-las.

Com isto, os pesquisadores apresentaram a SED facilitada a eles como sugestão para contornar os problemas apresentados. Ao comentar com os juniores sobre a SED facilitada, eles se interessaram pelo estudo e gostariam de conhecer melhor sua aplicação. Desta forma, foi agendada uma reunião de apresentação da SED facilitada e do FaMoSim a eles. Como resultado disso, eles demonstraram bastante interesse em utilizar o FaMoSim com seus clientes. A pesquisadora também ofereceu uma oportunidade a eles para participarem de uma aplicação do *framework*, para que eles pudessem aprender na prática o seu funcionamento. Portanto, para projetos de SED realizados por juniores, o FaMoSim apresenta esse potencial de auxiliar na execução de um projeto de simulação, sendo a modelagem facilitada usada como uma primeira etapa de diagnóstico, sucedida por outras ações mais específicas às demandas de melhoria do cliente. Assim, mais pesquisas são incentivadas testando o funcionamento da SED facilitada em projetos de empresas juniores.

APÊNDICE A – Formulário de coleta de informação

Nome do processo:

Problema enfrentado:

Objetivo do projeto:

Turno de trabalho:

Dias úteis:

Horas de produção:

Entrega diária ou mensal:

Nº de funcionários no processo:

- 1) Quais são as entidades do processo? (breve explicação sobre o que é entidade e, se necessário, atributo). **Produto:** (Retirar o Setup)

Primeiro, quais são as entidades desse processo (ex. **3 tipos de produto e cada um tem a sua rota**, ou são as pessoas – clientes).

Atenção: no máximo três entidades ou atributos diferentes.

Se houverem 10 produtos ou tipos de clientes diferentes, escolher os produtos que seguem caminhos similares (fazer esse corte no processo). Escolher uma família de produtos, que segue uma rota similar.

Se o processo escolhido apresenta mais de 3 entidades, então considerar a possibilidade de trocar de processo ou escolher apenas uma parte dele.

- 2) Como é a chegada da entidade? (Ordem de produção; Sistema puxado, FIFO, Lotes, tempo específico, acontecimento...) 1 peça/lote a cada... Qual a atividade de início de cada entidade, ou seja, a primeira atividade que a entidade passa ao entrar no sistema?

Atenção: para 1 entidade, no máximo 4 entradas ao todo. Para mais de 1 entidade diferente (produtos), no máximo 2 entradas distintas das demais.

- 3) Qual o caminho percorrido? Todas as entidades percorrem o mesmo caminho? Se não, como é o caminho dessa primeira entidade que entra no processo presencialmente?

Como é o caminho dessa segunda...? E assim por diante (observar o número de interações); medição; deslocamentos, empurrado puxado, inspeção, processo manual, capacidade de cada máquina 1 por vez

Quantas máquinas de cada tipo?

- 4) Quais as filas ou estoques que aparecem entre as atividades? Quais as regras de saída de cada entidade das filas/estoques? Qual a capacidade das filas/estoques/esteira?
- 5) O que faz o processo “parar”? Quebra de máquina, espera por manutenção, espera por peça, setup da máquina (tempo das paradas e quantidade de paradas)... Qual máquina quebra mais... Gargalo. Problemas.
- 6) Qual o tempo de cada atividade? (Fornecer o valor máximo, mínimo e moda para cada atividade ou taxa de produção – peças/min). Ou fornecer os dados reais se tiver. Qual a porcentagem para cada rota das entidades no processo?
- 7) O que fazer com as peças fora de especificação?

APÊNDICE B – Ferramenta plano de ação

O que? (ação)	Como? (etapas)	Duração			Responsável	Status ("concluído" ou "em andamento")	Anotações
		início	fim	total			

APÊNDICE C – Guia de conversa

O modelo representa a minha visão do sistema real. (Escala Likert 1-5)

A estrutura do modelo de simulação foi bem compreendida. (Escala Likert 1-5)

O modelo gerou um maior entendimento do sistema real. (Escala Likert 1-5)

Os resultados gerados pelo modelo computacional foram fáceis de interpretar. (Escala Likert 1-5)

O modelo irá ajudar a tomar decisões. (Escala Likert 1-5)

O que achou dos resultados gerados pelo modelo?

Quais são as chances de ocorrer uma aplicação dos resultados?

Escala Likert

1 – Discordo totalmente

2 – Discordo

3 – Indiferente

4 – Concordo

5 – Concordo totalmente

Percepção dos participantes de que a técnica funcionou (um modelo simples pôde gerar melhorias no sistema real)?

O que você achou...

...da experiência vivenciada? (Como foi a intervenção para você. Achou interessante? A simulação facilitada ajudou?)

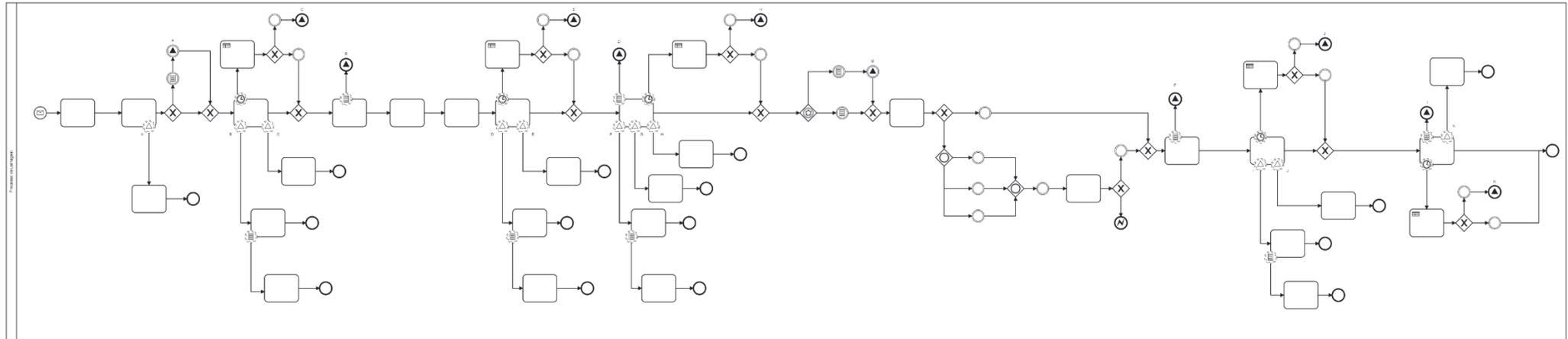
...do *framework*? (**participação ativa/várias reuniões, on-line, dados estimados, modelo com resultados indicativos, aplicação rápida, gerou resultados úteis, se surpreenderam, fácil de aplicar, fácil de entender as etapas, extensão da aplicação –sensação de que foi muito longa ou não**). **O que pode ser melhorado?**

Gostaria de aplicar novamente? (É esperado que as empresas se motivem, até mesmo se for possível, a contratar um funcionário com conhecimento em SED para desenvolver mais estudos em sua empresa utilizando o framework).

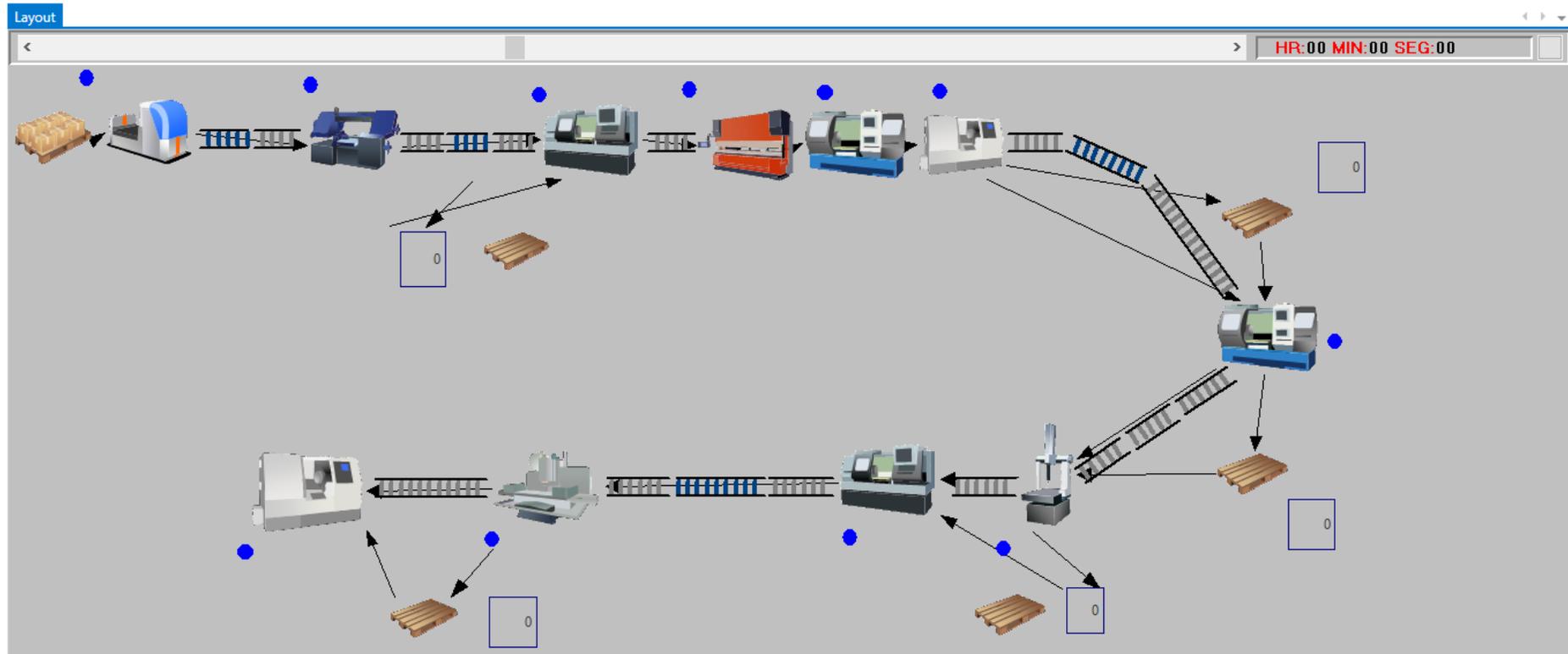
Pretende indicar para outras empresas?

APÊNDICE D – Modelos empresa MA (primeira aplicação)

Modelo conceitual da empresa MA (primeira aplicação):

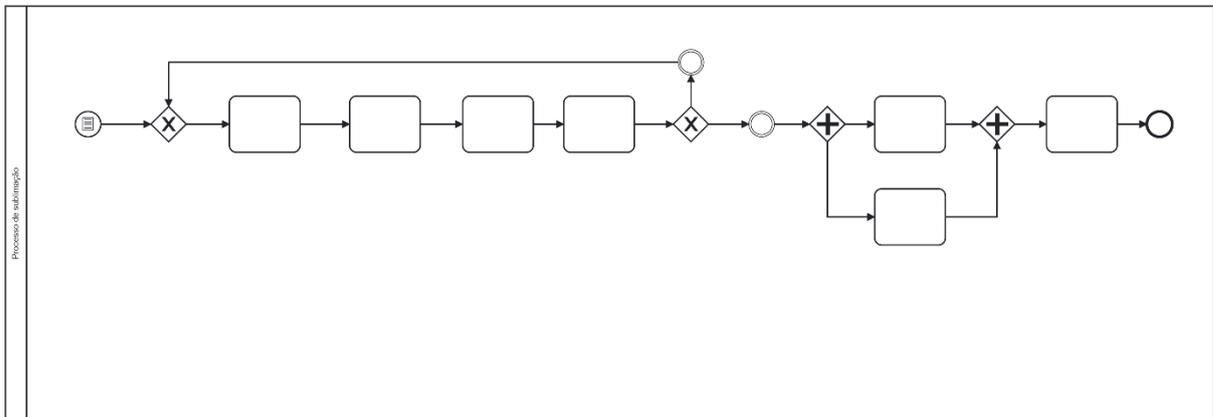


Modelo computacional da empresa MA (primeira aplicação):

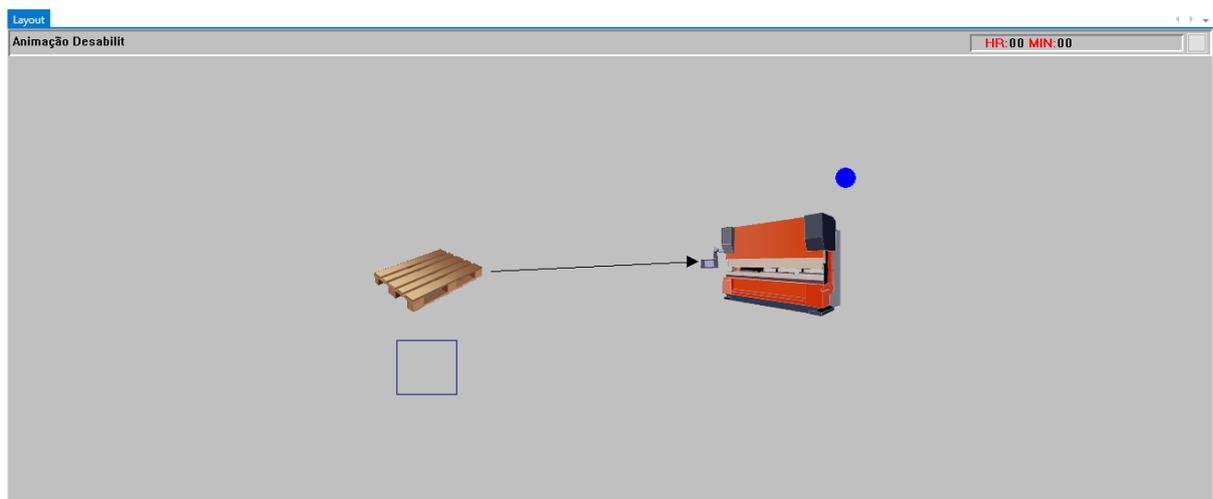


APÊNDICE E – Modelos empresa ST

Modelo conceitual da empresa ST:

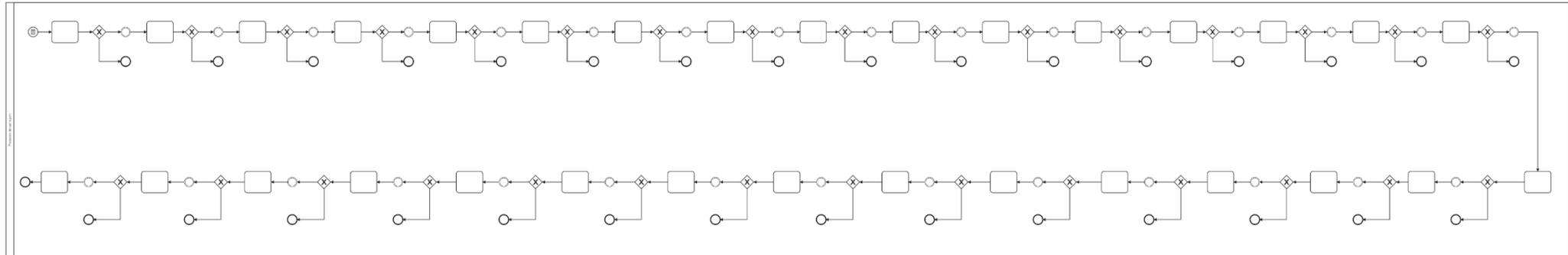


Modelo computacional da empresa ST:

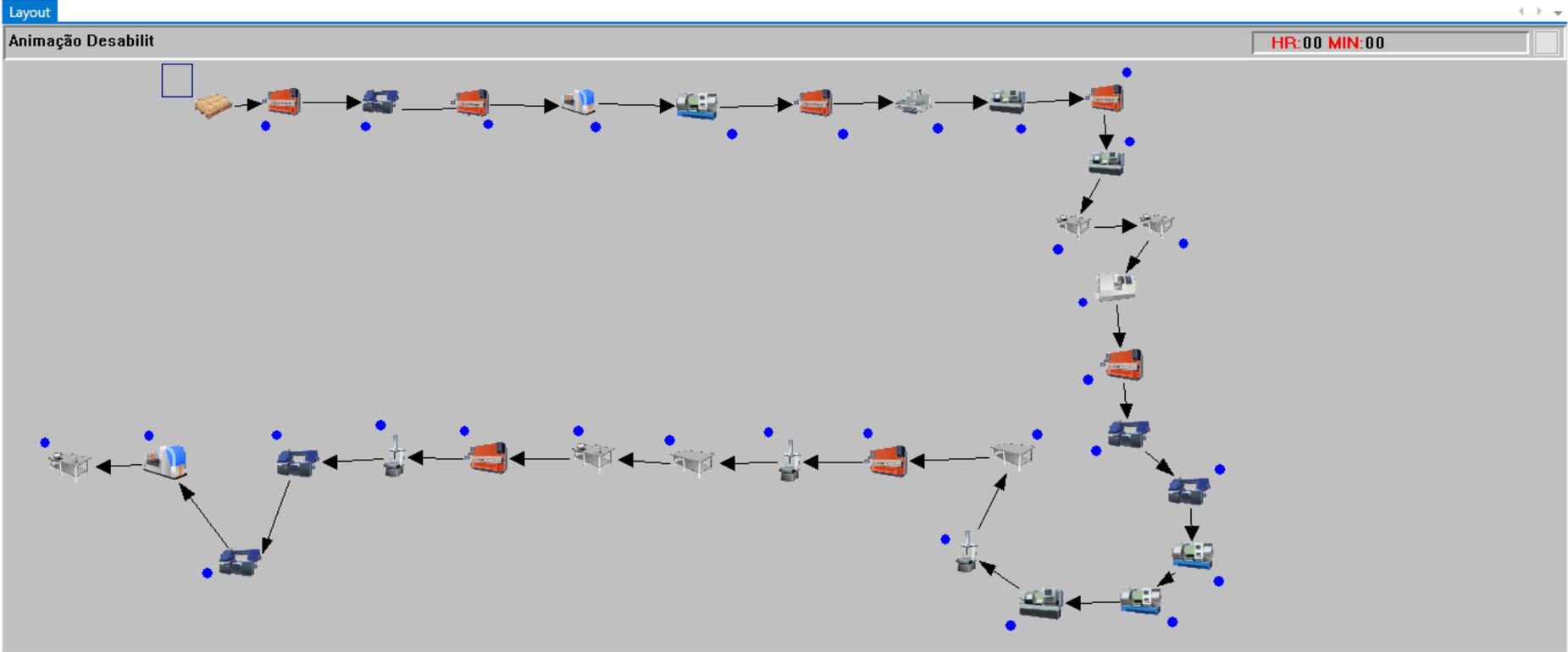


APÊNDICE F – Modelos empresa IM

Modelo conceitual da empresa IM:

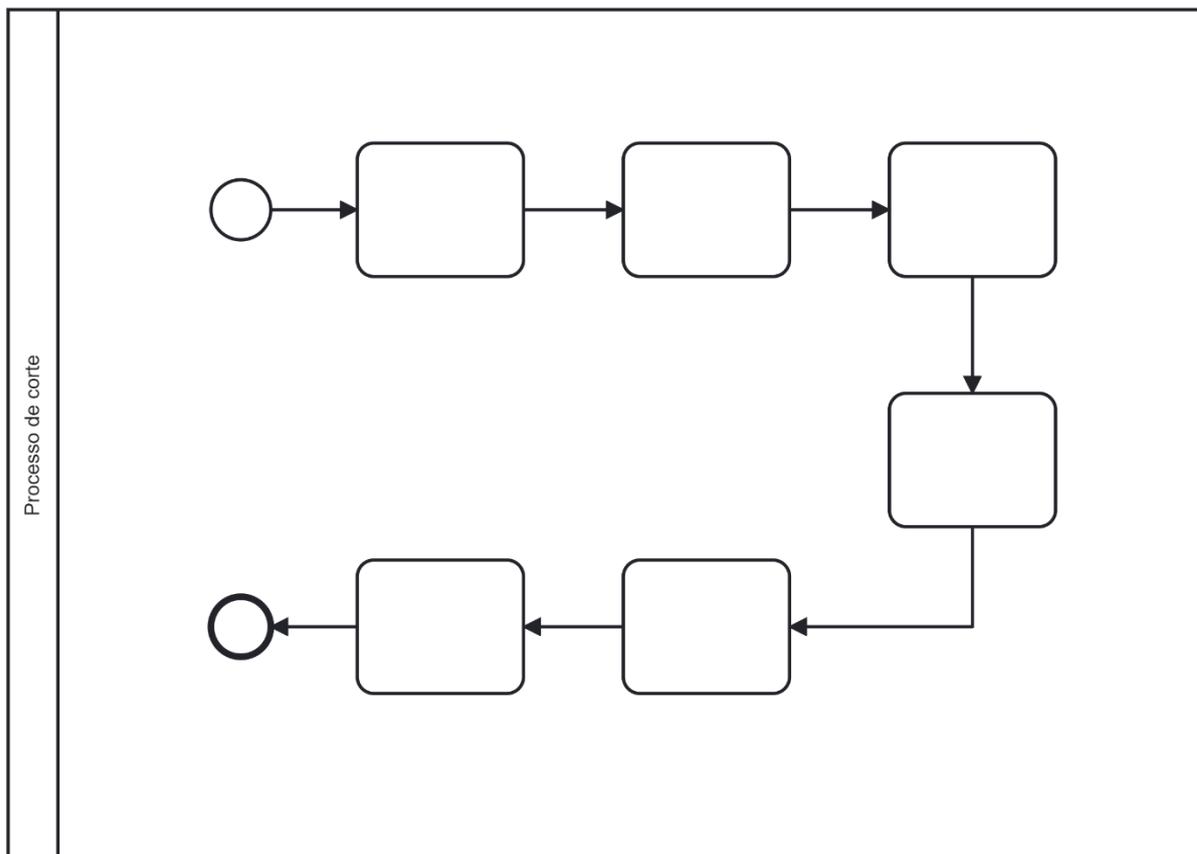


Modelo computacional da empresa IM:



APÊNDICE G – Modelos empresa MA (segunda aplicação)

Modelo conceitual da empresa MA (segunda aplicação):



APÊNDICE H – Publicações

DOI	Título do trabalho	Periódicos	Data da publicação
https://doi.org/10.1590/0103-6513.20220073	FaMoSim: a facilitated discrete event simulation framework to support online studies.	Production	2023
10.14569/IJACSA.2023.0140420	Scrum: A Systematic Literature Review.	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	2023
https://doi.org/10.2507/IJSIMM21-3-604	Facilitated Discrete Event Simulation for Industrial Processes: a Critical Analysis.	International Journal of Simulation Modelling	2022
https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210043	A comparative study of forecasting methods using real-life econometric series data.	Production	2021
https://doi.org/10.1504/IJIL.2021.118871	Analysis of the relationship between student profiles and the results obtained in a university course gamification study	International journal of innovation and learning	2021
https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n4.13905	Proposal and application of a procedure for analysis of idleness and wastes in an aircraft company.	Exacta	2020
DOI	Título do trabalho	Anais de congressos	Data da publicação
-	Desenvolvimento de um modelo ahp para seleção de empresas aptas à utilização da simulação	ENESEP	2022
10.14488/enegep2022_tn_st_384_1900_43256	Simulação a eventos discretos facilitada: uma revisão sobre seu contexto e sua aplicabilidade.	ENESEP	2022
-	Facilitated discrete event simulation framework to support online studies in industry.	SBPO	2022
10.14488/enegep2021_ti_pts_364_1878_42025	A comparative study of forecasting methods using real-life econometric series data.	ENESEP	2021
-	Aprendizagem baseada em projetos e gamificação: uma aplicação conjunta em uma disciplina de graduação em engenharia de produção.	ENCEP	2020
10.14488/enegep2020_tn_stp_351_1807_40635	Aprendizagem baseada em projeto gamificada: uma aplicação em sala de aula.	ENESEP	2020
-	Quantificando a validação de um modelo de simulação a eventos discretos através do	SBPO	2019

	cálculo da cobertura de validação.		
-	Utilização da simulação na avaliação dos resultados esperados pela implantação dos Conceitos Enxutos em um laboratório de análises clínicas.	SBPO	2019
-	Simulação baseada em agentes aplicada em uma disciplina gamificada.	SBPO	2019
10.14488/enegep2019_tn_stp_299_1690_37840	Um estudo sobre as principais teorias utilizadas na gamificação em sala de aula.	ENESEP	2019
DOI	Título do trabalho	Aceitos para publicação	Data da publicação
-	A Facilitated Discrete Event Simulation Framework To Support Online Studies: An Intervention In A Small Enterprise	Winter Simulation Conference	2023
-	UM FRAMEWORK DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS FACILITADA PARA DAR SUPORTE A ESTUDOS ON-LINE NA INDÚSTRIA	SBPO	2023

REFERÊNCIAS

- AHMED, Rizwan; SHAH, Mahmood; UMAR, M. Concepts of simulation model size and complexity. **International Journal of simulation modelling**, v. 15, n. 2, p. 213-222, 2016.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.
- AVISON, David; BASKERVILLE, Richard; MYERS, Michael. Controlling action research projects. **Information technology & people**, v. 14, n.1, p. 28-45, 2001.
- AZEVEDO, Rogério Cabral; ENSSLIN, Leonardo. **Metodologia da pesquisa para engenharias**. 1.ed. Belo Horizonte: PPGEC/CEFET-MG, 2020.
- BANKS, Jerry. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice**. John Wiley & Sons, 1998.
- BANKS, Jerry et al. **Discrete-Event System Simulation**. 15. ed. Pearson, 2013.
- BARJIS, Joseph. CPI modeling: Collaborative, participative, interactive modeling. In: **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, p. 3094-3103, 2011.
- BYRNE, James et al. Towards a cloud based SME data adapter for simulation modelling. In: **2013 Winter Simulations Conference (WSC)**. IEEE, p. 147-158, 2013.
- BYRNE, James; LISTON, Paul; BYRNE, P. J. Analysis of complexity and simulation usage in manufacturing smes. In: **2021 Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2021 (SW21)**. p. 267-276, 2021.
- CARR, Wilfred. Philosophy, methodology and action research. **Journal of Philosophy of Education**, v. 40, n. 4, p. 421-435, 2006.
- CARSON II, John S. Introduction to modeling and simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005**. IEEE, p. 16-23, 2005.
- CHECKLAND, Peter; HOLWELL, Sue. “Classic” OR and “soft” OR – an asymmetric complementarity. **Systems modelling theory and practice**, John Wiley and Sons Ltd, p.45-60, 2004.
- COGHLAN, David et al. Executive development through insider action research: voices of insider action researchers. **Journal of Management Development**, v. 33, n. 10, p. 991-1003, 2014.
- COLEMAN, Shirley et al. How can SMEs benefit from big data? Challenges and a path forward. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 32, n. 6, p. 2151-2164, 2016.
- COUGHLAN, Paul; COUGHLAN, David. Action research for operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- CRUZ, Rogério Santos; MESQUITA, Marco Aurélio. Um modelo de análise do planejamento e controle da produção para pequenas e médias empresas. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 4, p. 1495-1522, 2018.
- DANI, Vinicius Stein; FREITAS, Carla Maria Dal Sasso; THOM, Lucinéia Heloisa. Ten years of visualization of business process models: a systematic literature review. **Computer Standards & Interfaces**, v. 66, 2019.
- FALLER, Clemens; FELDMÜLLER, Dorothee. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs. **Procedia Cirp**, v. 32, p. 88-91, 2015.
- FRANCO, L. Alberto; GREIFFENHAGEN, Christian. Making OR practice visible: Using ethnomethodology to analyse facilitated modelling workshops. **European Journal of Operational Research**, v. 265, n. 2, p. 673-684, 2018.
- FRANCO, L. Alberto; MONTIBELLER, Gilberto. Facilitated modelling in operational research. **European Journal of Operational Research**, v. 205, n. 3, p. 489-500, 2010.
- HAMEED, BM Zeeshan et al. Will “hybrid” meetings replace face-to-face meetings post COVID-19 era? Perceptions and views from the urological community. **Urology**, v.156, p. 52-57, 2021.
- HARPER, Alison; MUSTAFEE, Navonil; YEARWORTH, Mike. Facets of trust in simulation studies. **European Journal of Operational Research**, v. 289, n. 1, p. 197-213, 2021.
- HENGST, Mariëlle; DE VREEDE, Gert-Jan; MAGHNOUJI, R. Using soft OR principles for collaborative simulation: a case study in the Dutch airline industry. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 5, p. 669-682, 2007.
- HODGES, James S. Six (or so) things you can do with a bad model. **Operations research**, v. 39, n. 3, p. 355-365, 1991.
- HUGHES, Ruby. Wai. Chung.; SCOTT, Rab; RIDGWAY, Keith. Challenges of using discrete event simulation for facility planning in SMEs: a case study. In: **26th European Simulation and Modelling Conference, ESM**, p. 269-273, 2012.
- HVOLBY, Hans-Henrik; SVENSSON, Carsten; STEGER-JENSEN, Kenn. Simulation of production setup changes in an SME. **Procedia Technology**, v. 5, p. 643-648, 2012.
- ITZCHAKOV, Guy; GRAU, Jennifer. High-quality listening in the age of COVID-19: A key to better dyadic communication for more effective organizations. **Organizational Dynamics**., 2020.

IVERS, Anne Marie; BYRNE, James; BYRNE, P. J. Analysis of SME data readiness: a simulation perspective. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 23, n. 1, p.163-188, 2016.

JACKSON, Michael C. Towards coherent pluralism in management science. **Journal of the Operational Research Society**, v. 50, n. 1, p. 12-22, 1999.

JAHANGIRIAN, Mohsen et al. Simulation in manufacturing and business: A review. **European journal of operational research**, v. 203, n. 1, p. 1-13, 2010.

KARNON, Jonathan et al. Modeling using discrete event simulation: a report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-4. **Medical decision making**, v. 32, n. 5, p. 701-711, 2012.

KOTIADIS, Kathy; TAKO, Antuela. A facilitation workshop for the implementation stage: A case study in health care. In: **Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2016 (SW16)**, p. 165-174, 2016.

KOTIADIS, Kathy; TAKO, Antuela A. A Tutorial on Involving Stakeholders in Facilitated Simulation Studies. In: **Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2021 (SW21)**. The Operational Research Society, p. 42-56, 2021.

KOTIADIS, Kathy; TAKO, Antuela A. Facilitated post-model coding in discrete event simulation (DES): A case study in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 266, n. 3, p. 1120-1133, 2018.

KOTIADIS, Kathy; TAKO, Antuela A.; VASILAKIS, Christos. A participative and facilitative conceptual modelling framework for discrete event simulation studies in healthcare. **Journal of the Operational Research Society**, v. 65, n. 2, p. 197-213, 2014.

LIN, Hao W. et al. Design of a global decision support system for a manufacturing SME: Towards participating in collaborative manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 1, p. 1-12, 2012.

LIOTTA, Giacomo. Simulation of supply-chain networks: a source of innovation and competitive advantage for small and medium-sized enterprises. **Technology innovation management review**, v. 2, n. 11, p.13-20, 2012.

LÖFVING, Malin; SÄFSTEN, Kristina; WINROTH, Mats. Manufacturing strategy frameworks suitable for SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 1, p. 7-26, 2014.

MCKAY, Judy; MARSHALL, Peter. The dual imperatives of action research. **Information Technology & People**, v. 14, n. 1, p. 46-59, 2001.

MELLO, Carlos Henrique Pereira et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MITTAL, Sameer et al. A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). **Journal of manufacturing systems**, v. 49, p. 194-214, 2018.

MOEUF, Alexandre et al. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1118-1136, 2017.

MOURTZIS, Dimitris. Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 7, p. 1927-1949, 2020.

OEPPEN, Rachel S.; SHAW, Graham; BRENNAN, Peter A. Human factors recognition at virtual meetings and video conferencing: how to get the best performance from yourself and others. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 58, n. 6, p. 643-646, 2020.

O'KANE, James; PAPADOUKAKIS, Antonios; HUNTER, David. Simulation usage in SMEs. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 14, n. 3, p. 514-527, 2007.

OLIVEIRA, Milena Silva, et al. Facilitated discrete event simulation for industrial processes: a critical analysis. **International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)**, v. 21, n. 3, 2022.

OMAR, Santiago; MORALES, Caballero. Innovation as recovery strategy for SMEs in emerging economies during the COVID-19 pandemic. **Research in international business and finance**, v. 57, 2021.

OMRI, N. et al. Industrial data management strategy towards an SME-oriented PHM. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 56, p. 23-36, 2020.

OMRI, N. Omri et al. Data Management requirements for PHM implementation in SMEs. In: **2019 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Paris)**. IEEE, p. 232-238, 2019.

PESSÔA, Leonardo Antonio Monteiro et al. Integrating soft and hard operational research to improve surgical centre management at a university hospital. **European Journal of Operational Research**, v. 245, n. 3, p. 851-861, 2015.

PROUDLOVE, Nathan C. et al. Towards fully-facilitated discrete event simulation modelling: Addressing the model coding stage. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 2, p. 583-595, 2017.

RICHTER, Alexander. Locked-down digital work. **International Journal of Information Management**, v. 55, p. 102-157, 2020.

ROBINSON, Stewart. Simulation verification, validation and confidence: a tutorial. **Transactions of the Society for Computer Simulation**, v. 16, n. 2, p. 63-69, 1999.

ROBINSON, Stewart. Soft with a hard centre: discrete-event simulation in facilitation. **Journal of the operational research society**, v. 52, n. 8, p. 905-915, 2001.

ROBINSON, Stewart. Modes of simulation practice: approaches to business and military simulation. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 10, n. 8, p. 513-523, 2002.

ROBINSON, Stewart. Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next?. **Journal of the Operational Research Society**, v. 56, n. 6, p. 619-629, 2005.

ROBINSON, Stewart. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the operational research society**, v. 59, n. 3, p. 278-290, 2008a.

ROBINSON, Stewart. Conceptual modelling for simulation Part II: a framework for conceptual modelling. **Journal of the operational research society**, v. 59, n. 3, p. 291-304, 2008b.

ROBINSON, Stewart. Conceptual modelling for simulation: Progress and grand challenges. **Journal of Simulation**, v. 14, n. 1, p. 1-20, 2020.

ROBINSON, Stewart et al. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 1, p. 188-197, 2012.

ROBINSON, Stewart et al. Facilitated modelling with discrete-event simulation: Reality or myth?. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 1, p. 231-240, 2014.

SAATÇI, Banu et al. Hybrid Meetings in the Modern Workplace: Stories of Success and Failure. In: **International Conference on Collaboration and Technology**. Springer, Cham, p. 45-61, 2019.

SAATÇI, Banu et al. (Re) Configuring Hybrid Meetings: Moving from User-Centered Design to Meeting-Centered Design. **Computer Supported Cooperative Work (CSCW)**, v. 29, n. 6, p. 769-794, 2020.

SALLES, Maryse. Decision making in SMEs and information requirements for competitive intelligence. **Production Planning & Control**, v. 17, n. 3, p. 229-237, 2006.

SARGENT, Robert G. A perspective on fifty-five years of the evolution of scientific respect for simulation. In: **2017 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, p. 3-15, 2017.

SCHEIDEGGER, Anna Paula Galvão et al. An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature. **Computers & Industrial Engineering**, v. 124, p. 474-492, 2018.

SHANI, A. B.; COGHLAN, David; CIRELLA, Stefano; Action research and collaborative management research: more than meets the eye?. **International Journal of Action Research**, v. 8, n. 1, p. 45-67, 2012.

SHARDA, Bikram; BURY, Scott J. Evaluating production improvement opportunities in a chemical plant: a case study using discrete event simulation. **Journal of Simulation**, v. 6, n. 2, p. 81-91, 2012.

SOX, Carole B.; CREWS, Tena B.; KLINE, Sheryl F. Virtual and hybrid meetings for generation X: using the Delphi method to determine best practices, opportunities, and barriers. In: **Journal of Convention & Event Tourism**. Routledge, v. 15, p. 150-169, 2014.

SOX, Carole B. et al. Virtual and hybrid meetings: Gaining generational insight from industry experts. **International Journal of Hospitality & Tourism Administration**, v. 18, n. 2, p. 133-170, 2017.

STANDAERT, Willem; MUYLLE, Steve; BASU, Amit. Business Meetings in a Post-Pandemic World: When and How to Meet Virtually?. **Business Horizons**, 2021a.

STANDAERT, Willem; MUYLLE, Steve; BASU, Amit. How shall we meet? Understanding the importance of meeting mode capabilities for different meeting objectives. **Information & Management**, v. 58, n. 1, p. 103-393, 2021b.

TAKO, Antuela A.; KOTIADIS, Kathy. Facilitated conceptual modelling: Practical issues and reflections. In: **Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, p. 1-12, 2012.

TAKO, Antuela A.; KOTIADIS, Kathy. PartiSim: A multi-methodology framework to support facilitated simulation modelling in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 244, n. 2, p. 555-564, 2015.

TAKO, Antuela A.; KOTIADIS, Kathy. Participative simulation (PartiSim): a facilitated simulation approach for stakeholder engagement. In: **2018 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, p. 192-206, 2018.

TAKO, Antuela A. et al. Improving patient waiting times: a simulation study of an obesity care service. **BMJ quality & safety**, v. 23, n. 5, p. 373-381, 2014.

TAKO, Antuela A. et al. Evaluating community-based integrated health and social care services: The Simtegr8 approach. In: **2019 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, 2019. p. 1220-1231.

TAKO, Antuela A.; TSIOPSIAS, Naoum; ROBINSON, Stewart. Can we learn from simplified simulation models? An experimental study on user learning. **Journal of Simulation**, v. 14, n. 2, p. 130-144, 2020.

TAKO, Antuela A. et al. Using facilitated simulation to evaluate integrated community-based health and social care services. In: **Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop 2021 (SW21)**. The Operational Research Society, p. 97-106, 2021.

TEERASOPONPONG, Siravat; SOPADANG, Apichat. A simulation-optimization approach for adaptive manufacturing capacity planning in small and medium-sized enterprises. **Expert Systems with Applications**, v. 168, p. 114451, 2021.

TERENCE, Ana Cláudia Fernandes; ESCRIVÃO, Edmundo Filho. Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 26, p. 1-9, 2006.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

WOODSIDE, A. G.; WILSON, E. J. Case studies research methods for theory building. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 18, n. 6/7, p. 493-508, 2003.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. Pesquisa-ação na engenharia de produção. Cauchick Miguel, P. A. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 145-162, 2010.

VAN DER ZEE, Durk-Jouke. Model simplification in manufacturing simulation—Review and framework. **Computers & Industrial Engineering**, v. 127, p. 1056-1067, 2019.

WAGNER, Gerd. Tutorial: Information and process modeling for simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference 2014**. IEEE, p. 103-117, 2014.

WOODSIDE, Arch G.; WILSON, Elizabeth J. Case study research methods for theory building. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 18, n. 6-7, p. 493-508, 2003.

ZHENG, Chen et al. SME-oriented flexible design approach for robotic manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 53, p. 62-74, 2019.