

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**LAÍS DE SOUZA**

**MODELAGEM DE PROCESSOS E DIRETRIZES DE COMPREENSIBILIDADE:  
UMA APLICAÇÃO EM UM PROCESSO DE MATRÍCULA EM CURSOS  
SUPERIORES DE UM INSTITUTO FEDERAL**

**ITAJUBÁ-MG**

**2023**

**LAÍS DE SOUZA**

**MODELAGEM DE PROCESSOS E DIRETRIZES DE COMPREENSIBILIDADE:  
UMA APLICAÇÃO EM UM PROCESSO DE MATRÍCULA EM CURSOS  
SUPERIORES DE UM INSTITUTO FEDERAL**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Administração no programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Leal

**ITAJUBÁ-MG**

**2023**

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelas oportunidades, pela inspiração e pela graça da resiliência.

Ao meu esposo, Fernando, que foi fonte inesgotável de paciência e motivação.

À minha filha, Maria, por me inspirar a ser uma pessoa melhor todos os dias.

Aos que foram minha rede de apoio: minha mãe, Rita, Benedita e Sônia.

Ao meu orientador, prof. Fabiano Leal, pelo apoio incondicional, pelas instruções, pela paciência e compreensão.

Ao IFSULDEMINAS, pela oportunidade e pelos esforços empreendidos em prol da capacitação dos servidores.

Aos meus colegas de trabalho, pelo apoio, pelo incentivo e pela paciência.

Aos companheiros de estudos, pela parceria e pelas partilhas.

“Se quer ir rápido, vá sozinho; se quer ir longe, vá em grupo” (Provérbio Africano). Obrigada a todos que estiveram comigo nesta caminhada e me permitiram ir mais longe do que eu jamais imaginei.

*É justo que muito custe o que muito vale (Santa Tereza d'Ávila)*

## RESUMO

A Gestão de Processos é uma importante ferramenta para aumentar a eficiência das organizações. A modelagem de processos é uma das partes mais importantes dessa abordagem, por meio da qual os processos podem ser representados de forma gráfica (modelagem diagramática), possibilitando a ampliação do conhecimento, a análise e a proposição de melhorias. Esta técnica tem sido amplamente utilizada nas instituições públicas brasileiras, com muitos benefícios documentados (otimização dos processos, redução de desperdícios, apoio à tomada de decisão e proposição de melhorias). Contudo, a garantia da qualidade dos modelos é essencial para que os esforços de modelagem alcancem seus objetivos. Um dos aspectos mais importantes da qualidade pragmática dos modelos (relativos à utilização dos modelos pelas organizações) é a compreensibilidade. Uma importante ferramenta para a construção de modelos mais compreensíveis é a aplicação das diretrizes de modelagem, entretanto, o número de diretrizes espalhadas pela literatura é alto, com alguns trabalhos relatando até 50 diretrizes diferentes. Além disso, processos complexos podem exigir um nível maior de detalhamento, o que pode tornar o modelo mais difícil de compreender. Diante disso, esta pesquisa buscou responder como modelar processos com alto nível de detalhamento, com apoio das diretrizes de modelagem a fim de garantir que os modelos sejam compreensíveis para seus usuários. Para isso, realizou-se a modelagem de um processo considerando as diretrizes de compreensibilidade encontradas na literatura científica. O procedimento de pesquisa adotado foi a Modelagem, baseado no esquema proposto por Mitroff *et al.* (1974). O processo modelado foi o de análise de solicitação de matrícula em cursos superiores de um Instituto Federal. Para avaliar o atendimento às diretrizes de compreensibilidade, utilizou-se a ferramenta Verificador de Compreensibilidade para Modelos de Processos de Negócios (*Understandability Verifier For Business Process Models - BEBOP*) proposta por Corradini *et al.* (2018). A partir dessa avaliação foram realizados ajustes no modelo com base nas recomendações encontradas na literatura. Aplicou-se também um procedimento de verificação e validação de modelos denominado Verificação e Validação de Modelos Diagramáticos (*Verification and Validation of Diagrammatic Models - V&V-DM*). Como resultado, a pesquisa apresentou uma revisão sistemática integrativa sobre o tema, o modelo do processo de matrículas construído com base nas diretrizes e o relato sobre os procedimentos adotados para a avaliação e redesenho do modelo. A revisão integrativa forneceu um panorama dos estudos científicos sobre o tema, enfatizando o que já foi estudado e as lacunas ainda existentes. Os modelos produzidos representam o processo de matrículas de forma completa e possibilitam a gestão do processo e a transmissão do conhecimento no Instituto Federal. E o relato do procedimento de avaliação e redesenho do modelo pode subsidiar outras pesquisas sobre o tema e colaborar com a melhoria da modelagem de processos das organizações públicas e privadas. Como produto técnico, além do modelo do processo, foi elaborado também um Manual de Boas Práticas em Modelagem, que considerou as diretrizes encontradas na literatura para fornecer soluções práticas para a construção de modelos mais compreensíveis.

**Palavras-chave:** modelagem de processos, BPMN, compreensibilidade, instituição de ensino superior.

## ABSTRACT

*Process Management is an important tool to increase the efficiency of organizations. Process modeling is one of the most crucial aspects of this approach, through which processes can be graphically represented (diagrammatic modeling), enabling the expansion of knowledge, analysis, and the proposal of improvements. This technique has been widely used in Brazilian public institutions, with many documented benefits such as process optimization, waste reduction, support for decision-making, and proposal of improvements. However, ensuring the quality of models is essential for the modeling efforts to achieve their objectives. One of the most important aspects of the pragmatic quality of models (related to the use of models by organizations) is comprehensibility. An important tool for building more understandable models is the application of modeling guidelines; however, the number of guidelines scattered throughout the literature is high, with some studies reporting up to 50 different guidelines. Additionally, complex processes may require a higher level of detail, which can make the model more difficult to understand. Considering this, this research sought to answer how to model processes with a high level of detail, with the support of modeling guidelines to ensure that the models are understandable to their users. To achieve this, the modeling of a process was carried out considering comprehensibility guidelines found in the scientific literature. The research procedure adopted was Modeling, based on the scheme proposed by Mitroff et al. (1974). The modeled process was the analysis of enrollment requests in higher education courses at a federal institute. To assess compliance with comprehensibility guidelines, the Understandability Verifier for Business Process Models (BEBOP) tool proposed by Corradini et al. (2018) was used. Based on this evaluation, adjustments were made to the model based on recommendations found in the literature. A verification and validation procedure for models called Verification and Validation of Diagrammatic Models (V&V-DM) was also applied. As a result, the research presented an integrative systematic review on the subject, the enrollment process model constructed based on the guidelines, and a report on the procedures adopted for the evaluation and redesign of the model. The integrative review provided an overview of scientific studies on the subject, emphasizing what has already been studied and the existing gaps. The produced models represent the enrollment process comprehensively and enable process management and knowledge transmission at the federal institute. The report on the evaluation and redesign procedure of the model can support other research on the subject and contribute to improving the process modeling of public and private organizations. As a technical product, in addition to the process model, a Best Practices in Modeling Manual was also developed, considering the guidelines found in the literature to provide practical solutions for building more understandable models.*

**Keywords:** *process modeling, BPMN, comprehensibility, higher education institution.*

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Arquitetura de processos em três níveis .....  | 21 |
| Figura 2 – Ciclo de vida do BPM .....   | 22 |
| Figura 3 – Tarefas relacionadas à Descoberta do processo .....  | 28 |
| Figura 4 – Fases do método de entrevistas .....   | 29 |
| Figura 5 – Subprocesso evento na notação BPMN.....  | 32 |
| Figura 6 - Utilização de <i>pool</i> e <i>lanes</i> na notação BPMN .....                                     | 33 |
| Figura 7 – Representação do fluxo de mensagens na notação BPMN .....  | 33 |
| Figura 8 – Utilização de <i>pool black box</i> na notação BPMN.....   | 34 |
| Figura 9 – Exemplo de um modelo de processo em BPMN.....  | 34 |
| Figura 10 – Parte de um relatório gerado pela ferramenta BEBOP .....  | 41 |
| Figura 11 - Proposta de uma visão sistêmica da solução de um problema .....                                   | 51 |
| Figura 12 – Esquema de aplicação do procedimento de pesquisa Modelagem .....                                  | 52 |
| Figura 13 – Os 3 ciclos que compõem o V&V-DM .....  | 59 |
| Figura 14 – Ciclo para avaliação e redesenho de modelos de processo para melhoria da compreensibilidade ..... | 63 |
| Figura 15 - Processo de análise das solicitações de matrículas do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.....    | 68 |
| Figura 16 - Subprocesso “Analisar solicitação” - Secretaria.....  | 69 |
| Figura 17 - Subprocesso “Analisar solicitação” – Comissão de Análise Socioeconômica .....                     | 70 |
| Figura 18 - Subprocesso “Analisar solicitação” - Comissão de Heteroidentificação..                            | 71 |
| Figura 19 - Subprocesso “Analisar solicitação” - NAPNE.....   | 72 |
| Figura 20 – Violação apresentada pela ferramenta (diretriz 12).....   | 75 |
| Figura 21 - Parte do modelo antes da reorganização de elementos .....   | 77 |
| Figura 22 - Parte do modelo depois da reorganização dos elementos .....                                       | 77 |
| Figura 23 - Parte do modelo antes da redistribuição dos elementos.....  | 78 |
| Figura 24 - Parte do modelo após a redistribuição dos elementos.....  | 78 |
| Figura 25 – Atividades unificadas dentro do subprocesso .....   | 79 |
| Figura 26 –Processo de análise das solicitações de matrículas após os ajustes do primeiro ciclo .....         | 80 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 27 - Parte do modelo após a unificação dos eventos finais .....                       | 81 |
| Figura 28 – Violação apresentada pela ferramenta (diretriz 30).....                          | 82 |
| Figura 29 - Parte do modelo sem a rotulagem dos <i>gateways</i> .....                        | 83 |
| Figura 30 - Parte do modelo depois da rotulagem dos <i>gateways</i> .....                    | 83 |
| Figura 31 – Relacionamento dos subprocessos com mais de uma <i>pool</i> .....                | 85 |
| Figura 32 – Uso de atividade de chamada.....   | 85 |
| Figura 33 – <i>Gateway</i> paralelo utilizado no modelo.....                                 | 86 |
| Figura 34 – Processo de análise das solicitações de matrículas (modelo redesenhado). .....   | 86 |
| Figura 35 – Subprocesso “Analisar solicitação (Secretaria)” (redesenhado) .....              | 87 |
| Figura 36 – Subprocesso “Analisar solicitação (C. A. Socioeconômica)” (redesenhado). .....   | 87 |
| Figura 37 – Subprocesso “Analisar solicitação (C. Heteroidentificação)” (redesenhado). ..... | 88 |
| Figura 38 – Subprocesso “Analisar solicitação (NAPNE)” (redesenhado) .....                   | 88 |
| Figura 39 – Resumo dos ajustes realizados por ciclo .....                                    | 89 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Pontos fortes e fracos dos métodos de descoberta de processos .....                                     | 29 |
| Quadro 2 – Elementos da notação BPMN .....   | 31 |
| Quadro 4 – Resultado da avaliação dos modelos .....  | 73 |
| Quadro 5 – Síntese das diretrizes violadas e das ações a serem tomadas .....                                       | 74 |
| Quadro 6 – Diretrizes violadas após o primeiro ciclo de avaliação e redesenho.....                                 | 80 |
| Quadro 7– Diretrizes violadas após o segundo ciclo de avaliação e redesenho.....                                   | 84 |
| Quadro 8 – Comparação entre os modelos original e redesenhado, de acordo com o relatório da ferramenta BEBOP ..... | 89 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|              |   |
|--------------|---|
| 7PMG         | <i>Seven Process Modeling Guidelines</i>                            |
| BEBOP        | <i>Understandability Verifier for Business Process Models</i>       |
| BPM          | <i>Business Process Management</i>                                  |
| BPMI         | <i>Business Process Model and Notation</i>                          |
| BPMIMA       | <i>Model Improvement Based on Measurement Activities</i>            |
| BPMN         | <i>Business Process Model and Notation</i>                          |
| BPR          | <i>Business Process Reengineering</i>                               |
| CAPES        | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior         |
| CONSUP       | Conselho Superior do IFSULDEMINAS                                   |
| COPESE       | Comissão Permanente de Processo Seletivo                            |
| COVID-19     | <i>Coronavirus Disease</i>  |
| CPS          | Comissão de Processo Seletivo do IFSULDEMINAS                       |
| DEN          | Direção de Ensino do IFSULDEMINAS                                   |
| DMN          | <i>Decision Model and Notation</i>                                  |
| EPC          | <i>Event-driven Process Chain</i>                                   |
| FTA          | <i>Fault Tree Analysis</i>  |
| FMEA         | <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>                             |
| GESPUBLICA   | Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização             |
| IBGE         | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                     |
| IFSULDEMINAS | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas |
| NAPNE        | Núcleos de Apoio a Pessoas com Deficiência Específicas              |
| OMG          | <i>Object Management Group</i>                                      |
| PcD          | Pessoa com Deficiência  |
| SUAP         | Sistema Unificado de Administração Pública                          |
| TQM          | <i>Total Quality Management</i>                                     |
| UML          | <i>Unified Modeling Language</i>                                    |
| WOS          | <i>Web of Science</i>   |
| V&V-DM       | <i>Verification and Validation of Diagrammatic Models</i>           |

## SUMÁRIO

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>12</b>  |
| <b>1.1 Objetivos geral e específicos</b> .....  | <b>14</b>  |
| <b>1.2 Justificativas</b> .....   | <b>15</b>  |
| <b>1.3 Estrutura do trabalho</b> .....  | <b>16</b>  |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>18</b>  |
| <b>2.1 Processos de negócio: principais conceitos</b> .....   | <b>19</b>  |
| <b>2.2 O uso de modelos de processo na Gestão Pública</b> .....   | <b>23</b>  |
| <b>2.3 A modelagem de processos</b> .....   | <b>26</b>  |
| 2.3.1 <i>A notação BPMN</i> .....   | <b>31</b>  |
| 2.3.2 <i>Compreensibilidade dos modelos de processo</i> .....   | <b>35</b>  |
| 2.3.3 <i>A ferramenta BEBOP</i> .....   | <b>38</b>  |
| <b>2.4 Revisão integrativa da literatura</b> .....  | <b>41</b>  |
| <b>3 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....   | <b>49</b>  |
| <b>3.1 Classificação da Pesquisa</b> .....  | <b>49</b>  |
| <b>3.2 O objeto de estudo</b> .....   | <b>53</b>  |
| <b>3.3 Procedimentos de pesquisa</b> .....  | <b>54</b>  |
| 3.3.1 <i>Conceituação - 1ª fase</i> .....   | <b>54</b>  |
| 3.3.2 <i>Construção do modelo - 2ª fase</i> .....   | <b>57</b>  |
| 3.3.3 <i>Validação - 3ª fase</i> .....  | <b>58</b>  |
| 3.3.4 <i>Resolução do modelo - 4ª fase</i> .....  | <b>62</b>  |
| <b>4 APLICAÇÃO DO MÉTODO</b> .....  | <b>65</b>  |
| <b>4.1 Modelagem do processo de matrículas nos cursos superiores</b> .....                              | <b>65</b>  |
| <b>4.2 Avaliação e redesenho do modelo do processo</b> .....  | <b>73</b>  |
| <b>4.3 Discussão</b> .....  | <b>90</b>  |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | <b>94</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>99</b>  |
| <b>APÊNDICE A - Principais elementos da notação BPMN</b> .....  | <b>107</b> |
| <b>APÊNDICE B - 50 diretrizes de modelagem e suas descrições</b> .....                                  | <b>110</b> |
| <b>APÊNDICE C – Resultado da busca de estudos para a revisão integrativa antes do refinamento</b> ..... | <b>114</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>APÊNDICE D – Estudos selecionados para inclusão na amostra da revisão integrativa sobre compreensibilidade de modelos de processo .....</b>          | <b>119</b> |
| <b>APÊNDICE E – Processo de análise de solicitações de matrícula do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes (modelo original) em tamanho maior.....</b>     | <b>127</b> |
| <b>APÊNDICE F – Processo de análise de solicitações de matrícula do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes (modelo resenhado) em tamanho maior.. .....</b> | <b>128</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A Gestão de Processos é uma abordagem que visa orientar a organização de acordo com seus processos, deixando de lado a estrutura funcional (ou seja, dividida por departamentos) e levando o foco para os processos de ponta a ponta. Processos são uma sequência lógica de atividades, eventos e decisões que levam ao alcance de um determinado resultado organizacional (Dumas *et al.*, 2018).

Os benefícios que a Gestão de Processos pode gerar para as organizações são: otimização das operações, agregação de mais valor ao produto ou serviço, redução dos problemas de comunicação, entre outros. A Gestão de Processos também pode apoiar a gestão do conhecimento e gestão estratégica (Sordi, 2014; Dumas *et al.*, 2018).

A administração pública também tem adotado práticas da Gestão de Processos para a melhoria dos serviços prestados ao cidadão e como forma de atender ao princípio constitucional da eficiência, conforme preconizado pelo artigo 37 da Constituição Federal.

Uma das partes mais importantes da Gestão de Processos é a modelagem, que compreende a representação gráfica dos processos utilizando uma notação própria. A partir dos modelos da situação real dos processos (conhecidos como modelos *as-is*) é possível ampliar o conhecimento, prevenir e tratar problemas e propor melhorias na sua execução. Essas melhorias podem ser registradas em uma nova versão do processo por meio dos modelos conhecidos como modelos *to-be* (Sordi, 2014).

Tendo isso em consideração, é possível afirmar que produzir modelos com qualidade é essencial se alcançar os objetivos da Gestão de Processos. A compreensibilidade se refere à facilidade com que um modelo pode ser compreendido por seus usuários e é um dos aspectos ligados à garantia da qualidade pragmática dos modelos (que compreende os aspectos relacionados à usabilidade dos modelos) (Dumas *et al.*, 2018).

Uma importante ferramenta para a garantia da compreensibilidade dos modelos são as diretrizes de modelagem. Estas podem ser consideradas recomendações que

os modeladores devem seguir para a construção de modelos compreensíveis. Contudo, o campo de pesquisa sobre as diretrizes ainda necessita de mais estudos para entender o que torna os modelos compreensíveis (Avila *et al.*, 2021; Dikici; Turetken; Demirors, 2018).

O número de diretrizes encontradas na literatura é alto, não há um consenso sobre quais são as mais relevantes e muitas delas não possuem suporte empírico (Avila *et al.*, 2021). Corradini *et al.* (2018a), por exemplo, sistematizaram 50 diretrizes diferentes e destacam que os modeladores devem avaliar quais recomendações adotar de acordo com o propósito e objetivo da modelagem.

Dessa forma, a aplicação das diretrizes pode não ser simples, devido a sua diversidade e de certa subjetividade na sua utilização. Por exemplo, uma das diretrizes mais citadas, a recomendação de usar o mínimo de elementos possível, pode ser um desafio quando se trata de modelar processos com muitos participantes (departamentos ou seções das organizações), com alto número de decisões e caminhos diferentes que podem ser tomados.

Este é o caso do processo de matrículas em cursos superiores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, uma instituição de ensino técnico, tecnológico e superior vinculada à Rede Federal de Educação. O processo envolve cinco participantes diferentes e diversos caminhos que podem ser tomados dependendo do resultado dessas decisões, em função das reservas de vagas para pessoas com renda baixa, provenientes de escola pública, pessoas com deficiência ou pretos, pardos e indígenas.

Dentro deste contexto, a questão central desta pesquisa está relacionada a como modelar processos extensos com alto nível de detalhamento, com apoio das diretrizes de modelagem a fim de garantir que os modelos sejam compreensíveis para seus usuários.

Para isso, utilizou-se como procedimento de pesquisa a Modelagem, baseado no artigo de Mitroff *et al.* (1974), que se difere da modelagem de processos enquanto técnica ligada à Gestão de Processos, por se tratar de um procedimento que visa à resolução de problemas reais a partir da criação de modelos e sua resolução.

As contribuições da pesquisa estão relacionadas ao levantamento bibliográfico acerca do tema, que pode subsidiar outras iniciativas de melhorias de processos em outras organizações. Outra contribuição do trabalho é o relato da modelagem dos processos e da aplicação das diretrizes para melhoria da compreensibilidade, especialmente em relação à descrição dos ajustes realizados. A pesquisa também contribuiu academicamente com a aplicação de um procedimento de verificação e validação de modelos diagramáticos.

Além disso, por tratar-se de uma pesquisa aplicada, contribuiu também pela criação do modelo do processo estudado, o que colaborou para aumentar o conhecimento do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes sobre seus processos e para a melhoria dos serviços prestados.

## **1.1 Objetivos geral e específicos**

O objetivo da pesquisa foi realizar a modelagem de um processo extenso considerando as diretrizes de compreensibilidade encontradas na literatura da área de gestão de negócios, gestão de operações e de tecnologia da informação. O termo “processo extenso” foi utilizado para caracterizar modelos de processos com alto nível de detalhes e que ultrapassam 31 elementos (símbolos) utilizados (Corradini *et al.*, 2018).

O tema se relaciona com os estudos sobre “modelagem de processos” e “compreensibilidade de modelos de processos”. Os objetivos específicos relacionados foram:

- a) realizar uma revisão integrativa da literatura sobre a compreensibilidade dos modelos de processo;
- b) avaliar e melhorar a compreensibilidade de um modelo de processo extenso;
- c) testar a aplicação de um procedimento para verificação e validação de modelos de processo.

O modelo de processo de negócio a ser estudado é o de matrícula em cursos superiores do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, que atualmente é realizado por meio da plataforma gov.br do Governo Federal.

A revisão integrativa foi necessária para o problema em relação às diretrizes. Por meio dela foi possível identificar os principais trabalhos que estudaram os fatores de influência para a compreensibilidade dos modelos e assim formar uma base sólida para a construção do modelo.

A avaliação da compreensibilidade se deu pela utilização de uma ferramenta que realiza a verificação automática das diretrizes violadas pelos modelos de processo. A melhoria nos modelos foi realizada a partir do relatório dessa avaliação, utilizando como base os resultados da revisão integrativa. A ferramenta utilizada está disponível gratuitamente na internet e pode ser utilizada como apoio para outros esforços de modelagem.

O procedimento para verificação e validação de modelos diagramáticos utilizado está sendo desenvolvido dentro do grupo de pesquisa a qual fazem parte a autora desta dissertação e o professor orientador. A aplicação do procedimento de Verificação e Validação de Modelos Diagramáticos (*Verification and Validation of Diagrammatic Models - V&V-DM*) ocorreu em diferentes objetos de estudo, incluindo esta pesquisa. A expectativa com este objetivo específico é que a verificação e validação de modelos diagramáticos possa ser aprimorada, contribuindo com o fortalecimento do método de pesquisa em modelagem.

## **1.2 Justificativas**

A pesquisa justifica-se pela importância que a modelagem de processos pode ter para, entre outros benefícios, tornar a instituição mais ágil, agregar valor aos processos e apoiar a gestão do conhecimento, favorecendo assim o aumento da eficiência e melhorando a oferta dos serviços pelas organizações do setor público e privado.

Como exemplos de trabalhos relacionados à modelagem de processos em instituições públicas de ensino, é possível citar Soares (2019), Barbosa (2021) e Silva (2021). Soares (2019) analisou a interação entre *Business Process Model and Notation* (BPMN) e a Gestão de Riscos; Barbosa (2021) utilizou a modelagem de processos em BPMN e a modelagem de decisões de forma conjunta; Silva (2021), por sua vez, utilizou modelos em BPMN e a modelagem de decisões como apoio para a aplicação das técnicas *Fault Tree Analysis* (FTA) e *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) em processos de um Instituto Federal. Todas essas iniciativas demonstraram a relevância dos modelos de processos para o alcance de seus objetivos. Porém, uma análise dos modelos desenvolvidos nos três trabalhos demonstrou que estes são modelos extensos, com alto número de elementos e decisões.

Como mencionado, a garantia da qualidade dos modelos é essencial para que os esforços de modelagem tenham resultados positivos. Os fatores que influenciam a compreensibilidade dos modelos ainda são um campo que ainda requer mais estudos. Mais especificamente, muitos trabalhos focam no estudo das diretrizes, porém poucos relatam como aplicá-las (Avila *et al.*, 2021; Corradini *et al.*, 2018a). Dessa forma, esta pesquisa justifica-se pela contribuição para a construção de modelos com mais qualidade do ponto de vista sintático, semântico e pragmático.

Em relação ao objeto de estudo, o IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes necessita de iniciativas de modelagem pois não existem registros de seus processos. As atividades são realizadas com base nos conhecimentos tácitos dos servidores, o que traz problemas para a transmissão de informações entre os envolvidos. Além disso, a Gestão de Processos pode ser uma forma de aprimorar a execução dos serviços, em especial os relacionados aos registros acadêmicos dos cursos superiores.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

No Capítulo 2 foi apresentada a fundamentação teórica do trabalho. Foram abordados os principais conceitos de processos de negócios, o uso dos modelos pela

gestão pública, a modelagem de processos, o objeto de estudo e os trabalhos relacionados. O Capítulo 3 trata do método de pesquisa. Nele foram apresentados a classificação da pesquisa e os procedimentos de pesquisa (Modelagem), o qual foi executado em quatro fases: conceituação, construção do modelo, validação e resolução do modelo.

A aplicação do Método foi relatada no Capítulo 4, que foi dividido em três seções. A primeira aborda os resultados dos procedimentos de modelagem dos processos (compreendendo as três primeiras fases do procedimento de pesquisa). A segunda parte apresenta o resultado da quarta fase do procedimento, a qual envolveu a avaliação e redesenho do modelo do processo. A terceira seção apresenta uma discussão sobre os resultados. Por fim, o Capítulo 5 traz as considerações finais acerca do trabalho, suas limitações e as propostas de pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Gil (1999), a consulta aos materiais já publicados acerca do tema da pesquisa configura-se etapa essencial para os trabalhos, tendo principalmente dois objetivos: primeiro, a definição do sistema conceitual da pesquisa e a fundamentação teórica; segundo, a identificação do estágio em que se encontram os conhecimentos relativos ao tema que será investigado.

Assim, realizou-se uma busca na literatura sobre os processos de negócio, em especial sobre modelagem de processos e aspectos relativos à compreensibilidade dos modelos, envolvendo livros, teses, dissertações, artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais e outros materiais relacionados. As bases de dados utilizadas foram *Google Scholar*, *Web of Science (WOS)*, *Scopus*, *Science Direct* e Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES). Também foram consultadas a legislação e a regulamentação interna do IFSULDEMINAS relacionadas ao ingresso em instituições de cursos superiores.

Este capítulo introduz o tema e traz os principais conceitos relacionados aos processos de negócio, sobre a utilização dos modelos pela administração pública e quais os benefícios que a Gestão de Processos pode trazer para este setor. Especificamente na seção 2.3 foram abordados a Notação e Modelo de Processos de Negócio (*Business Process Model and Notation – BPMN*), a compreensibilidade dos modelos de processos de negócio e a ferramenta Verificador de Compreensibilidade para Modelos de Processos de Negócios (*understandaBility vErifier for Business Process models - BEBoP*), que foi utilizada como apoio para a avaliação dos modelos. Por fim, este capítulo apresenta o processo de Análise das Solicitações de Matrículas para os Cursos Superiores do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes que é o objeto de estudo desta pesquisa e uma síntese dos trabalhos relacionados.

## 2.1 Processos de negócio: principais conceitos

A partir de um artigo seminal de Davenport e Short, recomendando que as empresas focassem em seus processos inteiros e não apenas nas tarefas ou áreas isoladamente, outros trabalhos sobre o mesmo tema surgiram e deram origem ao conceito de Reengenharia de Processos de Negócios (*Business Process Reengineering* - BPR). O BPR foi amplamente adotado na década de 1990 e, apesar de apresentar alguns problemas, seus conceitos foram decisivos para a Gestão de processos e lançaram seus fundamentos básicos (Dumas *et al.*, 2018; Sordi, 2014).

É importante diferenciar os termos Gestão De Processos e Gestão Por Processos. Embora sejam muitas vezes confundidos e tomados como sinônimos, o termo Gestão de Processos é uma abordagem mais reduzida em relação à Gestão por Processos, uma vez que trata de um estilo de organização e gerenciamento da operação das empresas. A Gestão Por Processos, por sua vez, é uma abordagem administrativa mais complexa que propõe um novo enfoque para as organizações, a partir de seus processos e não mais das áreas funcionais (Sordi, 2014). Em vista disso, cabe ressaltar que este trabalho está mais alinhado à Gestão de Processos pois enfoca na modelagem e no uso dos modelos de processo.

A definição de Processo adotada nesta pesquisa é de que estes são uma sequência de atividades, eventos e decisões, executados de acordo com uma lógica ou um fluxo pré-definido, com a finalidade de alcançar um determinado resultado organizacional (que pode ser um produto ou um serviço) (Chinosi; Trombetta, 2012; Dumas *et al.*, 2018; Weske, 2007).

As atividades correspondem a uma unidade lógica de trabalho executada dentro de um processo, podendo ser totalmente manual ou automatizada. Quando uma atividade não pode ser decomposta em outras atividades, ou seja, é uma única unidade de trabalho, ela pode ser chamada também de tarefa. Eventos são coisas que acontecem durante o processo e afetam o seu fluxo, como, por exemplo, a chegada de um equipamento ao local de uma construção ou a chegada de uma mensagem de um cliente com um novo pedido. Já as decisões podem afetar a forma como o processo será executado e por isso são elementos importantes (Dumas *et al.*,

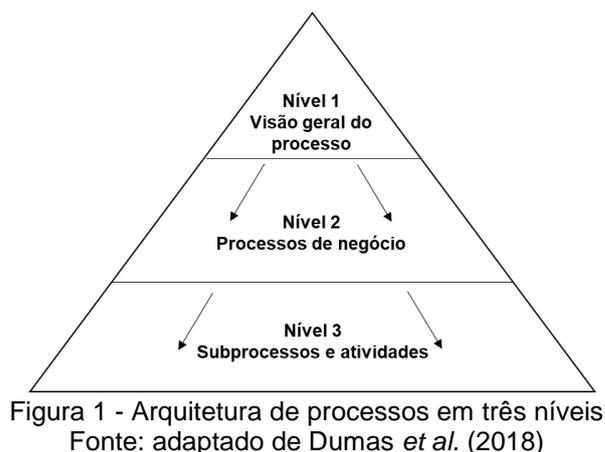
2018; Sordi, 2014). Os conceitos de atividades, eventos e decisões foram retomados com mais detalhes na seção 2.3.1 que trata da apresentação dos elementos da notação BPMN.

Os processos também envolvem atores internos ou externos (pessoas, organizações ou softwares), objetivos físicos (equipamentos, materiais, produtos ou papéis) e objetos informacionais (como documentos eletrônicos). Os atores internos são aqueles que trabalham internamente na organização e podem ser chamados de participantes do processo ou apenas de participantes. Os atores externos são aqueles que trabalham fora da organização, como o caso dos fornecedores ou prestadores de serviços.

Os processos dentro de uma organização podem ser categorizados da seguinte forma (ABPMP, 2013; Dumas *et al.*, 2018):

- a) primários, que são processos que geram valor ao cliente ou que estejam relacionados às atividades finalísticas da organização, como os processos relacionados à produção e entrega dos produtos e serviços. Por exemplo, os processos de manufatura em uma indústria de vestuário;
- b) de suporte, cuja função é possibilitar a execução dos processos primários e de outros processos de suporte; contudo não geram valor diretamente para o cliente. Um exemplo pode ser os processos relacionados à gestão de pessoas;
- c) de gerenciamento, relacionados à medição, monitoramento, controle e administração dos negócios, por exemplo, os relacionados à definição de estratégias e gestão de riscos.

Os processos também podem ser representados em diferentes níveis, com mais ou menos detalhes dependendo do propósito do modelo. A Figura 1 demonstra um exemplo de uma arquitetura de processos em três níveis, na qual o primeiro nível traz uma visão geral do processo que pode ser decomposto nos níveis seguintes em outros processos ou subprocessos.



Processos de níveis mais altos também podem ser chamados de macroprocessos ou funções de negócios. As atividades, por sua vez, representam o menor nível de decomposição de um processo (Sordi, 2014).

Por exemplo, uma determinada empresa possui um processo genérico (nível 1) chamado gerenciamento de pedidos, que envolve a seguinte sequência para sua execução: reserva de pedidos, cobrança, envio e entrega. Cada um dos itens dessa sequência é considerado um processo de negócio (nível 2) que pode ser decomposto em subprocessos e atividades (nível 3) (Dumas *et al.*, 2018). A decisão sobre o nível de decomposição de um processo depende das demandas operacionais e gerenciais da organização (Sordi, 2014).

O conhecimento acerca dos processos de negócio pode trazer benefícios para a organização como redução de custos, aumento da competitividade, redução de tempo de execução, redução de erros, melhoria na satisfação dos clientes e aumento da qualidade dos produtos (Combi; Oliboni; Zerbato, 2019; Dumas *et al.*, 2018; Kohlbacher, 2010).

Atualmente, a Gestão de Processos de Negócio (*Business Process Management* - BPM), é uma disciplina bastante conhecida pelas organizações quando se trata de Gestão de Processos. O BPM pode ser definido como um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas para descobrir, analisar, redesenhar, executar e acompanhar processos de negócios (Dumas *et al.*, 2018; Pereira; Freitas, 2019).

De forma resumida, as fases do BPM correspondem a (Dumas *et al.*, 2018):

- a) identificação: os processos relevantes devem ser identificados, delimitados e inter-relacionados, e o resultado é uma arquitetura de processos

atualizada. A partir dessa visão geral podem ser selecionados os processos para as fases seguintes;

- b) descoberta (modelo *as-is*): fase na qual cada processo selecionado anteriormente é documentado da forma como é executado na realidade, geralmente na forma de modelos de processos;
- c) análise: com base nos modelos, os problemas associados com os processos são identificados, documentados e mensurados nesta fase;
- d) redesenho (ou melhoria de processo): as ações desta fase envolvem a identificação de mudanças nos processos que podem resolver os problemas identificados anteriormente. O resultado é o modelo que representa o processo melhorado (modelo *to-be*);
- e) implementação: as mudanças no processo são preparadas e implementadas.
- f) monitoramento: por fim, nesta fase são coletados e analisados os dados para avaliar como o processo está ocorrendo em relação aos objetivos iniciais.

Dumas *et al.* (2018) apresentam as fases do BPM como um ciclo de vida de melhoria contínua dos processos de negócio, que funcionam conforme demonstrado na Figura 2.

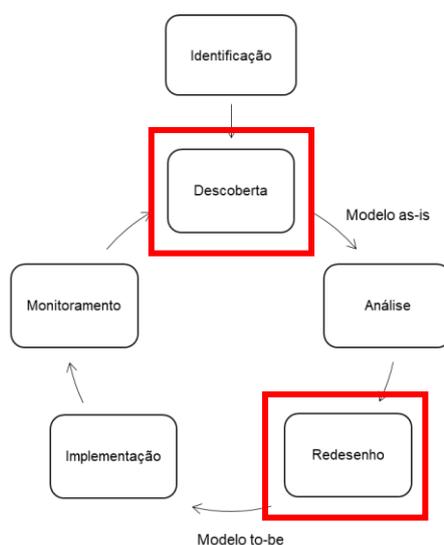


Figura 2 – Ciclo de vida do BPM  
Fonte: adaptado de Dumas *et al.* (2018)

As fases destacadas (descoberta e redesenho) são aquelas em que se fazem necessárias as técnicas de modelagem dos processos. Os modelos chamados *as-is* são os modelos que representam o estado atual do processo de negócio, enquanto os modelos que representam o estado desejado do processo após o redesenho são chamados de *to-be*.

A seção 2.3 abordou a modelagem com mais detalhes, porém é importante ressaltar que os modelos podem ser utilizados pelas organizações ainda que o ciclo do BPM não seja aplicado completamente. Dumas *et al.* (2018) apontam dois bons motivos para modelar os processos: compreensão e compartilhamento do conhecimento do processo e identificação e prevenção de problemas. Os modelos de processos, segundo Weske (2007), são os principais artefatos para a melhoria dos processos de negócio, seja por meio de normas internas da organização ou por meio da utilização de softwares.

## **2.2 O uso de modelos de processo na Gestão Pública**

Cada vez mais os governos têm sido cobrados por mais eficiência e transparência na prestação de seus serviços, de forma que administração pública tem se preocupado com a melhoria de seus processos visando aprimorar seu desempenho e oferecer serviços com mais qualidade.

A Nova Gestão Pública foi um movimento que defendeu a adoção de práticas do setor privado no setor público, com foco maior na eficiência e eficácia, no cliente/cidadão e na substituição da estrutura hierárquica e centralizada (Brandi, 2013).

A Gestão de Processos pode se configurar uma importante ferramenta para melhoria dos serviços prestados ao cidadão, tanto para questões gerenciais ou relacionadas à tecnologia. De acordo com Kregel, Distel e Coners (2021), a transformação digital é um dos principais desafios da administração pública atual.

Rinaldi, Montanari e Bottani (2015) afirmam que a melhoria dos processos de negócio do setor público pode ser uma forma de otimizar a alocação de recursos e

obtenção de receita para os governos. O aperfeiçoamento dos processos internos também é importante para aumentar a capacidade de resposta diante da cobrança da sociedade (Fayer, 2013).

A Gestão de Processos pode ser um apoio à administração pública brasileira, em conjunto com os programas de qualidade no governo federal (Santiago, 2015). No Brasil, a aplicação de soluções tecnológicas para a simplificação dos processos e procedimentos está prevista na Lei 13.460/2017, que prevê como diretriz:

aplicação de soluções tecnológicas que visem a simplificar processos e procedimentos de atendimento ao usuário e a propiciar melhores condições para o compartilhamento das informações (Brasil, 2017, art. 5º, inc. XIII).

A estrutura burocrática do serviço público dificulta a orientação dos processos para a satisfação do cliente, ou seja, do cidadão. Um ambiente rígido e burocrático pode não ser compatível com a adoção das práticas de Gestão de Processos (Gulledge; Sommer, 2002), entretanto um dos aspectos mais comuns da administração pública é justamente a departamentalização e a burocracia excessiva, com forte apego às normas.

Ainda assim, é possível observar a adoção dessa abordagem dentro da administração pública brasileira. Um exemplo de iniciativas de Gestão de Processos da administração pública brasileira são as publicações de manuais de Gestão de Processos por órgãos públicos, dentre os quais pode-se citar o Ministério Público Federal, a Universidade Federal do Paraná, o Instituto Federal do Sergipe e a Procuradoria Geral do Estado da Bahia.

Os trabalhos a respeito da Gestão de Processos e uso de modelos na gestão pública podem ser encontrados na literatura com diferentes propósitos: aplicação do ciclo de vida do BPM, documentação de processos, comparação de processos com outros órgãos, proposição de melhorias, apoio à gestão de riscos, apoio a iniciativas de Governança, implantação de serviços de Tecnologia da Informação, melhoria da qualidade dos serviços, entre outros.

Uma revisão de literatura realizada por Souza e Leal (2022) a respeito da utilização da notação BPMN no setor público brasileiro observou que os principais objetivos dos estudos analisados foram a análise e melhoria dos processos e o uso integrado de técnicas de modelagem com outras ferramentas como SIPOC, 5W2H,

Teoria da Utilidade, Simulação e Notação e Modelo de Decisão (*Decision Model and Notation - DMN*), entre outras. Os autores também destacaram que 75% dos trabalhos se referiam à órgãos federais ligados à educação.

O trabalho de Paula (2008) analisou a viabilidade do gerenciamento por processos em instituições públicas de ensino superior, concluindo que a prática contribui para a melhoria dos resultados e do aproveitamento dos recursos humanos, pois possibilita a redução dos tempos de ciclo dos processos e aprimora o fluxo de informações entre as áreas. A autora também esclarece que não encontrou indícios de que a prática da iniciativa privada não seja aplicada ao setor público.

Mückenberger *et al.* (2013) aplicaram o BPM em um processo de realização de convênios bilaterais internacionais de uma escola de negócios de uma instituição de ensino superior do Brasil. Já Santiago (2015) utilizou uma ferramenta do Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização (GESPÚBLICA) como base para a criação de um plano de aperfeiçoamento de processos de uma instituição pública, cujo resultado foi o mapeamento dos processos com a indicação de possíveis melhorias.

Bonilha (2016) empregou a modelagem para contribuir com a melhoria e padronização do exame de prestação de contas ligado à educação, e salienta que a visão de processos precisa ser incorporada à cultura da organização. Gissoni (2016) aplicou a modelagem de processos no setor de transportes de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, e como resultado obteve a redução do número de atividades, processos mais enxutos, possibilidade de redução de custos e ganho de eficiência.

A pesquisa de Rocha (2018) teve por objetivo comparar os processos de uma Instituição Federal de Ensino Superior com outros processos de instituições semelhantes. O trabalho de Paines (2018) visou, além da modelagem do processo, o levantamento de custos visando a otimização dos recursos.

Almeida (2019) analisou as contribuições da modelagem com BPMN à Gestão de Riscos. Já no trabalho de Alves (2020) a modelagem e o BPMN fazem parte da elaboração de um plano de ação visando o alinhamento estratégico e o desenvolvimento de competências e de um sistema de indicadores em bibliotecas, enquanto Silva (2021) utilizou a modelagem em BPMN em conjunto com outras técnicas a fim de identificar falhas nos processos.

Podem ser observados como benefícios advindos da utilização da modelagem no setor público: melhorias na organização, apoio à tomada de decisão, melhor entendimento dos processos, proposição de melhorias nos processos e otimização dos processos (Souza; Leal, 2022). Assim, pode-se concluir que apesar dos obstáculos para a implantação da Gestão de Processos na administração pública, a modelagem de processos tem sido amplamente utilizada nas instituições públicas brasileiras e contribuído para a melhoria dos serviços prestados.

### **2.3 A modelagem de processos**

É possível dividir os modelos em três categorias: diagramático, matemático e de simulação. Os autores Chwif e Medina (2015) sugerem que um modelo diagramático (também chamado de simbólico ou icônico) é composto por símbolos gráficos que representam um sistema de maneira estática (como por exemplo fluxogramas, BPMN, DMN, redes Petri etc.), sem se considerar o seu comportamento no tempo. Já os modelos matemáticos podem ser identificados como um conjunto de fórmulas matemáticas, como os modelos de programação linear ou os modelos analíticos da Teoria das Filas. Por fim, um modelo de simulação é aplicável quando se deseja repetir em um computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetido às mesmas condições de contorno. Esta pesquisa parte do princípio de que cada categoria de modelo apresenta suas vantagens e desvantagens, sendo seu uso indicado de acordo com as expectativas do modelador. No presente caso, o foco será mantido nos modelos diagramáticos.

De acordo com Dumas *et al.* (2018), um modelo é caracterizado por três propriedades: mapeamento, abstração e propósito. Na modelagem diagramática, a partir do mapeamento da situação real de um processo em uma organização, abstrai-se apenas as informações mais relevantes para serem documentadas nos modelos. Os critérios de decisão para a abstração das informações dependem do propósito da modelagem, que deve levar em conta, entre outras coisas, o público a quem o modelo se destina.

Os autores ainda apresentam dois propósitos principais para a modelagem de processos: desenho organizacional e sistemas de informação. Os modelos voltados para o desenho organizacional são usados para melhorar o entendimento e comunicação entre os envolvidos no processo, por isso geralmente não são registrados elementos relacionados a tecnologia da informação. Os modelos voltados para sistemas de informação podem ser utilizados, por exemplo, na implantação de softwares.

A modelagem de processos pode ser executada com o intuito de melhorar a eficiência e a qualidade do processo quanto ser uma ferramenta importante para visualizar e raciocinar sobre as práticas de trabalho (Chinosi; Trombetta, 2012; Corradini *et al.*, 2018a). Campos (2014) cita alguns exemplos de contribuições da modelagem, como na resolução de problemas concretos (ineficiência de um processo, redução de lucros, entre outros), no aproveitamento de uma oportunidade (oferta de um novo serviço, ampliação de lucros etc.), ou simplesmente para ampliar o conhecimento sobre os processos.

Campos (2014) também exemplifica três situações em que a modelagem pode ser realizada: modelagem de um processo existente que ainda não tem um modelo (*as-is*), modelagem de uma nova versão de um processo já modelado anteriormente (*to-be*) ou modelagem de um processo que ainda não existe (para criação de um novo produto ou serviço, por exemplo).

Na modelagem *as-is* as informações sobre o processo são transpostas para diagramas que facilitam a leitura e o entendimento dos processos. Em seguida, pode-se realizar a análise dos processos e dos possíveis problemas com o objetivo de encontrar soluções para a melhoria do processo. A partir desse modelo é possível redesenhar o processo, por meio da criação do modelo *to-be*, que inclui as ações necessárias para resolução dos problemas identificados (Dumas *et al.*, 2018).

De acordo com os autores, a atividade de modelagem envolve quatro tarefas: definição da equipe, coleta de informações, condução da modelagem e garantia da qualidade. A sequência das atividades está representada na Figura 3.

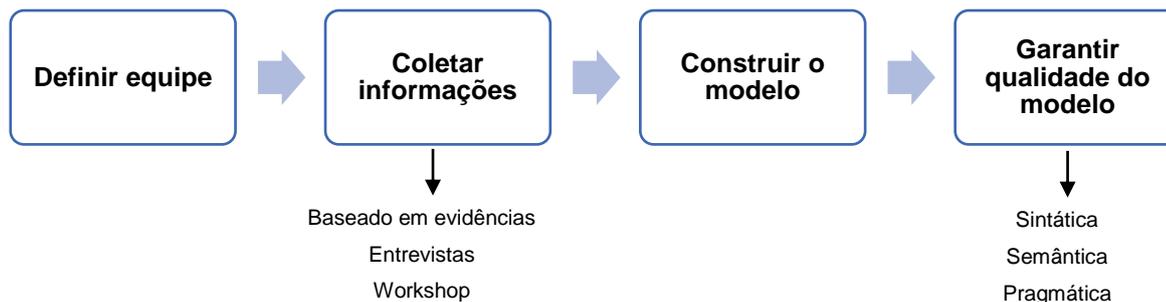


Figura 3 – Tarefas relacionadas à Descoberta do processo  
 Fonte: adaptado de Dumas *et al.* (2018)

Em relação à **definição da equipe**, os autores destacam que dois papéis são fundamentais: do analista de processo e do especialista de domínio. Um ou mais analistas podem estar envolvidos na atividade; estes devem ter conhecimento sobre alguma linguagem de modelagem (exemplo, BPMN) e são os responsáveis por coletar as informações sobre o processo. No entanto, não é necessário que sejam conhecedores a fundo do processo a ser modelado. Já os especialistas são aqueles que tem o conhecimento prático de como o processo funciona, porém não tem familiaridade com a modelagem de processos. A quantidade de analistas e especialistas dependerá da complexidade do processo.

Os métodos de **coleta de informações** podem ser classificados, de acordo com Dumas *et al.* (2018), em três grupos: baseados em evidência (por meio de observação, análise de documentos e/ou descoberta automatizada), entrevistas e realização de workshops. A observação consiste no acompanhamento direto da execução do processo pelo modelador para compreender como realmente funciona. Já a análise de documentos envolve documentos como a descrição textual do processo, manuais, políticas internas, formulários, sistemas, instruções de trabalho, entre outros. A descoberta automatizada utiliza dados da execução dos processos registrados nos sistemas da organização para descobrir automaticamente um processo.

Por sua vez, as entrevistas devem ser realizadas com todos os especialistas no domínio definidos anteriormente, podendo ser conduzidas de forma estruturada ou livre. Esse tipo de coleta de dados requer a *Validação*, ou seja, a apresentação do modelo aos especialistas após sua construção para garantir que ele reflita corretamente a visão deles sobre o processo. A Figura 4 representa um esquema do

método de entrevistas, que pode ser realizado de forma cíclica. Geralmente, a realização de dois ciclos é suficiente para garantir a validação do modelo, porém processos mais complexos podem requerer a realização de mais ciclos (Dumas *et al.*, 2018).

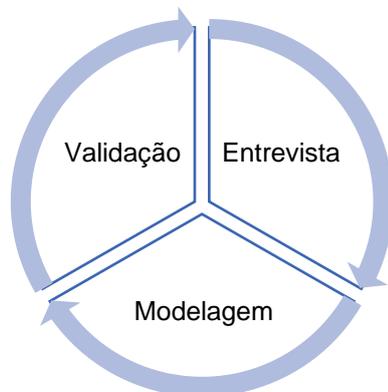


Figura 4 – Fases do método de entrevistas  
Fonte: adaptado de Dumas *et al.* (2018)

Por fim, a realização de workshops tem a vantagem de agilizar a coleta de dados em relação às entrevistas, uma vez que envolve vários participantes ao mesmo tempo, porém pode ser mais difícil de conduzir pelo volume de pessoas e informações reunidas simultaneamente.

O Quadro 1 apresenta os pontos fortes e fracos de cada método de coleta de informações:

Quadro 1 – Pontos fortes e fracos dos métodos de descoberta de processos

| Aspecto                | Baseado em evidências | Entrevistas | Workshops  |
|------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| Objetividade           | Alto                  | Médio-alto  | Médio-alto |
| Riqueza de informações | Médio                 | Alto        | Alto       |
| Consumo de tempo       | Baixo-médio           | Médio       | Médio      |
| Rapidez de feedback    | Baixo                 | Alto        | Alto       |

Fonte: adaptado de Dumas *et al.* (2018)

Para a **construção dos modelos** utiliza-se algum tipo de linguagem que envolve quatro aspectos principais: vocabulário, sintaxe, semântica e notação. O vocabulário é o conjunto de elementos da modelagem (por exemplo: atividades, eventos, *gateways* e fluxo de sequência); a sintaxe refere-se ao conjunto de regras que determinam como esses elementos podem ser combinados (por exemplo, eventos de início só podem ter um fluxo de saída enquanto eventos de fim só podem ter um fluxo de entrada); a semântica dá significado preciso aos elementos e ao modelo (exemplo: atividade é algo executado durante o processo); e a notação

consiste em um conjunto de símbolos gráficos para a visualização dos elementos do modelo (Dumas *et al.*, 2018).

A respeito das notações, é possível destacar algumas que são mais utilizadas, como a Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language* - UML), a Cadeia de Processos Orientados a Eventos (*Event-driven Process Chain* - EPC) e o Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*) (Dumas *et al.*, 2018; Weske, 2007). Contudo, a BPMN tem sido a notação predominante para a modelagem de processos devido a sua versatilidade em representar os modelos para diferentes fins (Combi; Oliboni; Zerbato, 2019; Dumas *et al.*, 2018).

A BPMN é uma notação desenvolvida pela Iniciativa de Gestão de Processos de Negócio (*Business Process Management Initiative* - BPMI) e incorporada e mantida pelo Grupo de Gestão de Objetos (*Object Management Group* - OMG). A notação apresenta como aspectos positivos as definições abrangentes, intuitivas e fáceis de trabalhar. Outra de suas vantagens é ser uma notação de padrão aberto, de forma que não é necessário pagar nada pelo seu uso. Além disso, sua padronização formal possibilita que os modelos criados em determinado software ou aplicativo possam ser exportados e abertos por outro sem perda de informações (Sordi, 2014).

Em relação à **garantia da qualidade** dos modelos, Dumas *et al.* (2018) apresentam três aspectos que devem ser considerados: sintático, semântico e pragmático. A qualidade sintática refere-se à conformidade do modelo com as regras sintáticas (como os elementos podem ser combinados) da notação adotada. O procedimento que visa assegurar que o modelo está sintaticamente correto é chamado de *Verificação*. Já a qualidade semântica diz respeito à conformidade do modelo com o processo do mundo real. Diferentemente da qualidade sintática, não há regras para avaliação da qualidade semântica, por isso é necessário conversar com os especialistas envolvidos na modelagem, por meio do procedimento conhecido como *Validação*. Por sua vez, a qualidade pragmática do modelo está relacionada à usabilidade do modelo, ou seja, a como o modelo será utilizado. A *Certificação* é o procedimento que visa garantir a qualidade pragmática de um modelo por meio da investigação de seu uso.

A usabilidade está relacionada com os aspectos de compreensibilidade, manutenibilidade e aprendizagem e pode ser influenciada por fatores como tamanho,

estrutura e *layout* do modelo. A compreensibilidade corresponde a quão bem um processo pode ser lido pelos usuários; a manutenibilidade diz respeito à facilidade de aplicação de mudanças no processo; e a aprendizagem está relacionada ao quanto um modelo revela como o processo funciona na realidade.

Diante do exposto, é possível considerar que o objetivo deste trabalho está principalmente relacionado à garantia da qualidade pragmática do modelo, mais especificamente ao aspecto da compreensibilidade, sem, contudo, descuidar da qualidade sintática e a qualidade semântica, que foram garantidas por meio do procedimento V&V-DM.

### 2.3.1 A notação BPMN

Apesar da notação BPMN possuir mais de cem símbolos, não é necessário a utilização de muitos para construir um bom modelo (Dumas *et al.*, 2018). Os elementos utilizados para a construção dos modelos para esta pesquisa foram apresentados no Quadro 2. Optou-se por manter alguns termos em inglês por ser a forma como são mais conhecidos. O Apêndice A apresenta os elementos da notação com mais detalhes.

Quadro 2 – Elementos da notação BPMN

| Elemento                                 | Descrição   | Notação   |
|--|---|---|
| <b>Evento</b>                            | É algo que "acontece" durante o curso de um processo e afeta o fluxo do modelo.   |  |
| <b>Atividade (tarefa ou subprocesso)</b> | Uma atividade é um termo genérico para o trabalho que a organização executa em um processo. Os tipos de atividades que fazem parte de um modelo de processo são subprocesso e tarefa.   |  |
| <b>Gateway</b>                           | Um <i>gateway</i> é usado para controlar a divergência e convergência de fluxos de sequência em um processo. Assim, determinará ramificação, bifurcação, fusão e junção de caminhos. Marcadores internos indicarão o tipo de controle de comportamento. |  |
| <b>Fluxo de sequência</b>                | Um fluxo de sequência é usado para mostrar a ordem em que as atividades serão executadas em um processo.  |  |
| <b>Fluxo de Mensagem</b>                 | Um fluxo de mensagens é usado para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes que estão preparados para enviá-las e recebê-las.  |  |

|                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| <p><b>Pool (piscina)</b></p> | <p>Uma <i>pool</i> é a representação gráfica de um participante em uma colaboração. Uma <i>pool</i> pode ter detalhes internos, na forma do processo que será executado. Ou uma <i>pool</i> pode não ter detalhes internos e ser chamada de "<i>black box</i>" (caixa preta).</p> |  |
| <p><b>Lane (raia)</b></p>    | <p>Uma <i>lane</i> é uma divisão dentro de uma <i>pool</i> e se estenderá por toda a extensão da <i>pool</i>, vertical ou horizontalmente. As <i>lanes</i> são usadas para organizar e categorizar as atividades.</p>   |  |

Fonte: OMG (2014); Thom e lochpe (2019?)

Um tipo diferente de subprocesso são os chamados subprocessos eventos (Figura 5), que são iniciados por eventos e não pelo fluxo de sequência (Campos, 2014). Esse tipo de subprocesso pode ser utilizado para representar situações que podem ocorrer em diferentes pontos do processo e que não interferem diretamente no seu fluxo, com uma exceção, por exemplo.

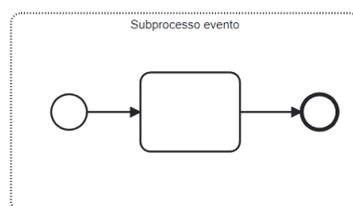


Figura 5 – Subprocesso evento na notação BPMN  
Fonte: a autora

As exceções ou caminhos de exceção, por sua vez, são situações não previstas ou que fogem do caminho esperado para o processo. São cada vez mais comuns devido ao aumento da complexidade das organizações e, por esse motivo, torna-se muito importante conhecê-las e gerenciá-las (Dumas *et al.*, 2018).

Como mencionado, uma *pool* é um retângulo que representa o processo em si e em seu interior as *lanes* são usadas para representar um departamento, unidade, equipe ou sistema da organização (Campos, 2014; Dumas *et al.*, 2018). Dentro delas podem ser inseridos atividades, eventos, *gateways*, fluxos etc. Preferencialmente devem ser modeladas na horizontal (Dumas *et al.*, 2018), conforme demonstra a Figura 6.

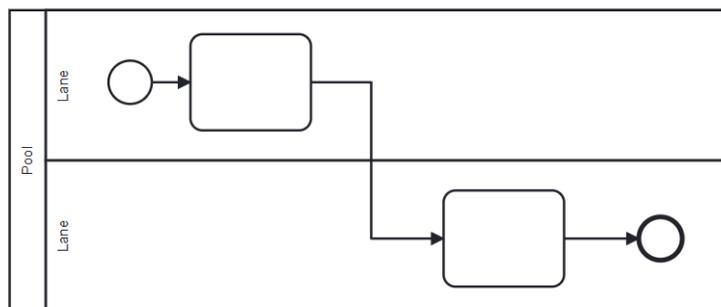


Figura 6 - Utilização de *pool* e *lanes* na notação BPMN  
Fonte: Bitencourt, 2021

Quando existe mais de um ator externo no processo, é possível modelá-los utilizando mais de uma *pool*. O fluxo entre as *pools*, quando houver, deve ser representado por fluxo de mensagens (Dumas *et al.*, 2018), conforme demonstra a Figura 7. Não é permitido o uso de fluxo de sequência entre *pools*.

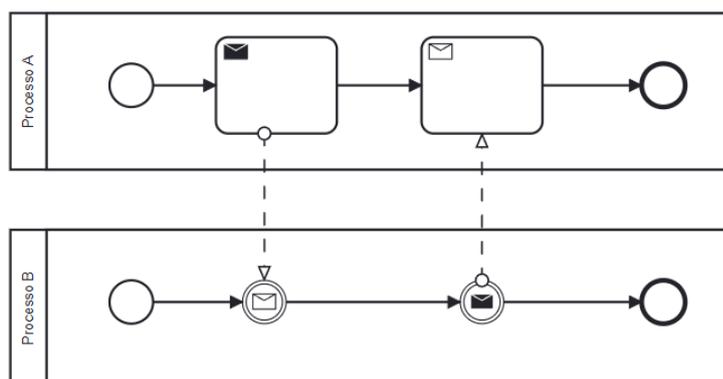


Figura 7 – Representação do fluxo de mensagens na notação BPMN  
Fonte: Bitencourt, 2021

Também é possível utilizar as chamadas *pools black box* para representar a colaboração entre diversos atores do processo (Dumas *et al.*, 2018), quando as informações do processo dos atores externos não são relevantes para o propósito da modelagem. A Figura demonstra a utilização de uma *pool black box* e o fluxo de mensagem.

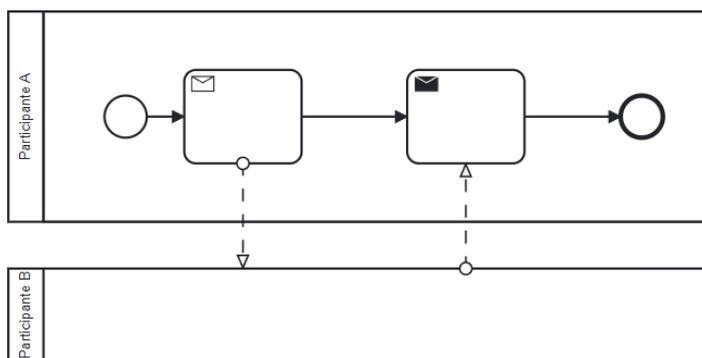


Figura 8 – Utilização de *pool black box* na notação BPMN  
Fonte: a autora

A Figura 9 apresenta um exemplo de um modelo em BPMN, referente a um processo de Análise da Solicitação de Regime Domiciliar de Estudos em uma instituição de ensino.

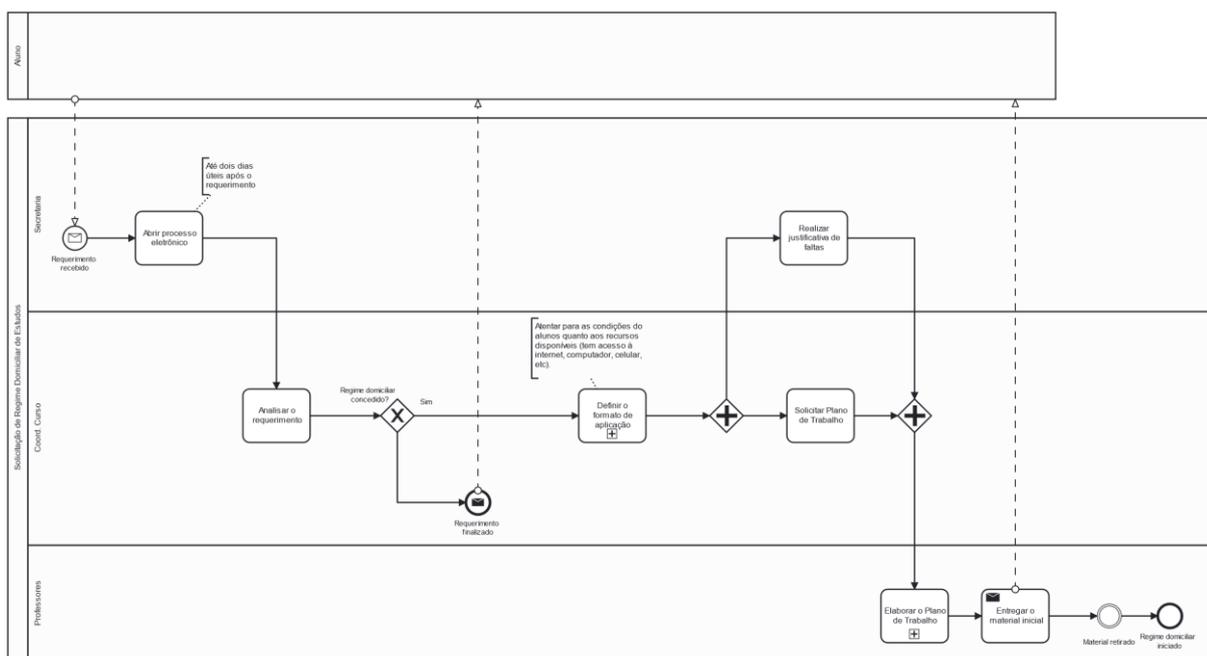


Figura 9 – Exemplo de um modelo de processo em BPMN  
Fonte: a autora.

O processo inicia com o recebimento do requerimento de regime domiciliar enviado pelo aluno (representado por uma *pool black box*) e recebido pelo participante do processo Secretaria (evento inicial de captura de mensagem), que deve abrir um processo eletrônico e encaminhá-lo em até dois dias úteis para análise da Coordenação de Curso. A Coordenação de Curso delibera sobre a concessão do

regime domiciliar: caso seja concedido, a Coordenação deve definir o formato da aplicação do regime domiciliar (considerando os recursos que o aluno dispõe). Na sequência, duas atividades são realizadas em paralelo: a Secretaria deve justificar as faltas do aluno e a Coordenação de Curso deve solicitar o plano de trabalho aos professores, que devem elaborá-lo e entregar ao aluno. A atividade “Elaborar o plano de trabalho” é um subprocesso colapsado, pois envolve outras tarefas que não foram detalhadas no modelo. A atividade “Entregar o material inicial” dispara uma mensagem para o aluno comunicando sobre essa entrega. Após a entrega do material, o processo é considerado finalizado com o início do regime domiciliar. Caso a coordenação de curso não conceda o regime domiciliar, o processo é finalizado e uma mensagem é disparada para o aluno sobre o resultado.

### *2.3.2 Compreensibilidade dos modelos de processo*

Como visto, a compreensibilidade é um dos fatores relacionados à qualidade pragmática dos modelos. Para Mendling, Reijers e Aalst (2010), a usabilidade, ou seja, a capacidade dos modelos de servirem ao propósito, tem forte relação com quão fáceis de compreender eles são.

Alguns fatores de influência para a compreensão de modelos são o meio de apresentação, a notação, as características do modelo, o perfil dos usuários, dentre outros. A apresentação visual pode ter um impacto significativo na compreensão do modelo, principalmente para as pessoas sem experiência no assunto (Figl, 2017).

O trabalho de Dani, Freitas e Thom (2019) apresenta alguns recursos utilizados pelos modeladores para garantir a compreensibilidade dos modelos, como a utilização de cores para destacar elementos, o acréscimo de elementos não previstos na notação, a utilização de filtros para diferentes visualizações, a representação de modelos em 3D e ferramentas interativas. Já quanto à notação, sua utilização aparentemente é melhor em termos de compreensibilidade do que a utilização de descrições textuais (Figl, 2017).

Em relação ao perfil do usuário, grupos diferentes podem ter percepções diferentes sobre os modelos, o que pode impactar na compreensibilidade. Modeladores mais experientes, por exemplo, tendem a apresentar menos dificuldade na compreensão dos modelos (Dikici; Turetken; Demirors, 2018; Figl; Laue, 2015; Sánchez-González *et al.*, 2017).

Leopold, Mendling e Günther (2016) destacam a ocorrência de muitos problemas em modelos analisados da indústria (fluxo de mensagens, inconsistência entre processos e subprocessos, sobreposição de elementos, tamanho excessivo e ambiguidade) e sugerem a utilização de ferramentas que ofereçam suporte para a verificação da qualidade dos modelos para minimizar os erros. Os autores chamam a atenção para o fato de que muitos modeladores tentam incluir todos os elementos em um modelo, aumentando assim a complexidade de forma desnecessária.

Dikici, Turetken e Demirors (2018) concluem que são poucos os trabalhos com evidências empíricas sólidas e que o conhecimento sobre a compreensibilidade ainda é limitado e Avila *et al.* (2021) ressaltam que são necessários mais estudos sobre os aspectos que influenciam a compreensão dos modelos.

As diretrizes de modelagem são ferramentas importantes para a garantia da compreensibilidade dos modelos, promovendo a consistência e padronização e facilitando o acesso de pessoas não especializadas em modelos (Dumas *et al.*, 2018). Como exemplo é possível citar as Sete Diretrizes de Modelagem de Processos (*Seven Process Modeling Guidelines - 7PMG*), que é um dos trabalhos mais referenciados sobre diretrizes de modelagem.

As 7PMG são um grupo de recomendações baseadas em pesquisa empírica, que representam propriedades desejáveis para modelos mais compreensíveis (Mendling; Reijers; Aalst, 2010). As recomendações dos autores são:

- a) G1: usar o mínimo de elementos possíveis no modelo;
- b) G2: minimizar o número de caminhos de roteamento por elemento (arcos de entrada e saída);
- c) G3: usar um evento inicial e um final;
- d) G4: construir modelos o mais estruturados possível;
- e) G5: evitar os *gateways* inclusivos (OU inclusivo);
- f) G6: rotular atividades utilizando verbo + objeto;

g) G7: decompor modelos com mais de 50 elementos.

Além das 7PMG, é possível encontrar na literatura muitas outras diretrizes de modelagem. Corradini *et al.* (2018a) compilaram 50 diretrizes relacionadas à notação, rotulagem, padronização e *layout* dos modelos, enquanto Avila *et al.* (2021) encontraram 45 diretrizes espalhadas pela literatura.

Algumas dessas diretrizes podem ser mais relevantes do que outras, dependendo do objetivo da modelagem (Corradini *et al.*, 2018a). Por exemplo, evitar o uso de *gateways* OU inclusivo é citado como uma boa prática, porém nem sempre é possível atendê-la, sob pena de se ter um modelo que não representa corretamente a realidade.

Ainda, as diretrizes podem ser conflitantes entre si. Isso ocorre com a recomendação de utilizar *gateways* para divergir e unir fluxos com o intuito de deixar os modelos mais estruturados, o que pode levar ao aumento do número de elementos em um modelo, conflitando com a diretriz de usar o mínimo de elementos possível (Corradini *et al.*, 2018a; Mendling; Reijers; Aalst, 2010).

Trabalhos como o de Mendling *et al.* (2012) e de Kahloun e Ghannouchi (2018), além do já citado trabalho de Corradini *et al.* (2018a), investigaram a utilização de métricas para avaliar a compreensibilidade dos modelos, com base nas diretrizes já definidas na literatura. A partir dessas métricas, diversos trabalhos apresentam a utilização de ferramentas para analisar os modelos em relação à compreensibilidade. É o caso da ferramenta BEBOP, proposta por Corradini *et al.* (2018a), que visa avaliar quais diretrizes são violadas por um modelo, e a ferramenta Melhoria do Modelo com Base em Atividades de Medição (*Model Improvement Based on Measurement Activities* – BPMIMA, tradução nossa) apresentada por Sánchez-Gonzalez *et al.* (2017), que envolve a utilização de indicadores para mensurar a qualidade dos modelos.

Avila *et al.* (2021) ainda observam que o foco da maioria das pesquisas está no que deve ser melhorado, mas poucas definem como aplicar as diretrizes nos modelos para melhorá-los. Oca e Snoeck (2014) apresentam uma série de recomendações práticas para a modelagem, com o objetivo de construir modelos mais

compreensíveis. Uma dessas recomendações é limitar o número de elementos de um processo a 31, o que é mais restritivo do que a recomendação encontrada nas 7PMG.

Devido a essas questões, cabe ao modelador analisar as diretrizes aplicáveis e decidir a melhor forma de representar os processos de acordo com os objetivos da modelagem (Corradini *et al.*, 2018a). Dessa forma, é possível concluir que a variedade de diretrizes e soluções para melhorar a compreensibilidade do modelo pode dificultar as escolhas do modelador sobre o melhor caminho a seguir.

### 2.3.3 A ferramenta BEBOP

A verificação manual das diretrizes pode ser morosa e propensa a erros. De acordo com Corradini *et al.* (2018a) as soluções tecnológicas mais utilizadas para apoiar a verificação de aspectos de qualidade dos modelos são Signavio, Camunda, MagicDraw e Bizagi.

De acordo com Snoeck *et al.* (2015), a Signavio Process Editor é a ferramenta que verifica o maior número de diretrizes durante a modelagem, quando comparada com outras ferramentas similares disponíveis no mercado. A ferramenta atende 57,14% das 27 diretrizes propostas em Oca e Snoeck (2014), seguida da ferramenta Bizagi Process Modeller (50%) e ARIS Express (30%). Outras ferramentas (Camunda Modeller, Visual Paradigm e Bonita) atendiam menos de 30% das diretrizes.

Outra comparação, feita por Corradini *et al.* (2018a), demonstrou que a ferramenta Signavio atendia a 44% de um conjunto de 50 diretrizes, enquanto a ferramenta Magic Draw atendia a 16%, Bizagi a 14% e Camunda a 10%.

Em vista disso, os autores desenvolveram uma ferramenta que pode ser acessada por meio de um navegador Web (como *Google Chrome* ou *Internet Explorer*, por exemplo) e pode ser integrada em várias arquiteturas e estendido à comunidade de modeladores com novas diretrizes, denominada BEBOP. Esta ferramenta verifica 68% das 50 diretrizes investigadas (34 na época do artigo). Atualmente a ferramenta verifica 40 das 50 diretrizes elencadas.

Outras ferramentas semelhantes foram citadas por Sánchez-Gonzalez *et al.* (2017), Kahloun e Ghannouchi (2018) e Yahya, Boukadi e Ben-Abdallah (2019), porém a única encontrada disponível para utilização foi a BEBOP, que pode ser acessada pelo endereço <http://pros.unicam.it:8080/BEBOP-WebUserInterfaces/contentform.jsf>.

Considerando a gratuidade da ferramenta BEBOP, sua facilidade de acesso, o fato de ter uma versão atualizada disponível, sua intuitividade na utilização e o número de diretrizes verificadas (acima da quantidade verificada por outras ferramentas), essa foi a ferramenta adotada para a verificação dos modelos desta pesquisa. Sua utilização permite que o modelador construa seus modelos utilizando outras ferramentas gratuitas disponíveis na internet e verifique a compreensibilidade do modelo utilizando o BEBOP.

A ferramenta se baseia em uma lista de 50 diretrizes compiladas pelos autores e que foram traduzidas e apresentadas no Quadro 3. No Apêndice B as diretrizes foram incluídas as descrições das diretrizes.

Quadro 3 – 50 Diretrizes para modelagem de processos compreensíveis

|    | Nome   |
|----|--|
| 1  | Validar modelos  |
| 2  | Minimizar o tamanho do modelo                              |
| 3  | Aplicar estrutura hierárquica com subprocessos             |
| 4  | Criar modelos simétricos                                   |
| 5  | Destacar o “ <i>sunny day</i> ” ou “caminho feliz”         |
| 6  | Minimizar a simultaneidade                                 |
| 7  | Modelar <i>loops</i> por meio de atividades de <i>loop</i> |
| 8  | Incluir descrições de atividades                           |
| 9  | Minimizar a heterogeneidade dos tipos de <i>gateway</i>    |
| 10 | Use <i>pools</i> de forma consistente                      |
| 11 | Use as <i>lanes</i> de forma consistente                   |
| 12 | Use eventos de início e fim explicitamente                 |
| 13 | Use eventos de início de forma consistente                 |
| 14 | Use eventos finais de forma consistente                    |
| 15 | Restringir o uso dos eventos terminais                     |
| 16 | Use <i>gateways</i> explícitos                             |
| 17 | Marcar <i>gateways</i> exclusivos com “X”                  |
| 18 | Dividir e juntar fluxos de forma consistente               |
| 19 | Balancear o uso de <i>gateways</i>                         |
| 20 | Use <i>gateways</i> significativos                         |

|    |   |
|----|---|
| 21 | Minimizar o uso de <i>gateway</i> OU inclusivo          |
| 22 | Usar fluxos padrão                                      |
| 23 | Usar mensagens de forma consistente                     |
| 24 | Usar fluxos de mensagens                                |
| 25 | Use tipos de tarefas de forma consistente               |
| 26 | Documentar pequenos detalhes                            |
| 27 | Usar uma convenção de rotulagem                         |
| 28 | Rotular as <i>pools</i>                                 |
| 29 | Rotular as <i>lanes</i>                                 |
| 30 | Rotular as atividades                                   |
| 31 | Rotular eventos   |
| 32 | Rotular eventos de início e fim                         |
| 33 | Rotular eventos de mensagem                             |
| 34 | Rotular <i>gateways</i> XOR com uma frase interrogativa |
| 35 | Omitir rótulos em <i>gateways</i> AND                   |
| 36 | Não rotular <i>gateways</i> convergentes                |
| 37 | Rotular objetos de dados                                |
| 38 | Rotular final/divisão de forma sincronizada             |
| 39 | Incluir uma anotação de texto a um <i>loop</i>          |
| 40 | Reduzir número de atividades redundantes                |
| 41 | Usar subprocessos                                       |
| 42 | Usar subprocessos para definir o escopo de um evento    |
| 43 | Projetar modelos puros e consistentes                   |
| 44 | Evitar sobreposição de elementos                        |
| 45 | Usar fluxos de sequência linear                         |
| 46 | Usar fluxos de mensagens lineares                       |
| 47 | Usar uma orientação de processo consistente             |
| 48 | Organizar os fluxos dos artefatos                       |
| 49 | Associar objetos de dados consistentemente              |
| 50 | Manter um formato padrão                                |

Fonte: adaptado de Corradini *et al.* (2018a e 2018b)

A ferramenta é mantida pelo Laboratório de Processos e Serviços (*Process and Services Laboratory* – PROS Lab), um laboratório com objetivo de realizar pesquisa em ciência da computação ligado ao Departamento de Informática da Universidade de Camerino na Itália (<http://pros.unicam.it/>). Ela faz parte de um projeto cujo objetivo é garantir a compreensibilidade de modelos de processo da Administração Pública (LEARN PAD, 2014).

O BEBOP lê um arquivo .bpmn compatível com o padrão BPMN 2.0 da OMG e produz um relatório que descreve as diretrizes e destaca os elementos que as violam.

O relatório detalha as violações em forma textual e visual. A ferramenta aceita modelos em português, porém o relatório é gerado na língua inglesa. A Figura 10 mostra um exemplo do resultado da análise realizada pela ferramenta.

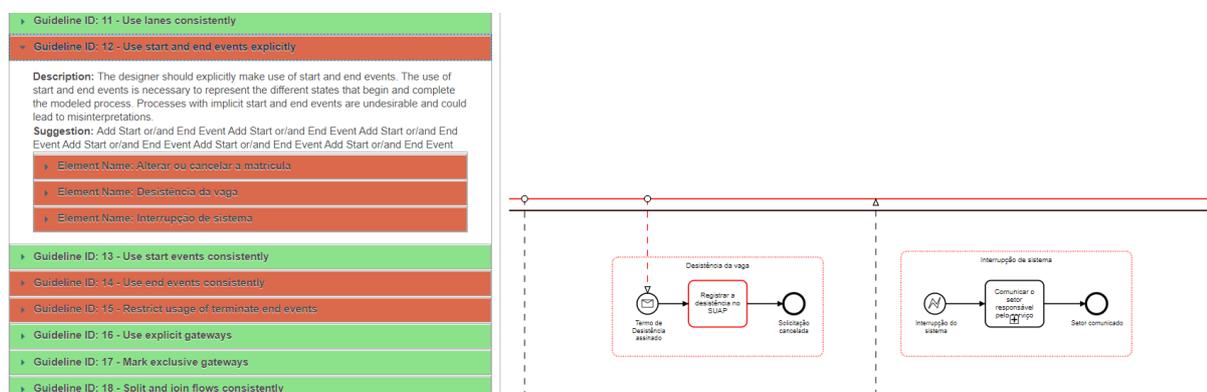


Figura 10 – Parte de um relatório gerado pela ferramenta BEBOP  
Fonte: a autora

No painel esquerdo é apresentada a lista completa das diretrizes, com destaque em vermelho para as diretrizes violadas pelo modelo e verde para as diretrizes respeitadas. Na barra superior consta o número de diretrizes respeitadas pelo modelo. No painel direito, o modelo é apresentado e os elementos com problemas são destacados em vermelho. O usuário também pode ler as recomendações relacionadas a cada diretriz e ver o indicativo de cada elemento com problema no painel direito.

Os autores orientam a utilização da ferramenta BEBOP para a melhoria da qualidade dos modelos da seguinte forma: primeiramente se deve avaliar o modelo por meio da ferramenta e identificar as violações, depois o modelo pode ser redesenhado com base na expertise do modelador, respeitando as diretrizes e o objetivo do processo. Por fim, o novo modelo pode ser reavaliado e esse ciclo pode se repetir até que o modelador considere que as possíveis violações não são relevantes.

## 2.4 Revisão integrativa da literatura

Realizou-se então uma revisão de literatura com a finalidade de identificar como a aplicação das diretrizes de modelagem influenciam a compreensibilidade dos modelos de processo e de que forma essas diretrizes estão sendo aplicadas. Dentre os tipos de revisões de literatura podemos citar as metanálises, revisões sistemáticas, revisões qualitativas e as revisões integrativas. Este último tipo se propõe a resumir a literatura passada para fornecer uma compreensão abrangente sobre um problema e podem apresentar o estado da ciência sobre o tema pesquisado. São o tipo mais amplo de revisão da literatura, podendo incluir diferentes tipos de pesquisas, tanto teóricas quanto empíricas, e diversos propósitos diferentes como: conceituar, revisar teorias, revisar evidências ou analisar questões de um determinado tópico. Daí o resultado ser um quadro abrangente a respeito do tema estudado (Whittemore; Knafl, 2005). Desta forma, a revisão possibilitou uma visão mais ampla sobre o que foi publicado sobre a compreensibilidade dos modelos de processo e forneceu subsídios para as ações tomadas para atender o objetivo da pesquisa.

As etapas da revisão seguiram o método de revisão integrativa proposto por Whittemore e Knafl (2005). A sequência de estágios adotada na revisão foi: formulação do problema, pesquisa da literatura, avaliação de dados, análise de dados e apresentação. Na etapa de formulação do problema, foi identificado que problemática está relacionada à melhoria da compreensibilidade dos modelos de processo e a dificuldade de aplicação das diretrizes de forma assertiva. A revisão buscou responder também de que forma as diretrizes de compreensibilidade podem ser aplicadas no redesenho dos modelos.

As variáveis de interesse que foram extraídas dos trabalhos selecionados foram: título, nome dos autores, ano e local de publicação, base de dados, área, objeto de estudo, teorias abordadas, metodologia, sugestões de melhoria relatadas (quando presentes), principais resultados, limitações e estudos futuros.

A pesquisa da literatura foi realizada na base de dados Scopus, Web of Science (WOS), Scielo e Science Direct, entre os meses de março e maio de 2023. As palavras chaves utilizadas foram “*modeling guidelines*” e “*business process*” no campo “título/resumo/palavras-chave”, utilizando a junção “*and*”.

Foram incluídos apenas artigos e artigos de revisão publicados em periódicos e revisados por pares. Os critérios de exclusão dos artigos foram: a pertinência do

objetivo do artigo com o objetivo da busca (ou seja, foram excluídos os trabalhos cujo objetivo não estivesse relacionado com a qualidade e compreensibilidade dos modelos de processo de negócio) e artigos que não apresentassem sugestões ou orientações práticas para o redesenho dos modelos.

A seleção se deu por meio da leitura dos títulos, posteriormente os artigos selecionados tiveram seus resumos lidos e analisados. Por fim, os trabalhos remanescentes foram lidos na íntegra para seleção final da amostra.

Na primeira etapa da busca foram encontrados 71 artigos, sendo 11 na WOS, 47 na *Science Direct*, 13 na *Scopus* e 0 na *Scielo*. Foi utilizada uma planilha do *Microsoft Excel*® para compilar os principais dados dos trabalhos encontrados: Base de dados, Título, Autores, Ano e DOI, que pode ser visualizada no Apêndice C.

Na etapa de avaliação dos dados, foram removidos 16 artigos por duplicidade e 34 após a leitura dos títulos e resumo. Por fim, após a leitura na íntegra dos trabalhos, mais 7 artigos foram removidos, restando uma amostra final de 14 artigos. Foram extraídos da amostra final informações relacionadas a: título, autores, ano de publicação, local de publicação, área, objetivo do trabalho, objeto de estudo, notação, teoria abordada, metodologia, resultados e conclusões e limitações e estudos futuros. A amostra final da revisão integrativa foi organizada em uma planilha que foi apresentada no Apêndice D. A partir dessa planilha, iniciou-se a análise dos resultados, comparando os trabalhos para traçar um panorama a respeito da compreensibilidade dos modelos.

A análise dos dados resultou na categorização dos trabalhos com base nos objetivos: revisões de literatura (4 artigos); trabalhos que apresentam/utilizam ferramenta ou estrutura para avaliação de modelos (6 artigos); trabalhos sobre métricas e limiares para verificação da compreensibilidade (1 artigo); investigações sobre fatores de compreensão (3 artigos). Os trabalhos que envolviam dois ou mais objetivos, como por exemplo Corradini *et al.* (2018a) (revisão sistemática de literatura e ferramenta) foram incluídos em apenas uma categoria.

Dentre os trabalhos selecionados que realizaram revisão de literatura, apenas um não é uma revisão sistemática, porém foi incluído pois é um dos trabalhos mais citados sobre o tema. Trata-se do artigo de Mendling *et al.* (2010), conhecido com as 7PMG. Neste artigo os autores utilizam os resultados de pesquisas anteriores para

definir um grupo de sete diretrizes norteadoras da modelagem e propõe uma ordem de prioridade entre elas, considerando a opinião de especialistas.

Oca *et al.* (2015) realizaram uma revisão sistemática de literatura com a finalidade de identificar o que havia sido publicado sobre qualidade de modelagem de processos. A pesquisa demonstrou que a maior parte dos trabalhos se concentrou na qualidade dos modelos e não do processo de modelagem. A área mais pesquisada são as diretrizes de modelagem. Apontam também para a falta de um padrão para o termo “qualidade” nos estudos sobre modelagem e para a existência de muitas questões em aberto dentro do campo.

A revisão sistemática realizada por Dikici, Turetken e Demirors (2018) investigou o estado da arte sobre a compreensibilidade de modelos de processo. Os autores relatam a falta de um padrão nos relatos dos experimentos, o que dificulta a comparação e replicação. Também foi realizada uma análise dos fatores de influência, que levou à conclusão de que os fatores do modelo de processo recebem maior atenção do que os fatores pessoais.

Avila *et al.* (2021), por sua vez, empreenderam uma revisão sistemática sobre as diretrizes de modelagem e seu suporte empírico e encontraram 45 diretrizes no total. Os autores apresentam uma análise detalhada das diretrizes e sobre o suporte empírico existente (ou não) de cada uma. Ressaltam que são necessários mais estudos sobre aspectos diferentes que influenciam a compreensão e sobre como o contexto pode afetar a compreensibilidade. Concluem que ainda existem lacunas em relação às diretrizes de modelagem.

As revisões de literatura fornecem uma visão ampla sobre como o tema tem sido abordado pelos pesquisadores ao longo do tempo. A partir dos trabalhos selecionados é possível observar que os estudos sobre compreensibilidade são bastante dispersos e que é difícil encontrar um padrão entre os termos adotados e formas de conduzir os estudos. Além disso, alguns aspectos dos modelos são tem recebido maior atenção, como por exemplo a definição de métricas e os aspectos estruturais, enquanto outros ficam em aberto. Isso mostra que ainda há muito que se estudar sobre a compreensibilidade dos modelos.

É possível dizer que os trabalhos do segundo grupo, ou seja, os trabalhos que abordaram o uso de ferramentas para avaliação de modelos, são os trabalhos

relacionados a esta pesquisa. Sánchez-Gonzalez *et al.* (2012) estudaram a definição de limites para medidas de complexidade dos *gateways*. Os autores identificaram valores limiares para medidas estruturais e apresentaram uma ferramenta denominada MT-BPMN para fornecer suporte automático para a medição. A ideia se baseia na premissa de que quanto maior o número de *gateways*, maior o número de estados mentais que devem ser considerados, o que aumenta a dificuldade da mente de analisar um modelo corretamente. O experimento apresentou como resultado algumas regras de modelagem, como, por exemplo, minimizar o número de *gateways* inclusivos (OU).

O trabalho mais relevante para esta pesquisa dentro deste grupo é de Sánchez-Gonzalez *et al.* (2017). Os autores desenvolveram uma estrutura denominada BPMIMA, com o objetivo de facilitar a melhoria dos modelos, descrevendo um conjunto de características para avaliação da qualidade dos modelos de processos, indicadores que incluem critérios de decisão e diretrizes associadas ao resultado dos indicadores. As características abordadas pela ferramenta são: compreensibilidade, modificabilidade e correção. A relevância do trabalho deve-se à semelhança com o objetivo desta pesquisa.

Os resultados sugerem que a aplicação de indicadores pode detectar modelos inadequados e sua utilização em conjunto com as diretrizes pode promover a melhoria dos modelos de processo. Um fator interessante encontrado no trabalho é a diferença de opiniões entre especialistas de Tecnologia da Informação e de domínio no estudo de caso: as mudanças realizadas nos modelos foram melhor avaliadas pelos especialistas de Tecnologia da Informação do que pelo outro grupo.

Outro trabalho bastante relevante é o de Leopold, Mendling e Günther (2016). Neste trabalho, os autores implementaram um verificador automático de diretrizes. Os resultados demonstram diversos pontos de atenção na modelagem, envolvendo estrutura, *layout* e rótulos. Conforme já mencionado, alguns destes pontos estão relacionados à inconsistência nos fluxos, erros nos fluxos de mensagem, inconsistência entre processos principais e subprocessos, sobreposição de elementos, tamanho excessivo e ambiguidade nos rótulos. Os autores encerram o artigo apresentando uma série de ações para ajudar os modeladores na construção

de modelos melhores. Uma das recomendações é a utilização de um glossário para relacionar os termos utilizados no modelo, a fim de facilitar a compreensão do modelo.

Kahloun e Ghannouchi (2018) também apresentaram uma ferramenta para avaliação da qualidade de modelos de processo. Diferentemente de outros trabalhos, os critérios de qualidade utilizados não foram extraídos da literatura, mas a partir de um questionário aplicado a especialistas de domínio. A partir destes resultados, foram selecionadas as métricas e indicadores associados a cada um dos critérios. O artigo também fornece várias recomendações para melhoria dos modelos. A estrutura envolve quatro etapas em ciclo semelhante ao ciclo de vida do BPM: modelagem, medição do modelo, avaliação do modelo e melhoria do modelo.

O trabalho de Corradini *et al.* (2018a), já citado anteriormente, fornece um conjunto de cinquenta diretrizes e um verificador automático gratuito de código aberto, chamado BEBOP. Os autores realizaram uma revisão sistemática de literatura relacionada às áreas de Sistemas de Informação, Modelagem Empresarial e Gestão de Processos de Negócio a fim de levantar as principais diretrizes de modelagem. Para cada diretriz foram atribuídas métricas e limiares para possibilitar a verificação automática. A maior parte das métricas foi extraída de artigos publicados anteriormente, outras foram elaboradas pelos autores.

A ferramenta foi testada por meio da verificação de mais de 11 mil modelos em BPMN. Os resultados demonstraram que todos os modelos violavam pelo menos uma das diretrizes e que quanto maior o modelo, maior o número de violações encontradas.

Yahya, Boukadi e Ben-Abdallah (2019) fizeram um inventário das principais abordagens para melhorar a qualidade de modelos de processo e, a partir dele, propõe uma estrutura norteadora para redesenho dos modelos. Essa estrutura se baseia em técnicas de refatoração e regras de transformação de modelos para aplicar as melhorias. As etapas propostas são: identificação das deficiências de qualidade, identificação das soluções (diretriz, técnica de refatoração ou regra de transformação), priorização das soluções (automaticamente pela ferramenta *BP-Quality*) e aplicação da melhoria (automaticamente ou manualmente). A ferramenta foi validada em um estudo de caso, que comprovou os benefícios da ferramenta. O diferencial desse trabalho é o redesenho automático dos modelos realizado pela própria ferramenta.

Em suma, os trabalhos apresentam ferramentas diferentes com o mesmo propósito. Alguns destes trabalhos enfocaram o termo “qualidade” dos modelos, enquanto outros utilizaram o termo “compreensibilidade”, porém na prática as diretrizes selecionadas são bem semelhantes. Com exceção do trabalho de Yahya, Boukadi e Ben-Abdallah (2019), os demais requerem o redesenho manual dos modelos, e, dessa forma, deixam em aberto para o modelador escolher quais diretrizes adotar. Além disso, a única ferramenta encontrada disponível na internet foi o BEBOP de Corradini *et al.* (2018a).

Apenas um dos trabalhos encontrados sobre métricas e limiares trazia contribuições práticas sobre a melhoria da compreensibilidade dos modelos. A contribuição de Mendling *et al.* (2012) se deu pela definição de valores limites para medidas relacionadas aos modelos, que foram validadas em um grande estudo de caso. Os resultados não só confirmam as 7PMG como também acrescentam informações mais específicas, como, por exemplo, o limite de 31 elementos para garantir a qualidade de um modelo. Esse acréscimo de informações foi o motivo pelo

Dentre os trabalhos que investigaram os fatores de compreensão dos modelos, o trabalho de Reijers *et al.* (2011) teve como objetivo verificar se o destaque de sintaxe em redes de fluxo de trabalho pode melhorar a compreensão dos modelos. A proposta envolvia a utilização de cores para destacar elementos da notação Rede de Petri que se relacionam entre si. O experimento demonstrou que o realce trouxe mais benefícios para os modeladores com menos experiência. Também demonstrou que a notação secundária, que são pistas visuais que não estão definidas na notação primária (com cor, força da linha etc.), tem potencial para melhorar a compreensão de modelos de processo.

Figl e Laue (2015) investigaram a influência de diferentes fluxos de controle e da interatividade de elementos na capacidade dedutiva de modeladores. Os resultados demonstram que os modeladores experientes têm menor dificuldade na interpretação dos modelos, ou seja, o conhecimento em modelagem reduziu a dificuldade cognitiva. Além disso, outra descoberta importante foi que os fluxos de controle padrão e de sequência simples são mais fáceis de compreender, seguidos de fluxos com *gateways* exclusivos e inclusivos (XOR e AND).

Kummer, Recker e Mendling (2016) analisaram a influência que a utilização de cores em modelos de processo pode exercer em grupos de culturas diferentes. O estudo envolveu indivíduos de cultura germânica e confucionista, que receberam modelos com cores mais sóbrias e mais coloridos, considerando a premissa de que a cultura confucionista está mais habituada à utilização de cores fortes. Os resultados apontam que fatores culturais podem influenciar a compreensão dos modelos, principalmente para modeladores mais inexperientes. Essa influência foi maior para indivíduos de cultura confucionista.

Os três trabalhos foram selecionados por motivos diferentes. Os trabalhos que investigaram a utilização de cores foram selecionados por melhorar a compreensão de como a notação secundária pode influenciar a compreensão dos modelos. Já o trabalho de Figl e Laue (2015) traz contribuições importantes sobre a forma como os *gateways* impactam como a compreensibilidade.

É possível observar que os trabalhos abordam o tema de formas bastante diferentes e que os resultados apontam para a falta de consenso sobre como os modelos podem ser melhorados para serem mais compreensíveis. A diversidade de diretrizes e a subjetividade na definição de quais recomendações adotar pode dificultar a definição de um padrão. Além disso, os fatores de influência na compreensibilidade dos modelos ainda não estão bem estabelecidos na literatura. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de mais pesquisas sobre o tema.

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

Este capítulo apresenta a definição dos principais aspectos metodológicos relacionados à pesquisa. Foram apresentadas a classificação da pesquisa em relação à finalidade, aos objetivos e à abordagem e elucidou-se o procedimento de pesquisa Modelagem.

O procedimento de pesquisa envolveu quatro fases em sua execução: a conceituação envolveu a coleta de dados e delimitação do problema e construiu as bases para a construção do modelo científico; a construção do modelo ocorreu por meio dos procedimentos de modelagem, utilizando a notação BPMN; a validação foi realizada seguindo o procedimento V&V-DM; por fim, fase de resolução do modelo envolveu seis etapas: avaliação do modelo, identificação das violações, redesenho, reavaliação do modelo, avaliação das melhorias e validação.

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

Em relação à finalidade, a presente pesquisa classifica-se como aplicada, uma vez que seu objetivo é analisar e propor soluções para uma situação real (processo) em um Instituto Federal. Pesquisas aplicadas são caracterizadas pelo interesse na aplicação prática dos conhecimentos teóricos em alguma realidade circunstancial (Gil, 1999).

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva e exploratória. De acordo com Gil (1999), as pesquisas descritivas têm como principal objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relação entre variáveis. Dessa forma, trata-se de uma pesquisa descritiva pois pretende descrever a análise de um modelo de processo e seu resultado.

Ainda conforme o mesmo autor, as pesquisas exploratórias buscam proporcionar uma visão geral aproximada sobre algum fato, especialmente quando

um tema ainda é pouco explorado. Considerando que não há uma única forma de trabalhar a modelagem e a compreensibilidade dos modelos de processos, essa pesquisa pode ser considerada de caráter exploratório.

As pesquisas qualitativas normalmente preveem coleta de dados a partir de interações sociais entre o pesquisador e o fenômeno estudado, analisando os resultados a partir da interpretação do pesquisador e não oferecem condições de generalização (Appolinário, 2012). Assim, uma vez que a pesquisa envolve a avaliação subjetiva da pesquisadora em relação aos resultados, a abordagem qualitativa é a mais adequada.

O procedimento adotado para a pesquisa é a Modelagem. Trata-se de um procedimento frequentemente utilizado pela área de Gestão de Operações (Bertrand; Fransoo, 2002; Miguel, 2012), sendo aplicado, por exemplo, para problemas de modelagem matemática ou de simulação.

Importante ressaltar que o procedimento de pesquisa Modelagem segue as etapas propostas por Mitroff *et al.* (1974) e é diferente da técnica de modelagem utilizada na Gestão de Processos. A modelagem como técnica será utilizada dentro do procedimento de pesquisa, na etapa de construção do modelo. Assim, para diferenciar os termos, utilizou-se o termo “Modelagem como procedimento de pesquisa” ou “procedimento de pesquisa Modelagem” para se referir aos procedimentos metodológicos seguidos para a resolução do problema da pesquisa. Enquanto o termo “modelagem” (em minúsculo) foi utilizado para se referir à técnica modelagem relacionada à Gestão de Processos.

O artigo seminal de Mitroff *et al.* (1974) é uma das primeiras contribuições para a pesquisa em Gestão de Operações (Bertrand; Fransoo, 2002). Vale ressaltar que para Mitroff *et al.* (1974), o esquema proposto (representado na Figura 11) pode ser utilizado para representar diferentes atividades científicas.

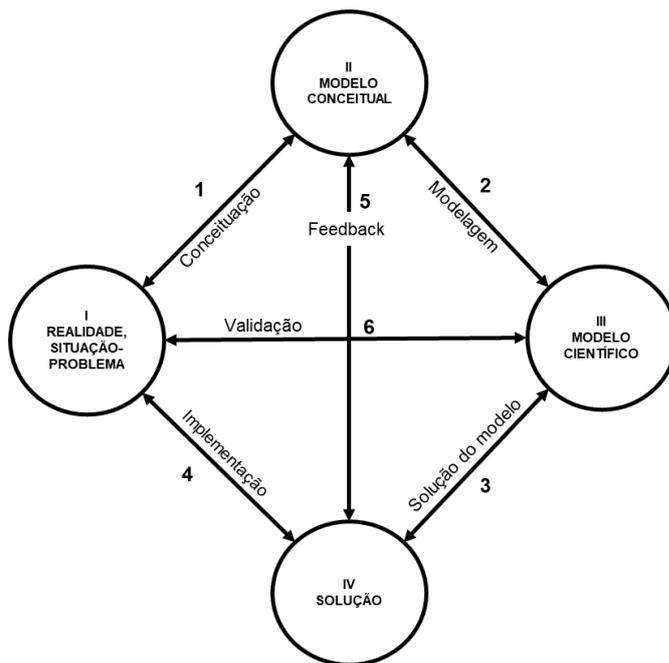


Figura 11 - Proposta de uma visão sistêmica da solução de um problema  
 Fonte: Mitroff *et al.* (1974, tradução nossa)

O esquema demonstra que partindo de uma realidade ou um problema a ser resolvido, é possível a construção do modelo conceitual. Esse modelo estabelece a definição para o problema que se pretende resolver, especificando as variáveis que devem ser tratadas. A partir de então, um modelo científico pode ser elaborado para que dele possa ser derivada uma solução. Essa solução poderá ser aplicada ao problema original, o que é denominado implementação. O ciclo de pesquisa pode começar a terminar em qualquer um dos pontos, sendo possível várias interações diferentes entre as etapas.

O resultado do procedimento de pesquisa Modelagem não é necessariamente um modelo. O procedimento utiliza a construção de modelos para resolver um problema do mundo real. Assim, o resultado do procedimento é a solução de um problema. Porém, é possível adotar sequências diferentes entre os passos, de forma que o resultado do procedimento pode ser apenas um modelo, a solução de um problema ou a implantação dessa solução. Todas estas sequências são válidas dentro do esquema proposto e devem ser aplicadas de acordo com o objetivo da pesquisa.

Como exemplo de aplicação é possível citar o trabalho de Barbosa (2021), que utilizou a Modelagem como procedimento de pesquisa para a construção de modelos de processo em BPMN e modelos de decisão em DMN, seguindo a sequência de

passos I – II – III, de forma repetida. O esquema foi também adaptado por Silva (2021) na construção de modelos diagramáticos e modelagem de decisão. Neste caso, o autor adotou a sequência I-II-III-IV, finalizando na etapa de solução do problema. Já em Miguel (2012) o esquema é adaptado para problemas relacionados à Modelagem e Simulação.

Com base no esquema original e nas suas adaptações, os procedimentos adotados nesta pesquisa foram aplicados conforme apresentado na Figura 12.

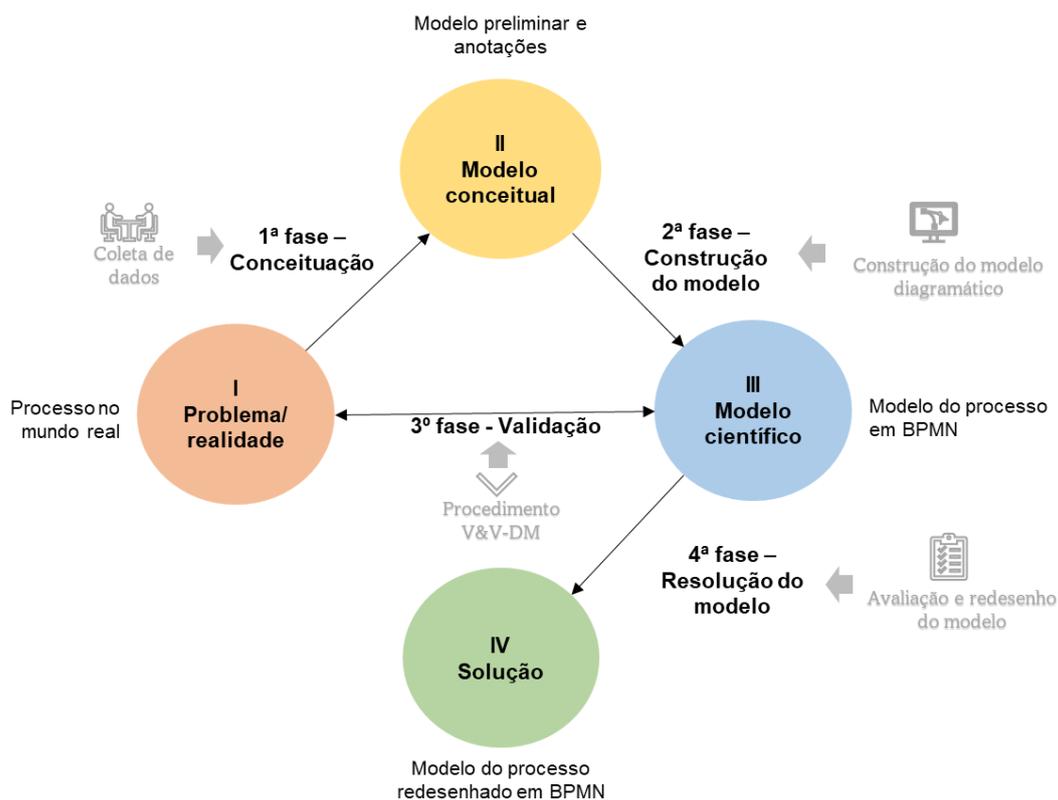


Figura 12 – Esquema de aplicação do procedimento de pesquisa Modelagem  
Fonte: a autora

A aplicação da Modelagem como procedimento de pesquisa partiu de um problema real, no caso um processo de negócio extenso que necessitava de uma representação gráfica para ampliar o conhecimento sobre ele e facilitar a comunicação entre os participantes (1ª fase). A partir da coleta de dados, construiu-se um modelo conceitual do processo (modelo preliminar) com as principais variáveis envolvidas, o que posteriormente originou um modelo científico (modelo do processo em BPMN) por meio da construção do modelo diagramático. Então, o modelo do processo foi validado

utilizando o procedimento V&V-DM. Por fim, para garantir a compreensibilidade, o modelo foi avaliado com o apoio de uma ferramenta (BEBOP) e redesenhado considerando as melhores práticas encontradas na literatura. Assim, o resultado do procedimento foi o modelo de um processo extenso, construído de acordo com as principais diretrizes de modelagem de processos, de forma a melhorar a compreensibilidade dos usuários.

### 3.2 O objeto de estudo

Formado pelas antigas Escolas Agrotécnicas Federais de Inconfidentes-MG, Machado-MG e Muzambinho-MG, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) foi criado em 2008 por meio da Lei 11.892, de 29 de dezembro de 2008, como uma instituição de educação básica, superior e profissional, especializada na oferta de educação profissional e tecnológica (Brasil, 2008). Sua missão é:

Promover a excelência na oferta da educação profissional e tecnológica em todos os níveis, formando cidadãos críticos, criativos, competentes e humanistas, articulando ensino, pesquisa e extensão e contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS, 2020a).

O IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, por sua vez, é uma instituição de ensino centenária, fundada em 1918 como Patronato Agrícola. Em 2008 passou a integrar o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS, 2018). De acordo com a Plataforma Nilo Peçanha, no ano de 2020 o campus Inconfidentes ofertou 16 cursos nas modalidades de graduação e pós-graduação lato sensu, entre presenciais e a distância, contabilizando um total de 1398 matrículas (Ministério da Educação, 2021).

O processo selecionado foi o processo de Análise da Solicitação de Matrículas para os Cursos Superiores do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, realizado de forma totalmente digital por meio da plataforma Gov.br do Governo Federal e o Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP).

A escolha se deu em função de ser um processo bastante complexo, envolvendo vários participantes, prazos e regulamentação específica, além de ser uma novidade implementada em 2021. Ainda, a utilização do gov.br faz parte de uma iniciativa governamental de transformação digital gradativa dos serviços públicos (Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos, s.d.)

São participantes do processo de matrículas: a Secretaria dos Cursos Superiores, a Comissão de Análise Socioeconômica, a Comissão de Heteroidentificação, o Núcleo de Apoio a Pessoas com Deficiência Específicas (NAPNE), a Comissão Permanente de Processo Seletivo (COPESE) e a Comissão de Processo Seletivo da Reitoria (CPS).

### **3.3 Procedimentos de pesquisa**

As quatro fases foram executadas em períodos distintos, observando a sequência apresentada na Figura 12. Apenas a etapa de Validação se repetiu após a Resolução do Modelo, a fim de garantir que os modelos redesenhados estivessem corretos sintática e semanticamente.

#### *3.3.1 Conceituação - 1ª fase*

A conceituação é a fase na qual o pesquisador constrói o modelo conceitual do problema e do sistema que está sendo estudado, especificando o escopo do problema, as variáveis e como estas serão tratadas (Bertrand; Fransoo, 2002). Essa construção envolveu a coleta de dados, a identificação dos participantes do processo e a definição dos limites do processo e do problema.

As técnicas para coleta de dados foram observação direta, entrevistas e pesquisa documental por serem consideradas as mais adequadas em relação ao objetivo do trabalho e às características do objeto de estudo.

Inicialmente, o Diretor de Ensino do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes foi contactado a respeito do projeto de pesquisa. A pesquisadora apresentou os motivos pelos quais o processo de matrículas foi escolhido, bem como os possíveis benefícios que a modelagem, como: redução do tempo de análise das solicitações, maior compreensão do processo e possibilidade de redução de falhas e proposição de melhorias. Devido à complexidade do processo e à sua relevância para a instituição, a Direção de Ensino se mostrou favorável a escolha do processo.

Assim, iniciou-se a fase de coleta de dados pela observação direta e pesquisa documental. A observação foi realizada pela pesquisadora durante as matrículas para ingresso no 1º semestre de 2022, processo ocorrido em janeiro e fevereiro de 2022. Essa observação foi possível pois a pesquisadora atuava próxima à Secretaria, na Coordenação de Registros Acadêmicos.

A pesquisa documental utilizou leis, decretos, portarias, instruções normativas e resoluções relacionadas ao processo, com o objetivo de complementar as informações levantadas pela observação direta e nas reuniões. Vale ressaltar que o campus não possui registros escritos de seus processos, utilizando apenas o conhecimento tácito dos servidores para a execução das atividades.

Os limites e os participantes do processo foram definidos a partir dessas informações e então construiu-se um modelo preliminar para servir como base para as entrevistas. As entrevistas foram tratadas como reuniões, por terem sido realizadas de forma não estruturada e com o objetivo único e exclusivo de captar informações técnicas acerca do processo analisado, sem considerar opiniões e/ou críticas sobre o processo real.

Devido a restrições sanitárias pelo aumento de casos de COVID-19, algumas reuniões foram feitas remotamente por meio de reuniões virtual (que não foram gravadas para preservar a privacidade dos participantes).

Os participantes do processo foram divididos em três grupos: Secretaria, Comissão de Análise Socioeconômica e Comissão de Heteroidentificação. Uma vez que a pesquisadora já havia observado que se tratava de um processo com alto grau de complexidade, as reuniões foram agendadas separadamente com cada grupo, por dois motivos: primeiramente para facilitar a conciliação de agenda entre os participantes e em segundo lugar para que as reuniões fossem mais ágeis e mais

detalhes pudessem ser captados. No decorrer das reuniões, foi necessário incluir mais um setor, o Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Especiais (NAPNE), que faz a análise dos candidatos a vagas destinadas a Pessoas com Deficiência (PcD).

As reuniões foram as principais fontes de informação desta fase e ocorreram entre os meses de abril e maio de 2022, conduzidas pela pesquisadora com duração aproximada de 2 horas. Inicialmente a pesquisadora apresentou o objetivo da pesquisa e explicou as fases envolvidas. Depois apresentou um modelo construído com base na observação e pesquisa documental, explicando as atividades, as *lanes* e a interação entre os participantes e passando as informações gerais sobre a notação. Cabe ressaltar que o público do objeto de estudo não tinha conhecimento sobre a notação antes desta pesquisa.

Ao passo que o modelo era apresentado, os participantes podiam fazer suas considerações, explicações e sugestões de correção no modelo, enquanto a pesquisadora esclarecia as dúvidas e inseria as informações coletadas por meio de novos elementos ou de anotações e comentários. Os acréscimos serviram de subsídio para a construção do modelo completo do processo.

A alteração do modelo durante a reunião seguiu a indicação de Pavani Júnior e Scucuglia (2011), que ressaltam que a ferramenta que mais se provou eficiente é a construção do modelo durante a realização da entrevista, utilizando recursos tecnológicos para projetar o desenho, de forma que os envolvidos possam acompanhar sua construção e sugerir modificações. Nas reuniões virtuais, o modelo foi compartilhado na tela com todos os participantes para que pudessem acompanhar as modificações. Já nas reuniões presenciais, utilizou-se um computador com tela grande para apresentar o modelo. Em grupos maiores, recomenda-se a projeção dos modelos em telas maiores.

Esta ação foi realizada com auxílio do Cawemo, um aplicativo gratuito de propriedade da Camunda Services, que pode ser acessado pelo endereço: <https://cawemo.com/>. A ferramenta permite ao modelador criar modelos em BPMN de acordo com as regras sintáticas da notação e compartilhar esses modelos com outras pessoas, que podem ler, alterar e comentar nos modelos em tempo real. O recurso de inserir comentários foi utilizado também como forma de documentar as informações coletadas nas reuniões.

O resultado desta fase foi o modelo conceitual, representado por um modelo preliminar em BPMN, com informações registradas por meio de anotações e comentários no modelo, que foram posteriormente incluídas no modelo final do processo. O modelo preliminar compreendeu a junção das informações levantadas na observação, na pesquisa documental e durante as reuniões.

Nessa primeira modelagem houve pouca preocupação com as regras sintáticas e uso correto dos elementos da notação. As informações registradas como anotações foram aquelas que geraram dúvidas sobre a melhor forma de modelar. Já os comentários correspondiam a informações relevantes que poderiam servir de norte para a construção do modelo, mas que não seriam representadas por nenhum elemento.

### 3.3.2 Construção do modelo - 2ª fase

Uma vez que o modelo conceitual está finalizado, é possível construir um modelo formal ou científico, que pode ser, por exemplo, um modelo matemático ou diagramático (Miguel, 2012; Mitroff et al., 1974). Dessa forma, o modelo conceitual, ou seja, o modelo preliminar, foi utilizado para a construção do modelo do processo. Para isso, utilizou-se a notação BPMN e novamente o aplicativo Cawemo.

A notação BPMN foi adotada pois é a notação recomendada para modelagem de processos nas organizações públicas do Brasil (Campos, 2014). Os autores Chinosi e Trombetta (2012) chegaram a afirmar que a BPMN é a melhor escolha para fins descritivos.

As anotações e informações coletadas na etapa anterior foram representadas utilizando os elementos do BPMN. A construção do modelo do processo considerou as regras sintáticas e semânticas da notação. O próprio aplicativo Cawemo auxilia o modelador na construção de modelos sintaticamente corretos, porém em diversos momentos foi necessário recorrer às referências sobre o assunto, como o livro de Dumas *et al.* (2018).

Considerando que o propósito da modelagem neste caso é a transmissão de conhecimento no nível operacional, optou-se por criar um modelo com o maior número de detalhes possíveis. Dentro da arquitetura proposta na Figura 1, trata-se do terceiro nível de decomposição (subprocessos e atividades). Assim, nesta fase se observou a necessidade de incluir subprocessos para representar partes específicas do processo sob responsabilidade de diferentes participantes, a fim de evitar a sobrecarga de informações no modelo principal.

### 3.3.3 Validação - 3ª fase

A validação dos modelos é de grande importância para a modelagem do processo, uma vez que sua execução assegura que o modelo diagramático construído condiz com a realidade (Pavani Júnior; Scucuglia, 2011).

O procedimento proposto nesta pesquisa para a verificação e validação de modelos diagramáticos foi o V&V-DM, que é um procedimento que está sendo elaborado e executado por um grupo de pesquisa do qual a pesquisadora e seu orientador fazem parte.

O V&V-DM possui 3 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 13 mostra o V&V-DM.

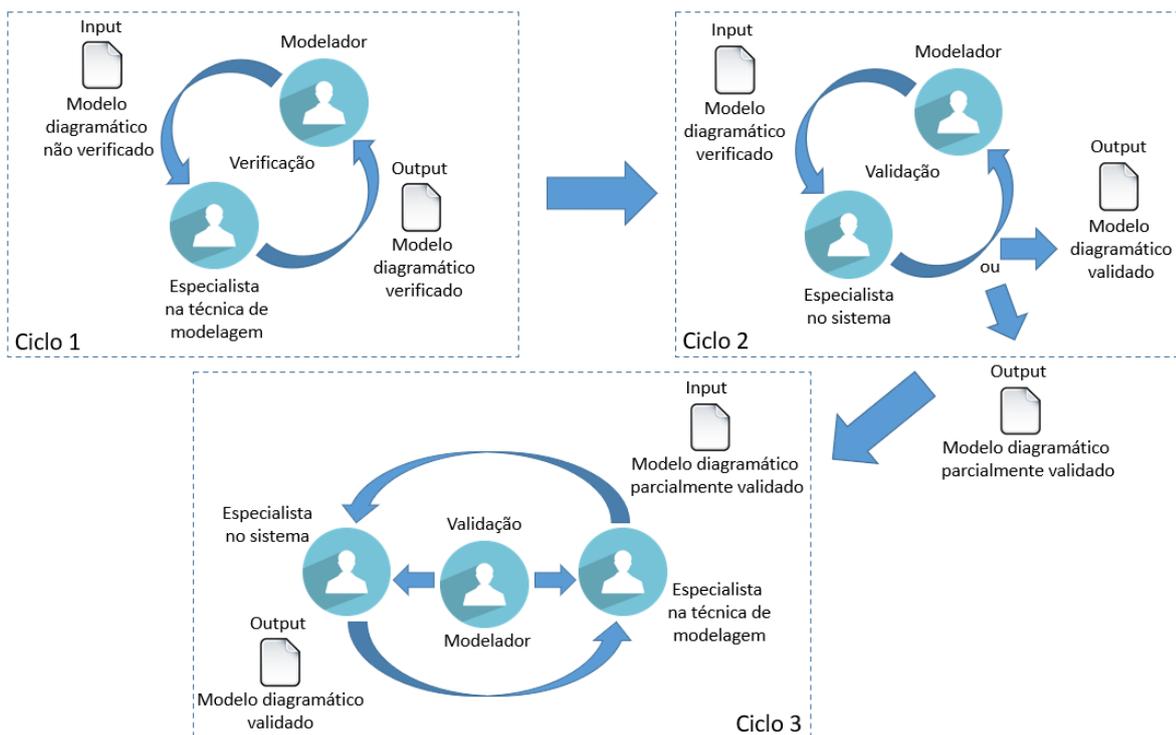


Figura 13 – Os 3 ciclos que compõem o V&V-DM  
Fonte: a autora

Este procedimento 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.

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. 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.

A seguir serão descritos cada um destes ciclos.

No Ciclo 1 ocorre a verificação, que é uma etapa normalmente utilizada em projetos de simulação, para averiguar se o modelo computacional foi desenvolvido de forma correta. No V&V-DM, 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.

Este relato ocorrerá por meio de uma entrevista (virtual ou presencial). 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 por exemplo o uso incorreto de símbolos, o posicionamento incorreto dos símbolos no fluxo sequencial, uso incorreto dos fluxos, erros de lógica (como por exemplo 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 é 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 deve se repetir até que não existam mais divergências na interpretação. O *output* deste primeiro ciclo é o modelo diagramático verificado.

O segundo ciclo (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.

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

- a) 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;
- b) 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, deve-se incluir no V&V-DM mais um ciclo, chamado de “Ciclo 3”.

O Ciclo 3 tem como principal característica a participação dos 3 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 é 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 gera o *output* “modelo diagramático validado”.

#### 3.3.4 Resolução do modelo - 4ª fase

A partir do modelo científico é possível então derivar uma solução para o problema, por meio da fase denominada Resolução do modelo (Mitroff *et al.*, 1974). A Resolução ocorreu por meio da avaliação e redesenho do modelo do processo, em um procedimento de cinco etapas realizadas de forma cíclica. Esta fase ocorreu entre os meses de abril e junho de 2023.

A Figura 14 representa as etapas da Resolução do modelo, que poderiam ser executadas inúmeras vezes até que não houvesse mais violações ou que as violações não fossem consideradas relevantes para o caso em questão. As etapas foram desenvolvidas com base nos trabalhos de Corradini *et al.* (2018), San Sánchez-González *et al.*, 2017 e Yahya, Koukadi e Ben-Abdallah (2019).

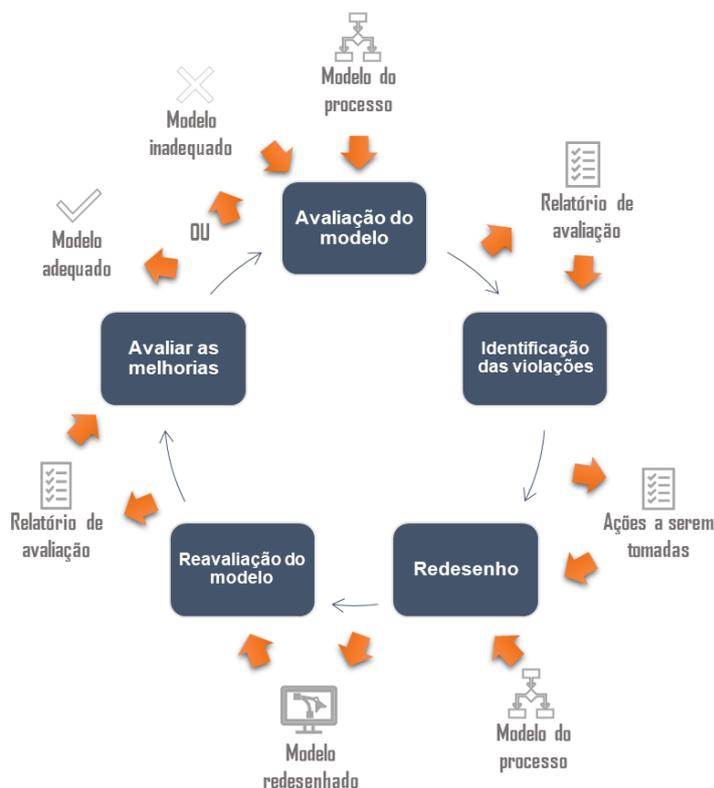


Figura 14 – Ciclo para avaliação e redesenho de modelos de processo para melhoria da compreensibilidade

Fonte: a autora

A etapa de avaliação da compreensibilidade do modelo foi apoiada pela ferramenta BEBOP. Primeiramente, foram gerados os arquivos em formato *.bpmn* dos modelos a serem analisados. Esse tipo de arquivo pode ser exportado pela própria ferramenta de modelagem, neste caso o Cawemo. A seguir, foi feito o carregamento dos arquivos na página da ferramenta (<http://pros.unicam.it:8080/BEBOP-WebUserInterfaces/contentform.jsf>) e submeteu-se os arquivos à análise. Então, a ferramenta emitiu um relatório descrevendo as diretrizes violadas e propondo sugestões para solucionar os problemas encontrados.

Com base no relatório, as violações foram relacionadas e as sugestões foram traduzidas para o português. Importante observar que as diretrizes propostas pelos autores e apontadas no relatório não são definitivas nem exaustivas. Os próprios autores recomendam que os modeladores façam os ajustes considerando o relatório gerado pelo BEBOP, mas também a experiência do modelador e os objetivos da modelagem (Corradini *et al.*, 2018a).

Assim, o relatório gerado pelo BEBOP serviu como norteador para os ajustes no modelo. Cada diretriz violada foi analisada individualmente, levando em conta as recomendações da ferramenta e os trabalhos sobre o tema. Após a análise, definiu-se as ações que seriam tomadas para cada diretriz violada, considerando as recomendações encontradas na revisão de literatura e o propósito da modelagem.

A partir das ações definidas, deu-se início a etapa de redesenho dos modelos utilizando o aplicativo Cawemo. Criou-se uma cópia dos modelos no aplicativo a fim de preservar os modelos originais. Os ajustes foram realizados buscando manter a lógica do fluxo do processo que já havia sido validada e verificada anteriormente. Para isso, a cada alteração, o modelo redesenhado era comparado com o modelo original.

O modelo redesenhado foi então novamente submetido à ferramenta BEBOP. Essa etapa foi importante para avaliar as melhorias em comparação com a versão inicial do modelo e para verificar se os ajustes realizados não levaram a novas violações. A segunda avaliação ocorreu da mesma forma que a avaliação inicial. O relatório possibilitou avaliar as melhorias tanto de forma objetiva, em termos de quantidade de diretrizes violadas, como de forma qualitativa, em relação às alterações realizadas.

Foram realizados dois ciclos de avaliação e redesenho do modelo para que este fosse considerado adequado. Os critérios adotados para determinar se o modelo passaria ou não por outro ciclo de avaliação foram a relevância das diretrizes violadas e a adequação ao objetivo da modelagem. A intenção não foi produzir um modelo que não apresentasse nenhuma violação de diretriz, mas analisar as recomendações mais adequadas ao caso.

## **4 APLICAÇÃO DO MÉTODO**

O Capítulo 4 descreve a aplicação das fases do método de pesquisa e foi dividido em três partes: a primeira seção detalha os procedimentos relacionados à modelagem do processo, que compreendem as três primeiras fases do método. A segunda seção apresenta o resultado da quarta fase, relativo à avaliação e redesenho do modelo, descrevendo a execução de cada etapa e os ajustes realizados durante o redesenho.

Por fim, na terceira seção é feita uma discussão comparando os resultados da aplicação do método com o referencial teórico. Esta seção elucida as relações entre as decisões tomadas na fase de redesenho e o que foi produzido pela literatura sobre a compreensibilidade dos modelos.

### **4.1 Modelagem do processo de matrículas nos cursos superiores**

Durante a fase de Conceituação (1ª fase), os documentos envolvidos na pesquisa documental foram as legislações e regulamentações internas relacionadas ao processo de ingresso, uma vez que o IFSULDEMINAS não possui registros textuais de seus processos. Por meio da pesquisa, foi possível conhecer melhor os detalhes sobre as regulamentações que regem o processo de matrículas nos cursos superiores.

Os processos seletivos para ingresso nos cursos do IFSULDEMINAS são regidos pela Lei 12.711/ 2012 e pela Resolução CONSUP nº 118, de 15 de setembro de 2021. As instituições federais de ensino ligadas ao Ministério da Educação devem reservar, no mínimo, 50% de suas vagas, por curso e por turno, para candidatos que cursaram integralmente o ensino médio em escolas públicas. Desse percentual, 50% devem ser reservados para candidatos com renda per capita igual ou inferior a 1,5 salário mínimo (Brasil, 2012).

Também devem ser reservadas vagas para candidatos autodeclarados pretos, pardos ou indígenas e pessoas com deficiência, na proporção da população dentro desses critérios da região onde se situa a instituição, com base nos dados divulgados pelo último censo da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Brasil, 2012).

De acordo com a Resolução CONSUP nº 118, de 15 de setembro de 2021, todas as inscrições e matrículas são realizadas exclusivamente por meio eletrônico. A verificação da documentação comprobatória referente à reserva de vagas deve ser realizada pelas comissões de Análise de Ação Afirmativa. Cabe às secretarias de registros acadêmicos a análise de solicitações que não envolvam renda e/ou autodeclaração de raça/etnia.

Em relação aos documentos comprobatórios para as vagas destinadas às pessoas com deficiência, a verificação é realizada pela Comissão de Análise de Ação Afirmativa com apoio do Núcleo de Apoio a Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNE).

A distribuição das vagas de ação afirmativa é realizada em oito grupos (IFSULDEMINAS, 2019):

- a) L1 - candidatos/as com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, igual ou inferior a 1,5 salário mínimo;
- b) L2 - candidatos/as autodeclarados/as pretos, pardos ou indígenas, com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, igual ou inferior a 1,5 salário mínimo;
- c) L5 - candidatos/as com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, superior a 1,5 salário mínimo;
- d) L6 - candidatos/as autodeclarados/as pretos, pardos ou indígenas com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, superior a 1,5 salário mínimo;
- e) L9 - candidatos/as que sejam pessoas com deficiência, com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, igual ou inferior a 1,5 salário mínimo;

- f) L10 - candidatos/as que sejam pessoas com deficiência, autodeclarados/as pretos, pardos ou indígenas, com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, igual ou inferior a 1,5 salário mínimo;
- g) L13 - candidatos/as que sejam pessoas com deficiência com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, superior a 1,5 salário mínimo;
- h) L14 - candidatos/as que sejam pessoas com deficiência, autodeclarados/as pretos, pardos ou indígenas, com renda familiar bruta per capita, calculada de acordo com os critérios estabelecidos em edital, superior a 1,5 salário mínimo.

A Instrução Normativa Nº 01 - PROEN/IFSULDEMINAS de 18 de março de 2019 dispõe sobre os procedimentos necessários à execução das Análises Socioeconômicas dos candidatos inscritos nas vagas reservadas às Ações Afirmativas dos Vestibulares do IFSULDEMINAS. Nesse documento está prevista a capacitação dos integrantes da comissão de análise socioeconômica antes do período de matrículas. A Resolução CONSUP nº 11/2020, de 08 de junho de 2020 dispõe sobre os procedimentos de heteroidentificação complementares à autodeclaração para fins de preenchimento das vagas reservadas para candidatos pretos, pardos ou indígenas (IFSULDEMINAS, 2020).

Essas informações foram complementadas pela observação direta do processo e pelo resultado das reuniões para a construção do modelo (2ª fase do procedimento de pesquisa). De forma resumida, o processo de matrículas ocorre da seguinte forma: as matrículas são solicitadas pelos candidatos por meio da plataforma gov.br do Governo Federal, e são recebidas pela Secretaria e pelos demais atores pelo Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP). Dependendo da opção do candidato (ação afirmativa ou ampla concorrência), a solicitação de matrícula será analisada por um ou mais participantes do processo. Cada um dos participantes deve seguir as regras especificadas pela instituição ou pela legislação, dentro do prazo previsto no edital. A Figura 15 apresenta o modelo do processo de análise das solicitações de

matrícula, em BPMN, após a Validação (3ª fase do procedimento de pesquisa Modelagem). O modelo pode ser visualizado em tamanho maior no Apêndice E.

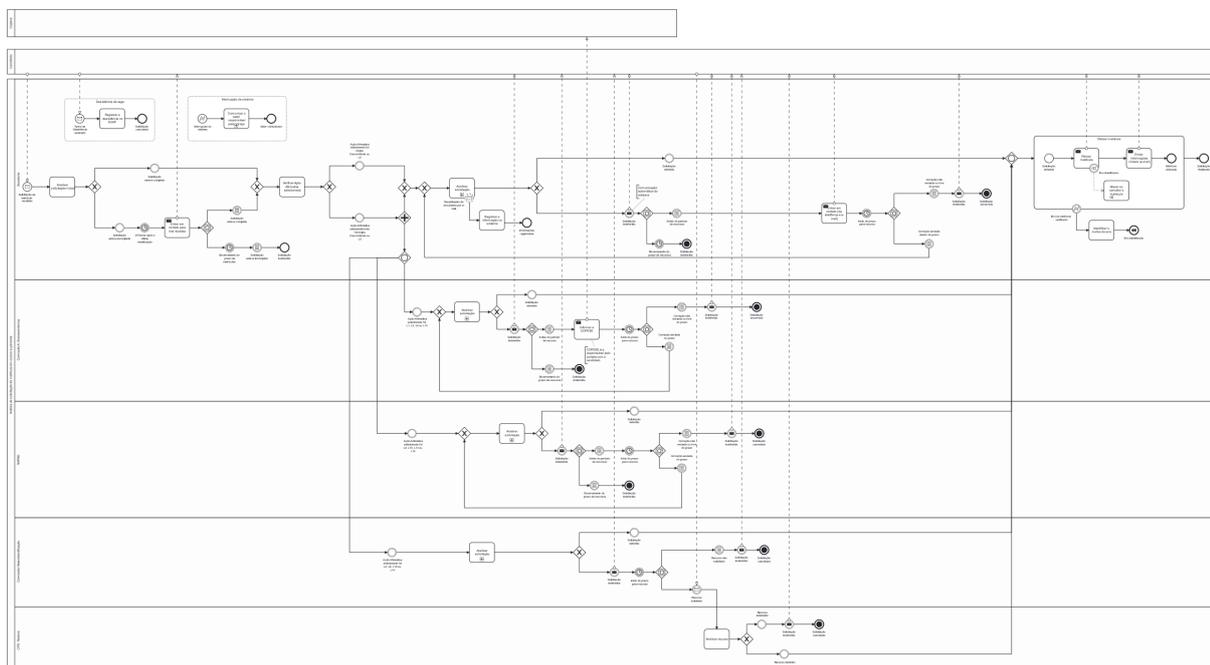


Figura 15 - Processo de análise das solicitações de matrículas do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes  
Fonte: a autora

O modelo contém quatro subprocessos colapsados, os quais foram detalhados em outros processos. O primeiro é o subprocesso “Analisar solicitação” (Figura 16) representado na *lane* “Secretaria”, que ocorre da seguinte forma: a partir da identificação da solicitação completa, os servidores da Secretaria analisam a documentação enviada pelo candidato. Essa análise pode resultar em três situações: a documentação pode atender aos requisitos do edital, assim a solicitação é deferida; a documentação pode não atender aos requisitos do edital, de forma que a solicitação será indeferida; ou a documentação pode estar incorreta e necessitar de correção. Nesse terceiro caso, a Secretaria deve solicitar a correção via sistema e entrar em contato com o candidato por telefone e e-mail. Se a correção for realizada dentro do prazo, o fluxo do processo retorna para a atividade de analisar a documentação. Caso contrário, a solicitação é indeferida.

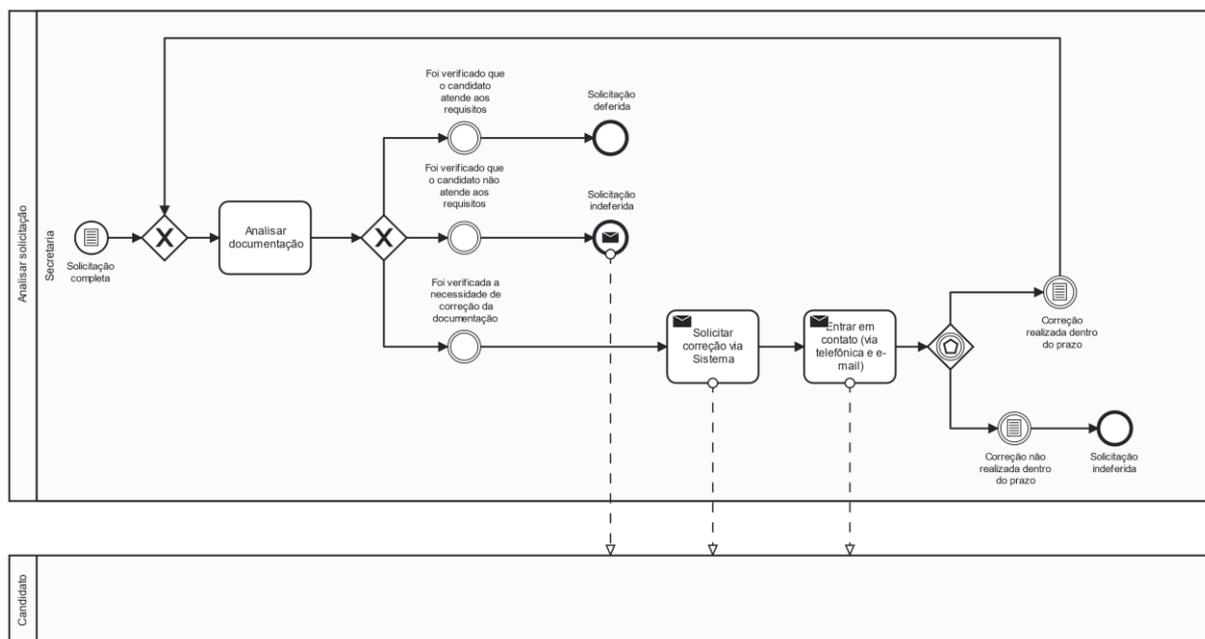


Figura 16 - Subprocesso “Analisar solicitação” - Secretaria  
Fonte: a autora

O segundo é o subprocesso “Analisar solicitação”, representado na *lane* “Comissão de Análise Socioeconômica”, que ocorre da seguinte forma: a partir da identificação da solicitação completa, os servidores da Comissão de Análise Socioeconômica analisam a documentação enviada pelo candidato. Essa análise pode resultar em duas situações: o candidato pode ter enviado toda a documentação ou não. Caso tenha enviado toda a documentação, os membros da comissão avaliam a renda *per capita* da família do candidato: se for igual ou inferior a 1,5 salário mínimo, a solicitação é deferida; se for superior a 1,5 salário mínimo, a solicitação é indeferida e uma mensagem é enviada ao candidato. No caso de a documentação estar incompleta, os membros da comissão devem solicitar a correção via sistema e informar a COPESE, que é o setor responsável por entrar em contato com os candidatos nessas situações, quais as correções são necessárias na solicitação. Se a correção for realizada dentro do prazo, a solicitação será novamente analisada: caso a documentação esteja completa, o fluxo retorna para a avaliação da renda *per capita*; caso a documentação esteja incompleta, o fluxo retorna para a solicitação da correção. Se a correção não for enviada dentro do prazo, a solicitação é indeferida. O subprocesso é apresentado pela Figura 17.

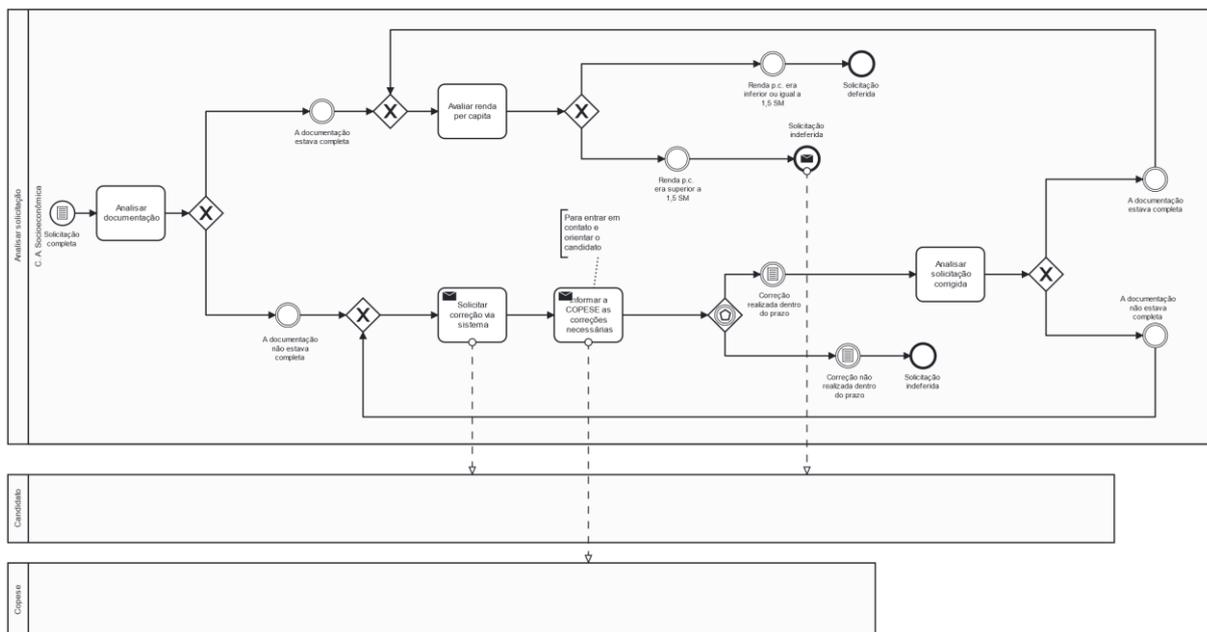


Figura 17 - Subprocesso “Analisar solicitação” – Comissão de Análise Socioeconômica  
Fonte: a autora

O terceiro subprocesso está apresentado na Figura 8. Trata-se do subprocesso “Analisar solicitação” representado na *lane* “Comissão de Heteroidentificação” e o fluxo pode ser descrito da seguinte forma: a partir da identificação da solicitação completa, os membros da comissão aguardam recebimento do relatório dos candidatos enviado pela COPESE para elaborar o cronograma de entrevistas. O cronograma é encaminhado para a COPESE que realiza a convocação. Após a convocação, a comissão realiza as entrevistas e avalia as características do candidato, o que pode resultar em duas situações: o candidato pode apresentar as características fenotípicas, neste caso a solicitação é deferida; ou o candidato pode não apresentar as características fenotípicas, então a solicitação é indeferida e uma mensagem é disparada para o candidato. Há uma situação representada como subprocesso evento que representa a ocorrência de uma solicitação de entrevista fora do cronograma. Nestes casos, a própria comissão realiza o agendamento e depois a entrevista.

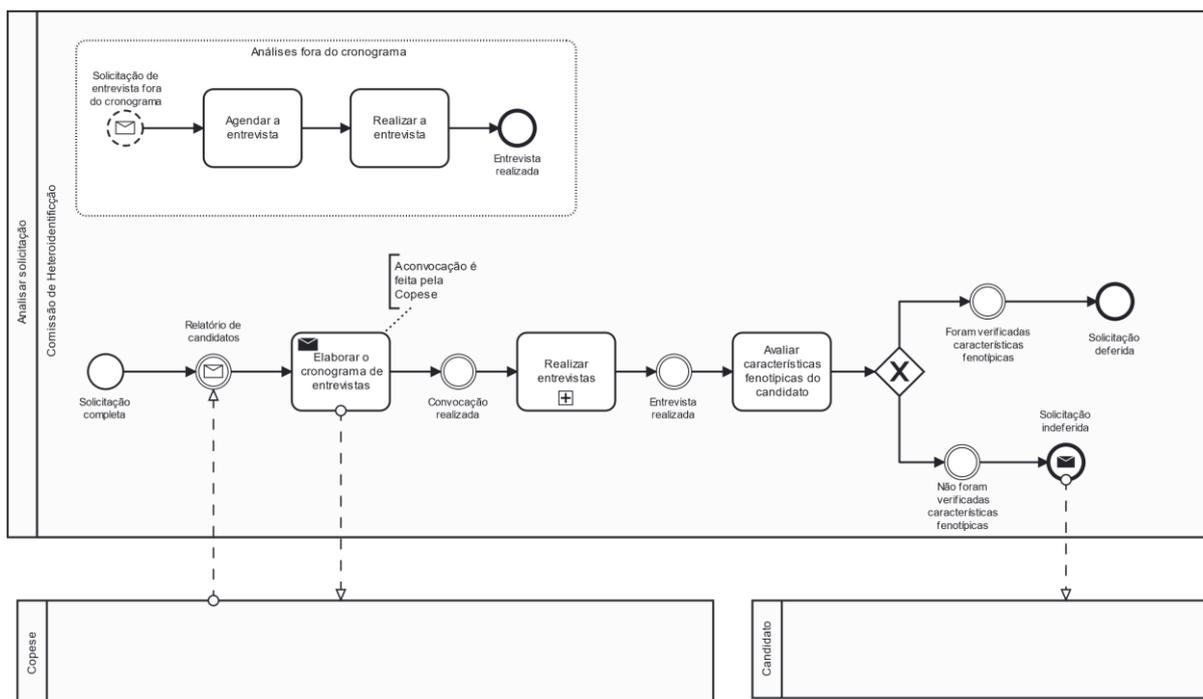


Figura 18 - Subprocesso "Analisar solicitação" - Comissão de Heteroidentificação  
Fonte: a autora

O último subprocesso é o denominado "Analisar solicitação" na *lane* "NAPNE" e foi representado na Figura 19. A partir da solicitação completa, a comissão analisa a documentação do candidato e dois caminhos podem ser seguidos: a documentação pode estar completa ou incompleta. Em caso de documentação completa, a comissão avalia se os documentos enviados atendem aos requisitos previstos na legislação e no edital. O resultado pode indicar que o laudo comprova que é o candidato é uma pessoa com deficiência, neste caso a solicitação é deferida; ou pode indicar que o laudo não comprova que é uma pessoa com deficiência e solicitação é indeferida (com disparo de uma mensagem para o candidato). Se, após a análise da documentação, esta estiver incompleta, a comissão deve solicitar a correção. Caso a correção seja realizada dentro do prazo, o fluxo retorna para a atividade de análise da documentação. Caso a correção não ocorra dentro do prazo, a solicitação é então deferida e uma mensagem encaminhada ao candidato.

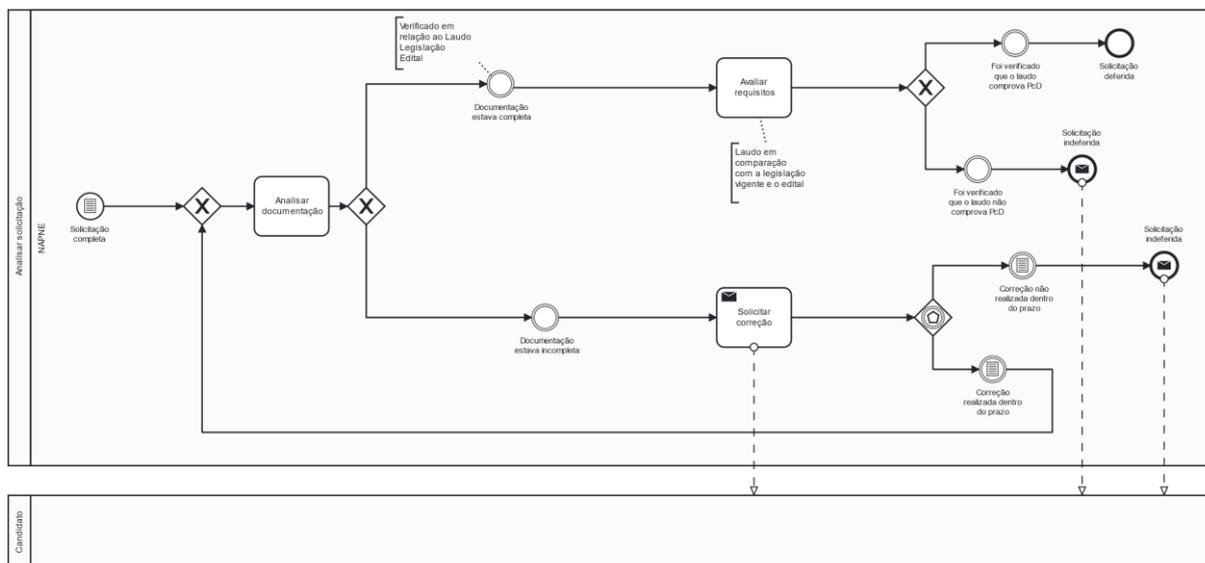


Figura 19 - Subprocesso “Analisar solicitação” - NAPNE  
Fonte: a autora

A utilização de um modelo como base para as reuniões e a inclusão das informações em tempo real durante a realização das reuniões mostrou-se uma decisão positiva. As informações que não puderam ser inseridas corretamente no modelo durante a reunião foram registradas por meio de anotações e comentários no próprio modelo. Foi o caso de atividades mais detalhadas e problemas de comunicação identificados durante as entrevistas. Outros casos, como a representação correta de uma decisão ou de alguma parte do fluxo, foram analisados posteriormente para decidir a melhor forma de representá-los.

A maior parte do modelo foi construída durante as reuniões, o que gerou uma economia de tempo em relação ao que seria necessário caso o modelo tivesse sido construído posteriormente à coleta de dados. Além disso, as dúvidas geradas sobre a execução do processo já eram prontamente resolvidas.

A escolha do aplicativo também se mostrou acertada, pois permitiu o salvamento automático das modificações, a inclusão de comentários e informações relacionadas ao processo e o compartilhamento do modelo com outros participantes, o que contribuiu para a realização do procedimento V&V-DM.

A utilização do software Cawemo foi fundamental para comunicação entre o especialista na técnica (orientador) e a modeladora (pesquisadora) na fase de Validação (3ª fase do procedimento de pesquisa), mais especificamente para o Ciclo 1 (Verificação) do procedimento V&V-DM, pois este permitiu a troca de comentários e

observações entre envolvidos. Nesta etapa, a modeladora e o orientador conversaram sobre o modelo por meio de *e-mails* e reuniões virtuais para dirimir as dúvidas e realizar as correções no modelo. Alguns dos ajustes foram realizados de forma assíncrona com o apoio do aplicativo Cawemo.

Em relação Ciclo 2 (Validação) do procedimento V&V-DM, foram encontradas algumas dificuldades para a apresentação do modelo na reunião de validação, devido ao seu tamanho e complexidade. Como os participantes (especialistas de domínio) não conheciam a notação BPMN, foi necessário que a modeladora apresentasse o modelo e explicasse também os elementos da notação para que fosse possível a compreensão total do modelo. O resultado do procedimento foi o modelo Validado pelos participantes.

Durante a fase de Validação, foi identificado pelo representante da Comissão de Heteroidentificação um caminho de exceção, que foi registrado no modelo. Vale ressaltar que esse representante também conhece e trabalha com a notação BPMN, o que facilitou essa identificação. Além desse caso, não foram necessárias alterações no modelo, tendo como resultado um modelo validado sem a necessidade de realizar o 3º ciclo do procedimento V&V-DM.

## **4.2 Avaliação e redesenho do modelo do processo**

Nesta seção foram apresentados os resultados da fase de Resolução do modelo (4ª fase do procedimento de pesquisa), por meio do procedimento de avaliação e redesenho. Na etapa de *Avaliação do modelo*, o modelo do processo e os quatro subprocessos foram submetidos à ferramenta BEBOP. Os resultados foram resumidos Quadro 4.

O Quadro 5 apresenta o resultado da etapa *Identificação das violações* e as ações definidas para cada diretriz. Nesta etapa, o relatório do BEBOP foi analisado a fim de definir quais as diretrizes relevantes para o objetivo da modelagem e quais as ações deveriam ser tomadas para respeitá-las.

| Processo   | Diretrizes respeitadas | Diretrizes violadas | Nº de elementos |
|--|------------------------|---------------------|-----------------|
| Análise de solicitações de matrícula                                 | 29                     | 11                  | 97              |
| Analisar solicitação (Secretaria) - Subprocesso                      | 37                     | 3                   | Menos de 31     |
| Analisar solicitação (Comissão Análise Socioeconômica) - Subprocesso | 37                     | 3                   | Menos de 31     |
| Analisar solicitação (Comissão de Heteroidentificação) - Subprocesso | 33                     | 7                   | Menos de 31     |
| Analisar solicitação (NAPNE) - Subprocesso                           | 33                     | 7                   | Menos de 31     |

Fonte: a autora

Quadro 5 – Síntese das diretrizes violadas e das ações a serem tomadas

| #  | Diretriz  | Ação  |
|----|---|---|
| 2  | Minimizar o tamanho do modelo                           | Redução do modelo   |
| 8  | Incluir descrições de atividades                        | <b>Diretriz desconsiderada</b>                            |
| 12 | Use eventos de início e fim explicitamente              | <b>Diretriz desconsiderada /Problema não identificado</b> |
| 14 | Use eventos finais de forma consistente                 | Unificação dos eventos finais                             |
| 15 | Restringir o uso dos eventos terminais                  | Redução dos eventos do tipo                               |
| 21 | Minimizar o uso de <i>gateway</i> OU inclusivo          | <b>Diretriz desconsiderada</b>                            |
| 22 | Usar fluxos padrão                                      | <b>Diretriz desconsiderada</b>                            |
| 30 | Rotular as atividades                                   | Diferenciação dos rótulos das atividades                  |
| 32 | Rotular eventos de início e fim                         | <b>Diretriz desconsiderada</b>                            |
| 33 | Rotular eventos de mensagem                             | Inclusão do fluxo de mensagens corretamente               |
| 34 | Rotular <i>gateways</i> XOR com uma frase interrogativa | Rotulagem dos <i>gateways</i> com uma pergunta            |
| 44 | Evitar sobreposição de elementos                        | Redução da sobreposição                                   |
| 45 | Usar fluxos de sequência lineares                       | Correção do fluxo   |

Fonte: a autora

A diretrizes 8, 12, 21, 22 e 32 foram desconsideradas na etapa de redesenho do modelo. Sobre a diretriz 8, apesar de ser uma boa prática, não foram incluídas as descrições para as atividades pois essa ação requereria uma nova coleta de dados. Essa diretriz foi sugerida pelos autores Corradini *et al.* (2018a) e não aparece em outros trabalhos semelhantes. Ainda assim, essa ação pode ser realizada posteriormente caso a instituição julgue interessante.

A violação da diretriz 12 parece ser causada por um problema de leitura da ferramenta. A Figura 20 demonstra que os eventos listados como implícitos no

relatório estavam explícitos no modelo (desistência da vaga e interrupção do sistema). A hipótese é que a ferramenta não compreende o subprocesso evento corretamente<sup>1</sup>.

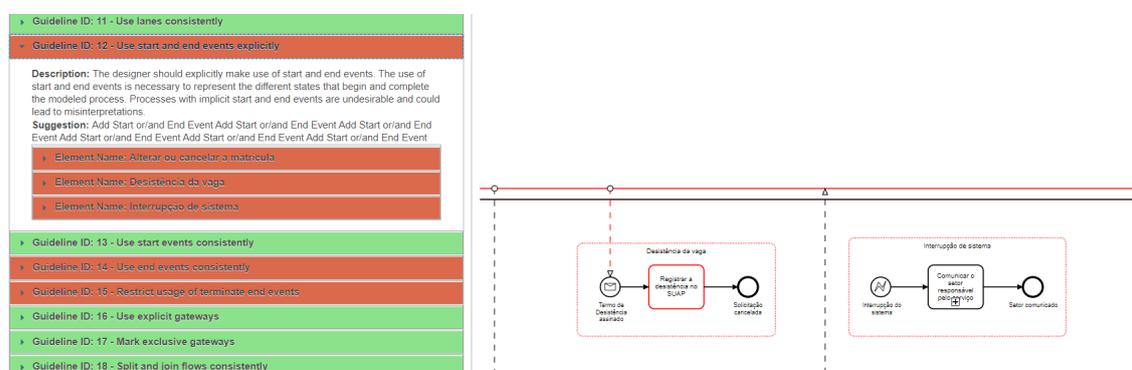


Figura 20 – Violação apresentada pela ferramenta (diretriz 12)  
Fonte: relatório BEBOP

Acerca da diretriz 21, foi mantido o *gateway* OU inclusivo pois considerou-se importante registrar que a solicitação pode passar por uma ou mais comissões simultaneamente. Para minimizar o impacto destes elementos na compreensibilidade, o Quadro 2 (seção 2.3.1) pode ser utilizado como apoio na leitura dos modelos.

A recomendação de usar fluxo padrão para melhorar a compreensibilidade (diretriz 22) foi desconsiderada no redesenho pois entendeu-se que não agregaria informações relevantes para o objetivo da modelagem do processo. A diretriz 32 recomenda não rotular eventos de início e de fim quando houver apenas um deles. Neste caso, optou-se por seguir a recomendação de Dumas *et al.* (2018), mantendo os rótulos de todos os eventos iniciais e finais.

A próxima etapa foi o *Redesenho* do modelo a partir das ações referidas. Primeiramente foram tomadas ações visando a redução modelo do processo, pois as modificações decorrentes poderiam levar à correção de outros problemas.

O modelo principal possuía 97 elementos, entre atividades, eventos, *gateways* e anotações. A literatura é bastante consistente ao afirmar que o tamanho dos modelos é um problema para a compreensibilidade (por exemplo Avila *et al.*, 2021;

<sup>1</sup>Tradução do texto na imagem: o modelador deve usar explicitamente os eventos de início e fim. O uso de eventos de início e fim é necessário para representar os diferentes estados que iniciam e concluem o processo modelado. Processos com eventos de início e fim implícitos são indesejáveis e podem levar a interpretações errôneas (tradução nossa).

Corradini *et al.*, 2018a; Figl, 2017; Mendling; Reijers; Aalst, 2010). Em relação ao número de elementos, Mendling, Reijers e Aalst (2010) afirmam que modelos com mais de 50 elementos tem uma probabilidade 50% maior de apresentar erros. Já Corradini *et al.* (2018a) utilizaram como métrica o valor máximo de 31 elementos, valor que também é recomendado por Oca e Snoeck (2014).

Para encontrar a melhor forma de reduzir o modelo, foram consideradas as soluções e/ou sugestões encontradas na literatura. A recomendação de Oca e Snoeck (2014) para modelos de processo muito grandes, por exemplo, é esconder partes do modelo por meio de subprocessos, omitindo detalhes do processo para tornar a leitura mais fácil. Outras ações para reduzir os modelos podem ser: remover eventos e atividades supérfluos; mesclar atividades com baixo nível de granularidade e realocar atividades para o subprocesso ou vice-versa (Corradini *et al.*, 2018a Leopold; Mendling; Günther, 2016; Mendling; Reijers; Aalst, 2010; Oca; Snoeck, 2014; Sánchez-González *et al.*, 2017).

Com esse fundamento, procedeu-se o primeiro ciclo de avaliação e redesenho do modelo. Foram realizados quatro ajustes no modelo do processo e subprocessos com foco na redução do número de elementos: remoção de elementos supérfluos, distribuição de elementos nos subprocessos, unificação de atividades e reorganização dos participantes.

Na *lane* “Secretaria”, alguns elementos considerados supérfluos foram removidos do processo, levando a uma simplificação dessa parte do modelo. Estes elementos estão destacados em vermelho na Figura 22.

Devido ao baixo número de atividades envolvidas, as informações foram registradas como anotações na atividade, sem a necessidade de representá-la como um subprocesso. Essa ação visou evitar a criação excessiva de subprocessos, que poderia gerar problemas de interpretação do modelo (Kahloun; Ghannouchi, 2018).

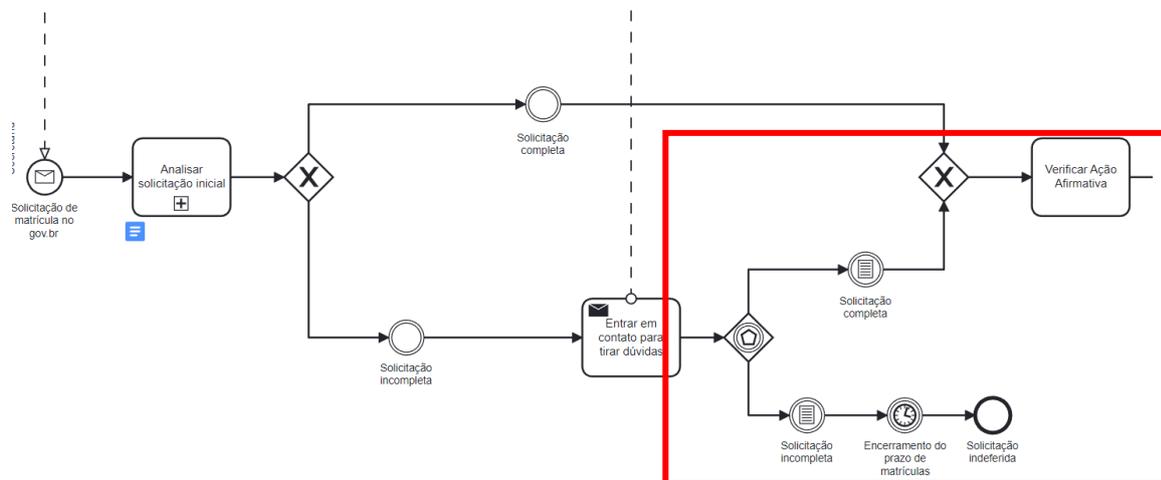


Figura 21 - Parte do modelo antes da reorganização de elementos  
Fonte: a autora

O resultado foi a redução de 12 para 6 elementos nesta parte do modelo, além da remoção de um *gateway* baseado em evento, minimizando a complexidade. A Figura 23 apresenta a mesma parte do modelo após esse ajuste, porém antes de ajustes relacionados a outras diretrizes.

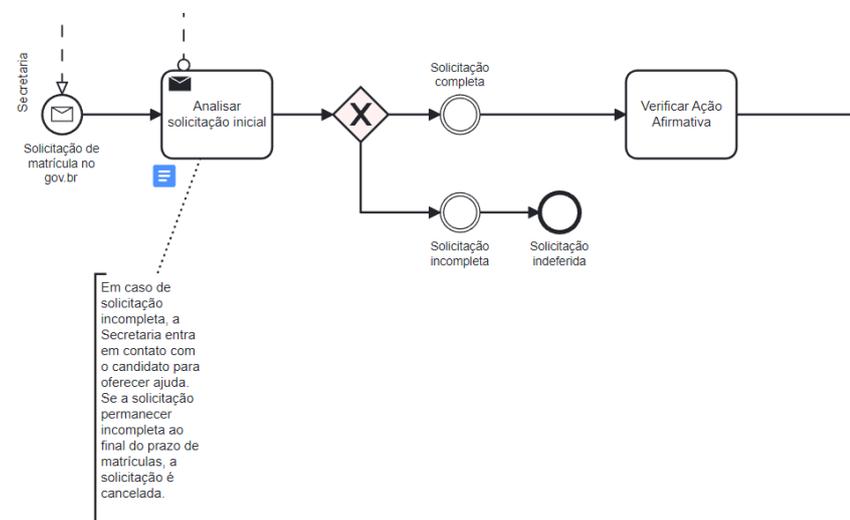


Figura 22 - Parte do modelo depois da reorganização dos elementos  
Fonte: a autora

As exceções que haviam sido registradas também foram revistas e apenas uma foi mantida, por ter sido considerada importante para a execução do processo. As demais foram consideradas supérfluas por acrescentarem poucas informações de

valor ao modelo. Por fim, os tipos de eventos foram simplificados, mantendo apenas eventos simples, de mensagem e temporais.

Como já existia um subprocesso nomeado “Analisar solicitação” na *lane* da Secretaria, que compreendia as atividades da análise da documentação do candidato, optou-se por incluir os elementos subsequentes a essa atividade no mesmo subprocesso, distribuindo melhor os elementos entre o modelo do processo e os subprocessos. Os elementos redistribuídos estão destacados em vermelho na Figura 24.

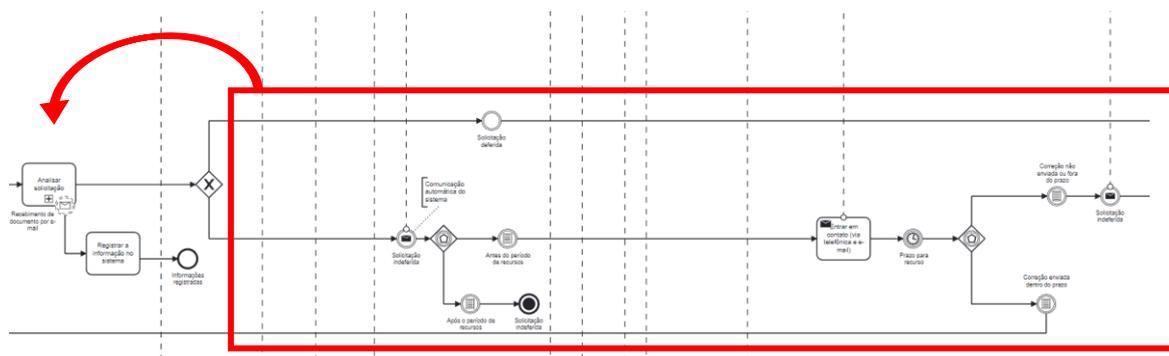


Figura 23 - Parte do modelo antes da redistribuição dos elementos  
Fonte: a autora

A Figura 25 representa a mesma parte do modelo após a realocação dos elementos para o subprocesso.

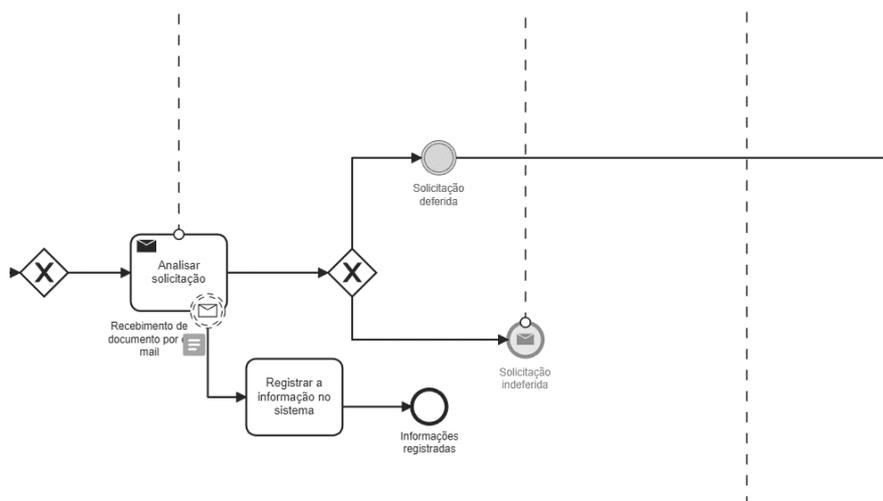


Figura 24 - Parte do modelo após a redistribuição dos elementos  
Fonte: a autora

O mesmo procedimento foi replicado nas *lanes* “Comissão de Análise Socioeconômica”, “NAPNE” e “Comissão de Heteroidentificação”, reduzindo significativamente o número de elementos.

Dentro do subprocesso “Analisar solicitação (Secretaria)”, representado pela Figura 26, foi realizada a unificação de duas atividades (destacadas em vermelho).

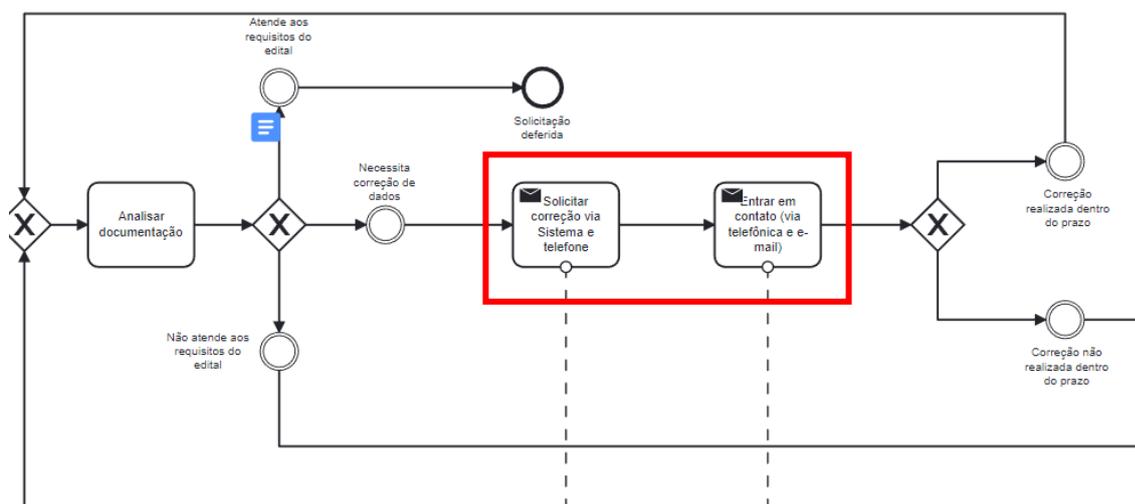


Figura 25 – Atividades unificadas dentro do subprocesso  
Fonte: a autora

A *lane* “CPS – Reitoria” foi removida do processo principal e transformada em uma *pool black box* incluída no subprocesso “Analisar solicitação (Comissão Heteroidentificação)”. Essa ação considerou o fato de que a CPS é um ator externo e que o detalhamento das atividades não é relevante para o propósito do modelo. A remoção de participantes que não acrescentam informações relevantes é recomendada por Kahloun e Ghannouchi (2018).

Após os ajustes, ocorreu a etapa de *Reavaliação* dos modelos utilizando a ferramenta BEBOP. Como resultado, observou-se que as alterações nos subprocessos “Secretaria”, “Comissão de Análise Socioeconômica”, “NAPNE” e “Comissão de Heteroidentificação” não geraram novas violações.

Em seguida realizou-se a *Avaliação das melhorias*. Como resultado, observou-se que o modelo principal foi significativamente reduzido para menos de 31 elementos, atendendo assim as diretrizes de tamanho do modelo identificadas na literatura. Mesmo com redistribuição dos elementos nos subprocessos, estes não atingiram o limite de 31 elementos.

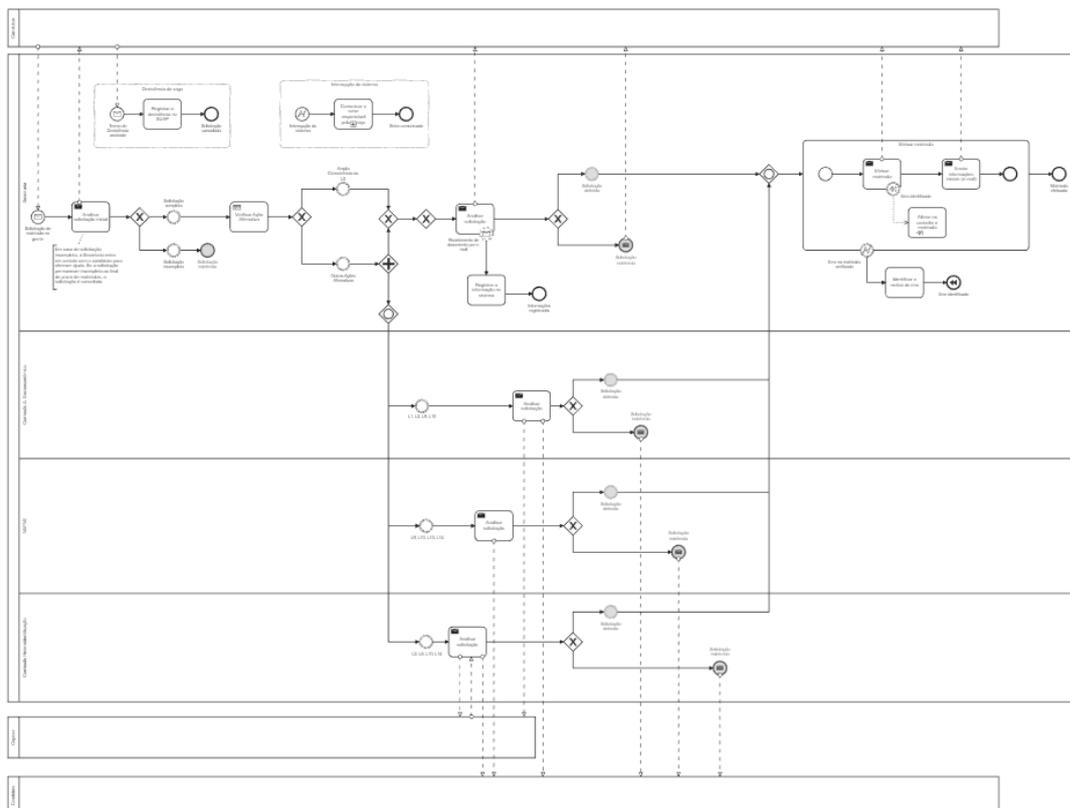


Figura 26 – Processo de análise das solicitações de matrículas após os ajustes do primeiro ciclo  
Fonte: a autora

Com a redução do número de elementos, o primeiro ciclo resultou no atendimento de duas diretrizes, enquanto outras seis permaneceram violadas. Dessa forma, foi necessário realizar mais um ciclo de avaliação e redesenho para resolver os outros problemas identificados.

O Quadro 6 resume as diretrizes violadas após o primeiro ciclo (com exceção das diretrizes desconsideradas) e as ações definidas para serem realizadas no segundo ciclo. Neste ciclo foram realizados mais dois ajustes: unificação de eventos e correção de rótulos.

Quadro 6 – Diretrizes violadas após o primeiro ciclo de avaliação e redesenho

| #  | Diretriz  | Ação   |
|----|---|--|
| 14 | Usar eventos finais de forma consistente                | Unificação dos eventos finais                  |
| 15 | Restringir o uso dos eventos terminais                  | Redução os eventos do tipo                     |
| 30 | Rotular as atividades                                   | Diferenciação rótulos das atividades           |
| 34 | Rotular <i>gateways</i> XOR com uma frase interrogativa | Rotulagem dos <i>gateways</i> com uma pergunta |
| 44 | Evitar sobreposição de elementos                        | Redução da sobreposição                        |

Fonte: a autora

Foram unificados cinco eventos finais em um único evento terminal, visando a redução do número de eventos no modelo, recomendada na diretriz 14. Esse ajuste foi baseado nas recomendações de Kahloun e Ghannouchi (2018) e Oca *et al.* (2015). Após essa ação, restaram um evento final e um evento terminal no modelo principal.

O evento terminal foi mantido pois a informação que ele representa foi considerada importante. Esse tipo de evento foi utilizado para representar que o indeferimento da solicitação por qualquer um dos participantes resulta na finalização de todo o processo. Por exemplo, se uma solicitação for indeferida na comissão de análise socioeconômica, será cancelada mesmo que seja deferida em todas as outras comissões e secretaria.

Os eventos finais também foram unificados nos subprocessos, resultando em apenas duas situações: solicitação deferida ou solicitação indeferida.

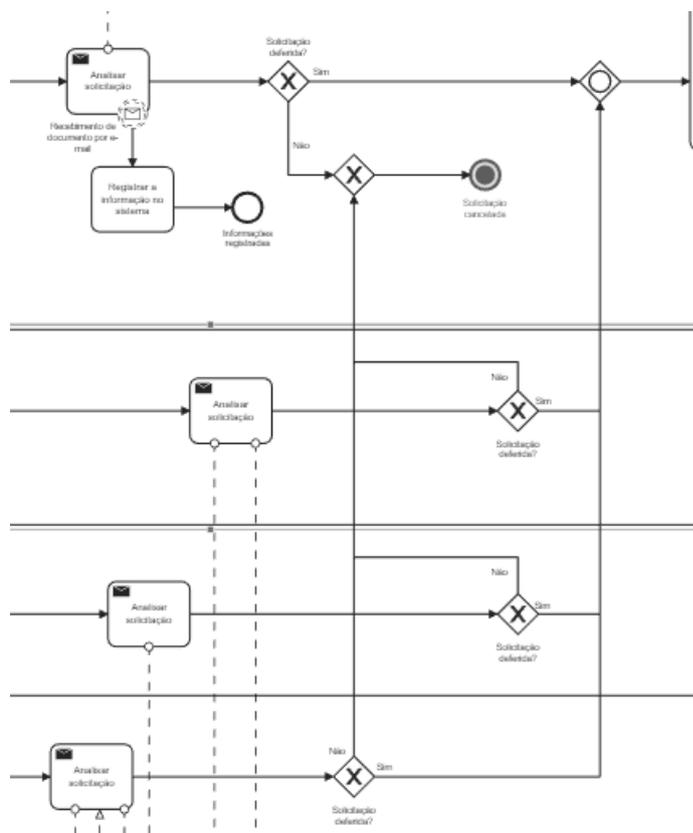


Figura 27 - Parte do modelo após a unificação dos eventos finais

Fonte: a autora

Em relação à diretriz 30, que se refere à utilização de rótulos nas atividades, a violação ocorreu por causa da utilização de rótulos iguais em atividades que estavam em *lanes* diferentes. A atividade “Analisar solicitação” aparecia em mais de uma *lane* do modelo principal como um subprocesso colapsado, conforme demonstrado na Figura 27, porém as atividades envolvidas eram diferentes. O problema foi resolvido com a alteração nos rótulos de forma a diferenciar as atividades.

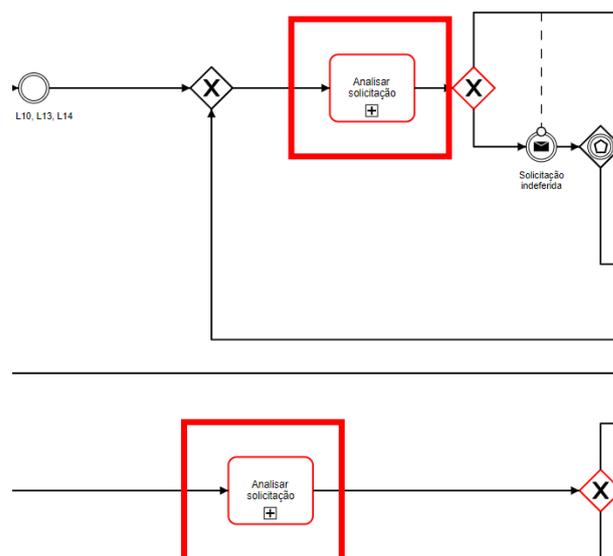


Figura 28 – Violação apresentada pela ferramenta (diretriz 30)  
Fonte: a autora

Visando atender à diretriz 34, todos *gateways* exclusivos receberam uma pergunta cuja resposta pode ser “sim” ou “não”, de forma que os eventos que seguiam os *gateways* foram excluídos. Essa recomendação foi encontrada em Corradini *et al.*, (2018a) e Kahloun e Ghannouchi (2018). Entretanto, é possível encontrar na literatura recomendações divergentes a esse respeito. Por exemplo, Capote (2018) ressalta que em muitas aplicações, a tomada de decisão é representada de forma errada, já que no momento da decisão, o modelador utiliza o elemento *gateway* para representá-la, o que é um equívoco, já que a decisão denota uma ação realizada por alguém, o que não é o foco ao se utilizar um *gateway*.

Apesar disso, optou-se pela rotulagem dos *gateways* pois essa ação resultou também na redução significativa do número de eventos, simplificando o modelo. As Figuras 28 e 29 mostram uma parte do modelo antes e depois da rotulagem dos *gateways*.

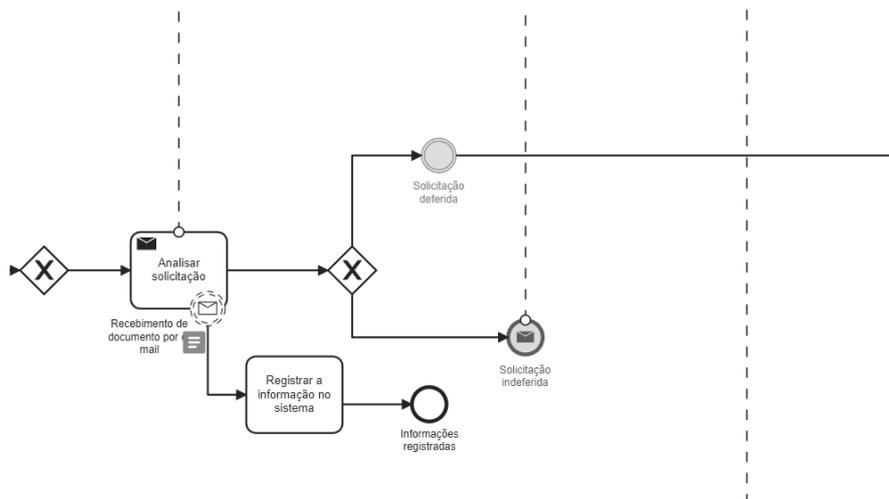


Figura 29 - Parte do modelo sem a rotulagem dos *gateways*  
Fonte: a autora

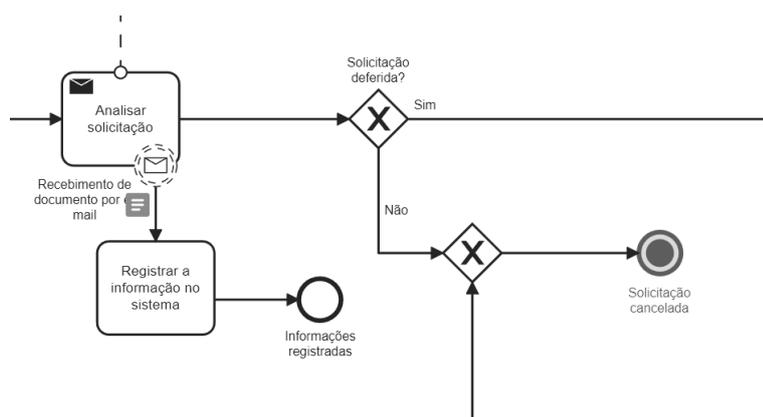


Figura 30 - Parte do modelo depois da rotulagem dos *gateways*  
Fonte: a autora

Em relação às diretrizes 44 e 45, que tratam do *layout* dos modelos (evitar a sobreposição de elementos e usar fluxos de sequência lineares), as alterações necessárias foram realizadas simultaneamente aos outros ajustes, porém não foi possível atendê-las totalmente.

A reavaliação do modelo no segundo ciclo demonstrou que restaram cinco diretrizes violadas. Essas diretrizes foram analisadas acerca da sua relevância para o modelo e da necessidade de mais um ciclo de avaliação e redesenho.

Após os ajustes, observou-se que o modelo redesenhado gerou três violações, relativas às diretrizes 24, 30 e 35, que não haviam aparecido nas avaliações anteriores. Contudo, conforme apresentado no Quadro 7, foi necessário apenas mais

um ajuste no modelo (uso de atividade de chamada), o que não gerou nenhum impacto significativo, de forma que se concluiu que não haveria necessidade de um novo ciclo. Dessa forma, a modelagem do processo foi dada como finalizada.

Quadro 7– Diretrizes violadas após o segundo ciclo de avaliação e redesenho

| #  | Diretriz                                  | Conclusão                           |
|----|---|-------------------------------------|
| 15 | Restringir o uso dos eventos de terminais | Não foi possível atender totalmente |
| 24 | Usar fluxo de mensagem                    | Diretriz atendida                   |
| 30 | Rotular as atividades                     | Uso de Atividade de Chamada         |
| 35 | Rotular <i>gateways</i> AND               | Diretriz atendida                   |
| 44 | Evitar sobreposição de elementos          | Não foi possível atender totalmente |

Fonte: a autora.

Em relação às diretrizes 15 e 44, foram feitos ajustes visando minimizar o uso de eventos terminais e de sobreposição de elementos, contudo, não foi possível reduzir as ocorrências a zero.

A diretriz 24 foi considerada atendida, apesar do relatório da ferramenta apresentar a violação. De acordo com as recomendações do relatório, se o subprocesso tiver mais de um fluxo de mensagem para a mesma *pool*, devem ser representados no máximo dois fluxos, um de envio e outro de recebimento. Contudo, nesse modelo os subprocessos se relacionam com mais de uma *pool*, de forma que foi necessário registrar mais fluxos de mensagens relacionados a eles, como demonstrado na Figura 31.

A diretriz 30 foi violada no subprocesso “Analisar solicitação (Secretaria)”, devido a utilização de atividades com o mesmo nome. Para resolver o problema, utilizou-se uma atividade de chamada, como demonstrado na Figura 32, pois são as mesmas atividades que ocorrem em pontos diferentes do processo.

A diretriz 35, cuja recomendação é não rotular *gateways* AND, foi desconsiderada porque o único *gateway* do tipo no modelo não está rotulado, como mostrado na Figura 33. É possível supor que a ferramenta fez a leitura do rótulo “Não” referente ao *gateway* exclusivo “Ampla concorrência ou L5?” como sendo um rótulo referente ao *gateway* paralelo. Assim, essa diretriz também foi desconsiderada.

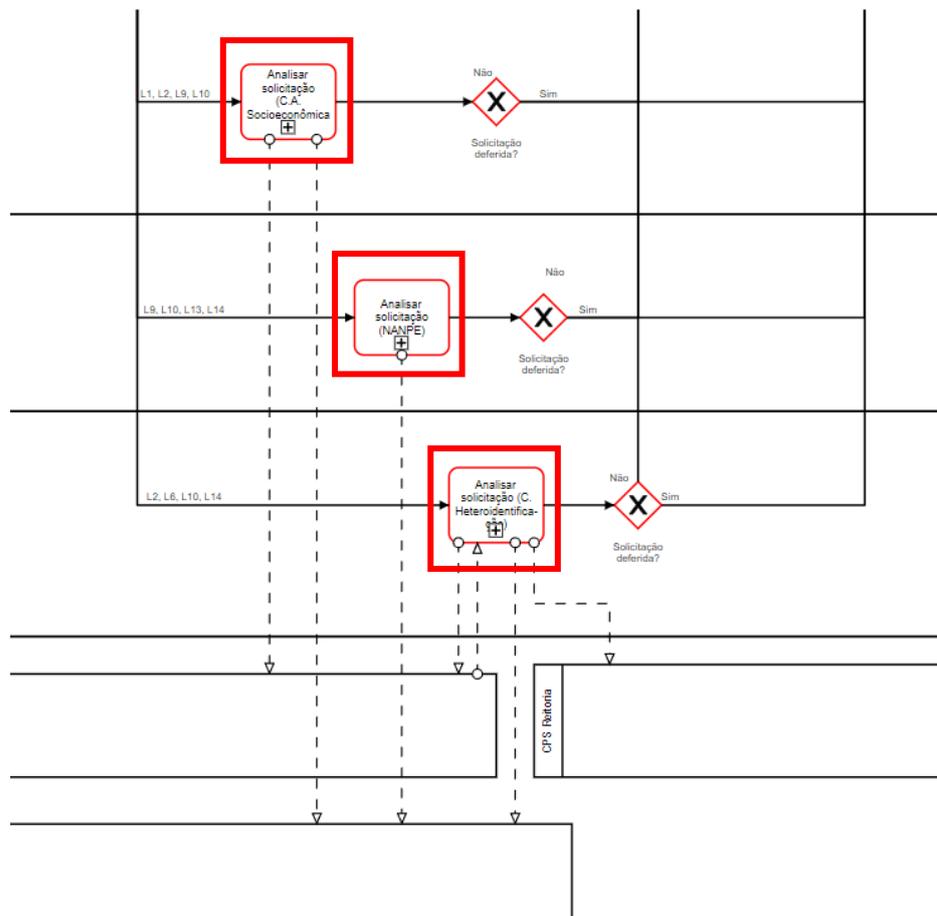


Figura 31 – Relacionamento dos subprocessos com mais de uma pool  
Fonte: a autora

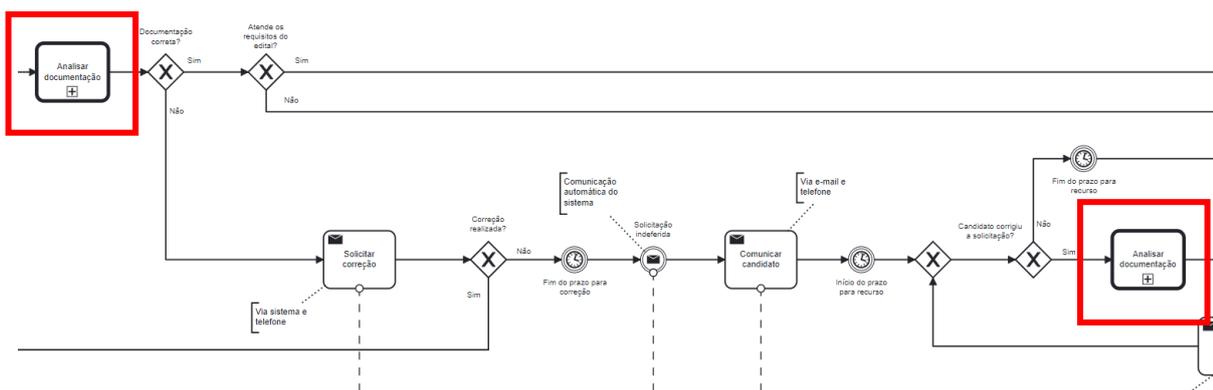


Figura 32 – Uso de atividade de chamada  
Fonte: a autora

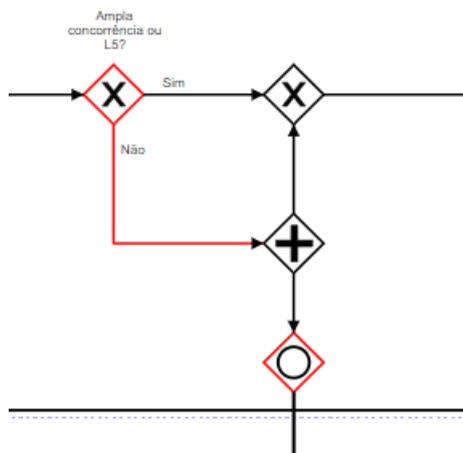


Figura 33 – Gateway paralelo utilizado no modelo  
Fonte: a autora

A versão redesenhada do processo foi apresentada na Figura 36. O modelo pode ser visualizado em tamanho maior no Apêndice F.

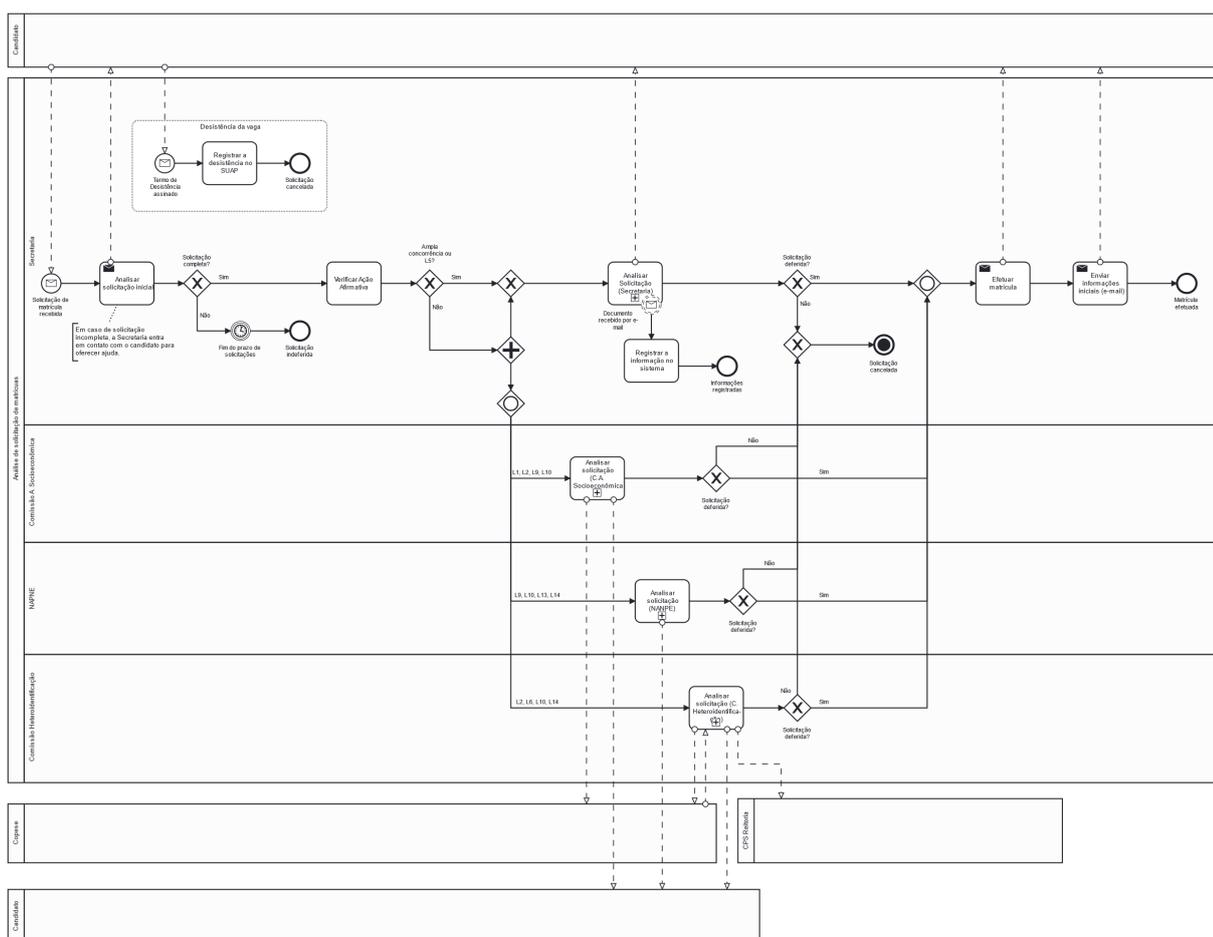


Figura 34 – Processo de análise das solicitações de matrículas (modelo redesenhado)  
Fonte: a autora



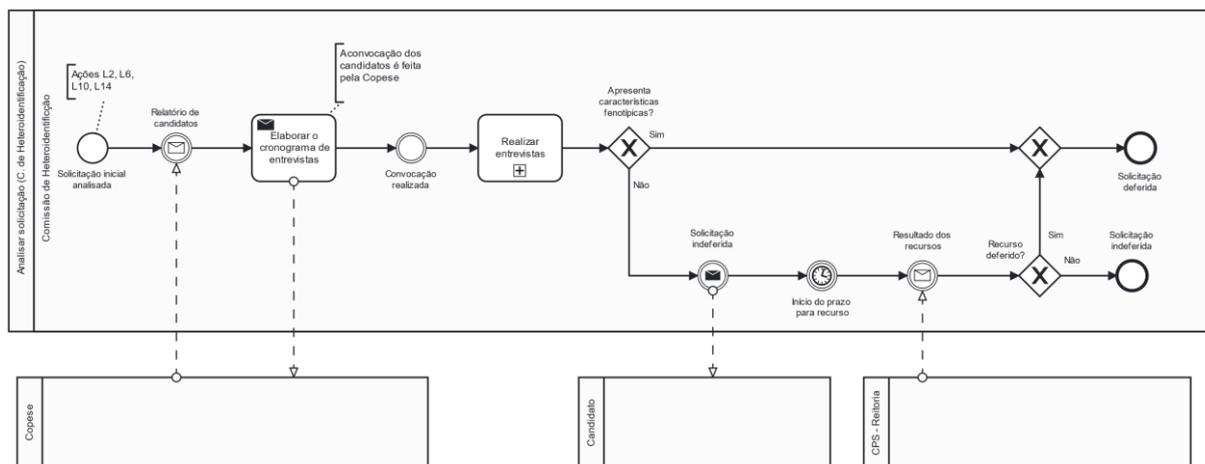


Figura 37 – Subprocesso “Analisar solicitação (C. Heteroidentificação)” (redesenhado)  
Fonte: a autora

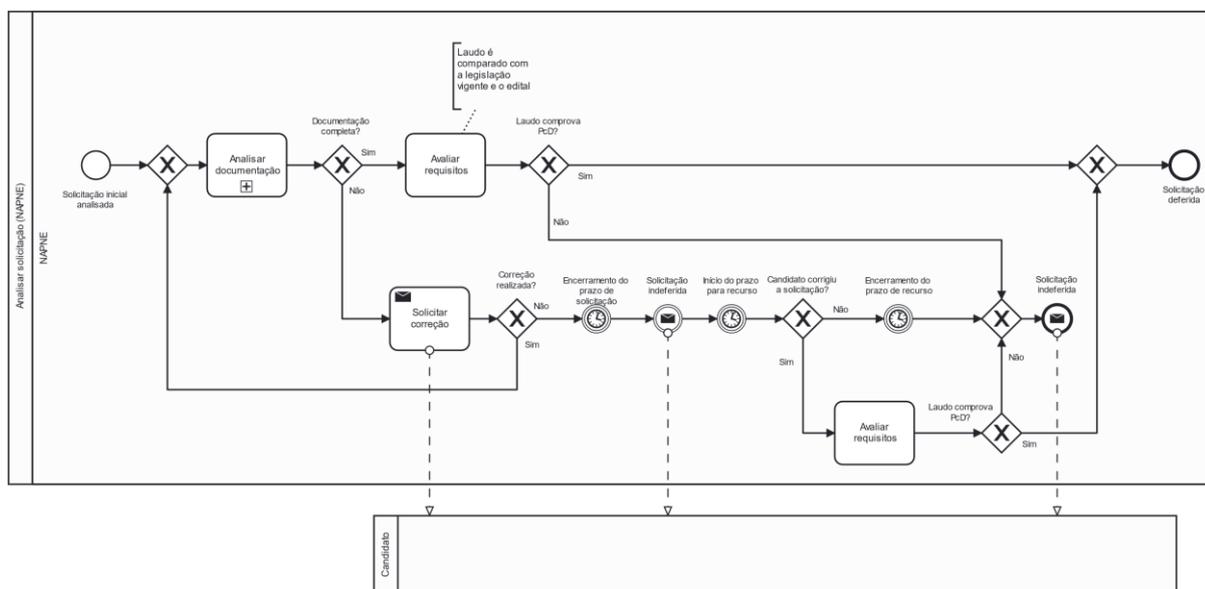


Figura 38 – Subprocesso “Analisar solicitação (NAPNE)” (redesenhado)  
Fonte: a autora

Dessa forma, a fase de Resolução do modelo foi considerada concluída após a execução de dois ciclos do procedimento de avaliação e redesenho. Considerando que não houve mudanças substanciais nas atividades, decisões e fluxos do modelo, não foi necessário validar o modelo novamente. A Figura 39 apresenta o resumo das ações tomadas em cada ciclo.

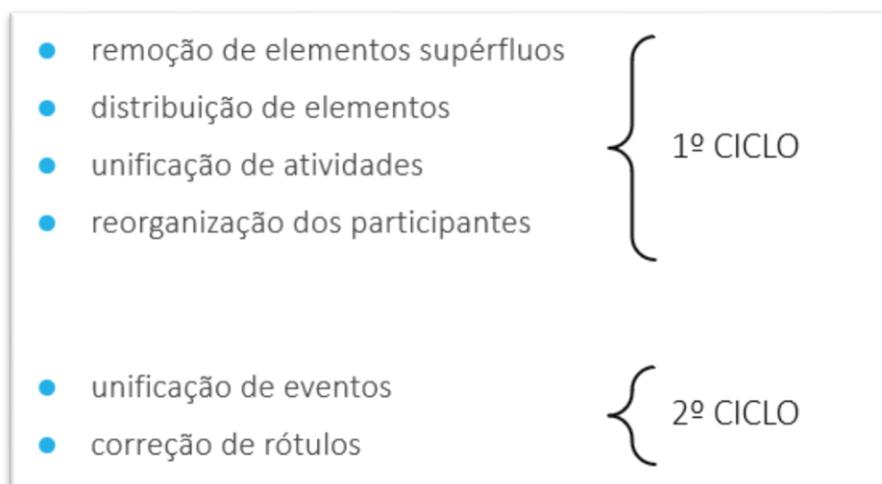


Figura 39 – Resumo dos ajustes realizados por ciclo  
Fonte: a autora

O resultado apontou para a melhoria da compreensibilidade do modelo do processo principal, de acordo com a ferramenta BEBOP. Os principais benefícios foram a redução considerável do número de elementos (de 97 para menos de 31) e a adequação do modelo a diretrizes de modelagem amplamente discutidas pela literatura. O resultado foi sumarizado no Quadro 8.

Quadro 8 – Comparação entre os modelos original e redesenhado, de acordo com o relatório da ferramenta BEBOP

| Processo   | Modelo original     |              | Modelo redesenhado  |              |
|--|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
|  | Diretrizes violadas | Nº elementos | Diretrizes violadas | Nº elementos |
| Análise de solicitações de matrícula                                 | 11                  | 97           | 8                   | Menos de 31  |
| Analisar solicitação (Secretaria) - Subprocesso                      | 3                   | Menos de 31  | 4                   | Menos de 31  |
| Analisar solicitação (Comissão Análise Socioeconômica) - Subprocesso | 3                   | Menos de 31  | 5                   | Menos de 31  |
| Analisar solicitação (Comissão de Heteroidentificação) - Subprocesso | 7                   | Menos de 31  | 5                   | Menos de 31  |
| Analisar solicitação (NAPNE) - Subprocesso                           | 7                   | Menos de 31  | 5                   | Menos de 31  |

Fonte: a autora

Em termos quantitativos, ou seja, em relação ao número de diretrizes, não se observou uma melhora significativa nos números. Houve, inclusive, aumento na quantidade de violações nos subprocessos “Analisar solicitação (Secretaria)” e “Analisar solicitação (Comissão Análise Socioeconômica)”. Principalmente devido à

impossibilidade de atender completamente as diretrizes, a análise quantitativa a partir do relatório gerado pelo BEBOP parece não ser útil para avaliar a melhoria da compreensibilidade.

Contudo, analisando o relatório de forma qualitativa e comparando os modelos original e redesenhado, observa-se que as melhorias foram além do número de violações. Ações como a unificação dos eventos, a redução do uso de eventos do tipo terminal e a utilização de pergunta nos *gateways* exclusivos geraram não só a redução do número de elementos como também a simplificação do modelo. Esse resultado não pode ser observado por meio da análise da quantidade de diretrizes violadas.

### 4.3 Discussão

Nesta seção os resultados foram relacionados com os trabalhos encontrados na revisão integrativa. Inicialmente foi possível observar que o resultado da pesquisa confirma o resultado do teste realizado por Corradini *et al.*, (2018a), o qual demonstrou que as diretrizes mais frequentemente violadas são (em ordem decrescente de ocorrência): 8 - Incluir descrições de atividades (96,66%), 22 - Usar fluxos padrão, 28 - Rotular as *pools*, 34 - Rotular *gateways* XOR com uma frase interrogativa, 12 - Usar eventos de início e fim explicitamente e 21 - Minimizar o uso de *gateway* OU inclusivo. Os autores chegam a recomendar a disseminação dessas práticas aos modeladores para reduzir as violações.

Além disso, cabe destacar a questão do tamanho do modelo. Os trabalhos foram praticamente unânimes ao afirmar que o tamanho do modelo aumenta a complexidade (por exemplo Avila *et al.*, 2021; Corradini *et al.*, 2018a; Mendling *et al.*, 2012; Mendling; Reijers; Aalst, 2010). Um experimento realizado por Corradini *et al.*, (2018a) com mais de 11 mil modelos demonstrou que o tamanho do modelo é diretamente proporcional à taxa de violações de diretrizes. O estudo de Mendling *et al.*, (2012) evidenciou que a taxa de erro aumenta de 9% para 100% para modelos com mais de 31 elementos. A utilização de subprocessos é a solução apresentada com maior frequência para essa questão (Dikici; Turetken; Demirors, 2018; Kahloun;

Ghannouchi, 2018; Leopold; Mendling; Günther, 2016; Mendling; Reijers; Aalst, 2010; Oca; Snoeck, 2014; Sánchez-González *et al.*, 2017).

Kahloun e Ghannouchi (2018) chegam a recomendar que tarefas consecutivas em uma *lane* sejam unificadas em uma atividade, pois isso pode significar que o modelo traz detalhamento excessivo. Os autores também salientam que o número de subprocessos em um modelo não deve ultrapassar 10, de forma que o modelador deve evitar dividir o modelo em subprocessos com menos de 5 elementos. De fato, apesar de ser um dos tópicos mais estudados pela literatura, em alguns casos a utilização de subprocessos pode tornar os modelos mais complexos (Avila *et al.*, 2021). Isso porque pode aumentar a carga cognitiva exigida para leitura do modelo ao fazer com que o usuário busque informações em outro modelo (subprocesso expandido) para a compreensão do processo como um todo.

A recomendação de mesclar eventos finais iguais é encontrada em Kahloun e Ghannouchi, 2018 e Corradini *et al.* (2018a), além de estar de acordo com a recomendação de redução de elementos, mais especificamente de redução de eventos feita por Oca e Snoeck (2014). Apesar disso, observou-se no modelo do processo de solicitação de matrículas que essa ação levou à utilização de fluxos de sequência maiores (para ligar os elementos aos eventos finais) e, conseqüentemente, ao cruzamento de fluxos (de sequência e mensagens), o que pode comprometer a compreensibilidade.

Ainda com a finalidade de redução do número de elementos, mostrou-se imprescindível a avaliação minuciosa dos elementos incluídos, de forma a separar as informações relevantes das irrelevantes. Leopold, Mendling e Günther (2018) ressaltam que muitas vezes os modeladores tendem a incluir informações demais nos modelos, tornando-os muito detalhados sem necessidade. Por exemplo, a transformação de participantes de uma *lane* para uma *pool black box* é recomendada em Kahloun e Ghannouchi (2018) quando as atividades não são relevantes para o modelo.

Acerca dos *gateways*, a redução da heterogeneidade, ou seja, a diminuição do uso de *gateways* diferente em um mesmo modelo, é recomendada em Kahloun e Ghannouchi (2018). Os trabalhos de Mendling *et al.*, (2012) e Sánchez-González *et al.*, (2012) ressaltam que a utilização do *gateway* OU inclusivo aumenta as chances

de erro no modelo. Contudo, os estudos encontrados não são conclusivos a esse respeito, como por exemplo em Figl e Laue (2015).

Em Oca e Snoeck (2014) é possível encontrar uma série de recomendações sobre como modificar o modelo de forma a evitar o uso do *gateway* OU inclusivo. O problema dessas recomendações é a escalabilidade, ou seja, a sua utilização em modelos com vários caminhos de roteamento após o *gateway* OU inclusivo, que é o caso do modelo do processo de matrículas.

Foi possível confirmar o preconizado por alguns autores, como Corradini *et al.* (2018a) e Sánchez-González *et al.* (2017), de que cabe ao modelador analisar as diretrizes e decidir a melhor forma de adequar o modelo a elas. Isso porque em alguns casos o atendimento de uma diretriz (por exemplo, a redução do uso de eventos terminais) pode dificultar a representação correta do processo.

Esse ponto também vai ao encontro dos relatos da literatura sobre a dificuldade de se estabelecer uma orientação padrão em relação à melhor forma de construir modelos compreensíveis (Dikici; Turetken; Demirors, 2018; Oca *et al.*, 2015). Como ainda existem conflitos entre os resultados dos estudos sobre o impacto de uma diretriz na compreensibilidade (Dikici; Turetken; Demirors, 2018), as decisões permanecem dependendo de um componente subjetivo do modelador.

Por fim, outro fator que é frequentemente mencionado nos trabalhos é o impacto da experiência do modelador, tanto na construção dos modelos quanto na sua compreensão. Figl e Laue (2015) atestam essa afirmação comprovando que modeladores com menor conhecimento em modelagem apresentaram mais dificuldade na compreensão de modelos. Esse é um dado importante ao se considerar o público que irá utilizar o modelo. Caso o público seja leigo ou com menos conhecimento, o cuidado com os aspectos de compreensibilidade deve ser redobrado. Ainda assim, a literatura ainda não consegue esclarecer de que forma os aspectos estudados impactam a compreensão de modelos por diferentes grupos (Dikici; Turetken; Demirors, 2018).

Com o objetivo de esclarecer melhor essas questões, trabalhos futuros poderiam analisar a melhoria da compreensibilidade a partir da opinião dos usuários do modelo. Além disso, o procedimento de avaliação e redesenho poderia ser

replicado em uma quantidade maior de modelos para averiguar quais as principais dificuldades no atendimento das diretrizes e quais as soluções encontradas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diretrizes de modelagem são importantes norteadores do trabalho dos modeladores para garantir a padronização e a qualidade dos modelos. Atualmente existe uma grande diversidade de diretrizes espalhadas pela literatura, de forma que sua aplicação pode ser desafiadora. Além disso, o campo de estudo ainda carece de pesquisas sobre como as diretrizes realmente impactam a compreensibilidade dos usuários.

Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo realizar a modelagem de um processo extenso (modelo com alto nível de detalhes e que ultrapassa 31 elementos utilizados) considerando as diretrizes de compreensibilidade. Os objetivos específicos foram a realização de uma revisão integrativa da literatura sobre a compreensibilidade dos modelos de processo, a avaliação e melhoria da compreensibilidade de um modelo de processo extenso e o teste da aplicação de um procedimento para verificação e validação de modelos de processo.

A fim de atender ao objetivo proposto, foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema, e os trabalhos que abordam a compreensibilidade de modelos foram sistematizados por meio da revisão integrativa e foi aplicado o procedimento de pesquisa Modelagem, que foi realizado em quatro fases: conceituação, construção do modelo, validação e resolução do modelo.

Na revisão integrativa foram analisados 14 artigos relacionados a compreensibilidade de modelos de processos, por meio da extração dos seguintes dados: título, autores, ano de publicação, local de publicação, área, objetivo do trabalho, objeto de estudo, notação, teoria abordada, metodologia, resultados e conclusões e limitações e estudos futuros. Como resultado, foi possível observar que não há um entendimento sobre como os aspectos relacionados à qualidade dos modelos afetam a forma como os usuários compreendem os modelos. Os achados são contraditórios em alguns casos, e não está claro como a compreensibilidade pode ser afetada em indivíduos de diferentes grupos. Contudo, é possível encontrar valores limiares e métricas e até ferramentas que visam avaliar de forma quantitativa a qualidade de um modelo, o que pode servir de ajuda para os modeladores.

O modelo de processo estudado foi o de análise de solicitações de matrículas em cursos superiores do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Para a avaliação e melhoria do modelo, adotou-se um ciclo de cinco etapas: avaliação do modelo, com apoio da ferramenta BEBOP; identificação das violações, a partir do relatório gerado pela ferramenta; redesenho, aplicando as diretrizes consideradas relevantes; reavaliação do modelo redesenhado por meio do BEBOP; e por fim, avaliação das melhorias com base no novo relatório. Foram realizados dois ciclos de avaliação e redesenho para que o modelo fosse considerado melhorado e a modelagem fosse encerrada.

A utilização da ferramenta BEBOP mostrou-se adequada para o atendimento do objetivo da pesquisa, pois atendeu à demanda de verificação das diretrizes de compreensibilidade e forneceu um relatório detalhado que possibilitou a melhoria do modelo. Contudo, algumas limitações valem ser destacadas: primeiramente, a ferramenta lê os arquivos *.bpmn* em português, porém o relatório é gerado em inglês ou italiano. Isso pode dificultar o entendimento das orientações contidas no relatório. Em segundo lugar, a ferramenta apresentou alguns erros na leitura dos modelos, como a indicação de rotulagem de *gateways* de junção que não possuíam rótulos e da existência de *gateways* implícitos em um subprocesso evento. Por último, a localização dos pontos no modelo em que foram identificadas as violações não é intuitiva; são apresentados alguns códigos, mas a relação com os elementos não é direta.

Em relação à escolha da ferramenta, esta foi a que demonstrou atender ao maior número de diretrizes encontradas na literatura (Corradini *et al.*, 2018; Snoeck *et al.*, 2015). Porém, por não ter uma ferramenta de modelagem integrada, é necessário construir o modelo em outro aplicativo para então submetê-lo à avaliação. Dessa forma, neste quesito, outras ferramentas como a Signavio ou Bizagi podem ter vantagem. Uma outra maneira de verificar o modelo é através da revisão manual das diretrizes. Neste método, o modelador seleciona um conjunto de diretrizes, com base em um ou mais trabalhos, e avalia individualmente se o modelo atende às recomendações. Este certamente é um trabalho moroso e mais propenso a erros, porém tem a vantagem de que o conjunto de diretrizes é livremente definido pelo modelador.

Tanto as demais ferramentas de verificação quanto a verificação manual poderiam substituir o BEBOP no procedimento de verificação e redesenho adotado nesta pesquisa. No caso da utilização de ferramentas de verificação integradas à modelagem, as etapas de avaliação, identificação e redesenho poderiam ser realizadas de forma simultânea. Os pontos negativos seriam o menor número de diretrizes a serem verificadas e a necessidade de pagamento para utilização completa da ferramenta, dependendo da ferramenta adotada.

Em relação ao número de diretrizes violadas, a redução foi pequena, de 11 para 8 no processo principal. Houve, inclusive, acréscimo de diretrizes violadas devido aos ajustes realizados nos subprocessos. Contudo, em termos qualitativos foi possível observar que houve uma significativa simplificação do modelo. A principal melhoria no modelo foi a redução da quantidade de elementos, de 97 para menos de 31, o que foi obtido pela adoção de uma série de ações como utilização de subprocessos, redistribuição de elementos, remoção de elementos supérfluos, entre outros. As diretrizes que permaneceram violadas foram desconsideradas levando em conta o propósito da modelagem e que divergências na leitura feita pela ferramenta.

A validação do modelo ocorreu por meio do procedimento de verificação e validação de modelos diagramáticos (V&V-DM), envolvendo o especialista na técnica, a modeladora e os participantes do processo. As interações foram realizadas em reuniões virtuais e com apoio do aplicativo Cawemo, que permitiu o compartilhamento de informações e a comunicação entre o especialista na técnica e a modeladora. Para a etapa de validação, os modelos foram apresentados aos participantes utilizando recursos tecnológicos (compartilhamento de tela e monitores de tela grande) para que o modelo estivesse visível para todos. Como os participantes não tinham conhecimento prévio da notação BPMN, foi necessário que a modeladora explicasse o modelo e os elementos aos participantes durante as reuniões de validação.

Como resultado, o modelo do processo de análise de matrículas em cursos superiores do campus Inconfidentes foi representado com alto nível de detalhes e em consonância com as principais diretrizes de compreensibilidade, de forma a favorecer sua utilização pelo IFSULDEMINAS. Esse modelo poderá ser utilizado para transmissão de conhecimento e para análise e melhoria do processo.

As limitações do trabalho estão relacionadas principalmente ao julgamento subjetivo sobre as diretrizes adotadas e as ignoradas, que se deu com base na interpretação da modeladora dos objetivos da modelagem. Diversos autores relatam a necessidade de se estudar de forma mais aprofundada a priorização das diretrizes considerando diferentes grupos e contextos, porém até o momento não há um consenso na literatura, de forma que essa priorização cabe ao modelador. Para minimizar a subjetividade, levou-se em consideração as informações obtidas por meio da revisão integrativa. Outro ponto é a seleção de diretrizes avaliadas, uma vez que foram consideradas apenas as diretrizes verificadas pela ferramenta. A questão pode ter sido minimizada pois as 50 diretrizes propostas por Corradini *et al.* (2018) são bastante semelhantes aos demais trabalhos sobre o assunto; em alguns casos trata-se apenas de um detalhamento maior das diretrizes verificadas pela ferramenta.

Além disso, a pesquisa avaliou a melhoria da compreensibilidade baseada no atendimento às diretrizes de modelagem da literatura e não com base na opinião dos usuários do modelo. Pesquisas futuras podem avaliar a opinião dos usuários em relação aos ajustes realizados nos modelos e comparar esses achados em relação à literatura. Esse tipo de pesquisa também pode fornecer o entendimento de quais aspectos influenciam a compreensibilidade do grupo de usuários estudados.

Sobre a utilização da ferramenta, esta foi aplicada em apenas um modelo. Para melhor entendimento sobre a forma como ela pode apoiar a construção de modelos mais compreensíveis, seria necessário repetir o procedimento em um conjunto maior de modelos. Esse tipo de estudo foi realizado por Corradini *et al.* (2018), porém dentro do contexto de modelos de organizações europeias.

Em futuras pesquisas, o procedimento de avaliação e redesenho poderia ser testado em um número maior de modelos de organizações públicas e privadas e de diferentes tipos (processos de serviço, de manufatura, de produção, entre outros) e tamanhos (simples, médios e extensos) para verificar se os resultados seriam semelhantes. O procedimento também pode ser experimentado em conjunto com outras ferramentas e/ou com a verificação manual das diretrizes, tendo como apoio o Manual de Boas Práticas que se originou desta pesquisa.

O Manual de Boas Práticas em Modelagem de Processos é um produto técnico baseado nos resultados encontrados na revisão da literatura, mais especificamente

na revisão integrativa, que tem por objetivo ajudar os modeladores de instituições públicas e privadas a construírem modelos de processo com mais qualidade. A elaboração do manual atende à regra do Mestrado Profissional de apresentação de um produto técnico originado da dissertação.

O propósito do Manual é fornecer uma orientação para os modeladores, com o objetivo de melhorar a qualidade de seus modelos. Ele apresenta, de maneira clara e simples, as principais diretrizes, acompanhadas de exemplos práticos para a aplicação dessas recomendações e foi elaborado com base no conjunto de recomendações utilizado para o redesenho do modelo no procedimento de verificação e redesenho. Contudo, sua utilização não precisa estar vinculada ao procedimento adotado na pesquisa.

O Manual vem ao encontro da demanda identificada em relação a aplicações práticas das diretrizes (Avila *et al.*, 2021). A disponibilização do documento para comunidade segue a estratégia do programa de Mestrado e os termos da parceria com o IFSULDEMINAS, podendo ser utilizado pela universidade, pelo instituto federal ou ainda disponibilizado a outras instituições públicas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. **Uso integrado da ferramenta BPMN e da gestão de riscos em um processo de uma instituição federal de ensino superior**. 2019. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

ALVES, T. D. S. **Desempenho estratégico orientado a processos, competências e indicadores**: proposições para as bibliotecas do Instituto Federal do Rio de Janeiro. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ABPMP - ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio: corpo comum de conhecimento** (ABPMP BPM CBOK v. 3.0). 1. ed. Association of Business Process Management Professionals, 2013.

AVILA, D. T.; SANTOS, R. I.; MENDLING, J.; THOM, L. H. A systematic literature review of process modeling guidelines and their empirical support. **Business Process Management Journal**, v. 27, n. 1, p. 1–23, 2021.

BARBOSA, M. A. **Aplicação integrada das técnicas de modelagem BPMN e DMN em um processo administrativo de uma Instituição Federal de Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BITENCOURT, M. **Guia de Referência para Modelagem de Processos e Regras de Decisão**, 2021.

BRANDI, L. S. N. **Gestão por Processos de Negócios**: uma Proposta para Administração Pública Municipal. 2013. Tese. (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, 1988.

\_\_\_\_\_. **Lei no 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF. 2008.

\_\_\_\_\_. **Lei no 12.711, de 29 de agosto de 2012**. Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências. Brasília, DF. 2012.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.460, de 26 de junho de 2017**. Dispõe sobre participação, proteção e defesa dos direitos do usuário dos serviços públicos da administração pública. Brasília, DF. 2017.

BONILHA, A. O. **Gestão de processos: o uso da modelagem como ferramenta de melhoria no exame do índice constitucional de manutenção e desenvolvimento do ensino (MDE)**. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

CAMPOS, A. L. N. **Modelagem de processos com BPMN**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2014.

CHINOSI, M.; TROMBETTA, A. BPMN: An introduction to the standard. **Computer Standards & Interfaces**, v. 34, n. 1, p. 124–134, jan. 2012.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 4 ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

COMBI, C.; OLIBONI, B.; ZERBATO, F. A modular approach to the specification and management of time duration constraints in BPMN. **Information Systems**, v. 84, mai. 2019.

CORRADINI, F.; FERRARI, A.; FORNARI, F.; GNESI, S.; POLINI, A.; RE, B.; SPAGNOLO, G. O. A Guidelines framework for understandable BPMN models. **Data and Knowledge Engineering**, v. 113, p. 129–154, jan. 2018a.

CORRADINI, F.; FERRARI, A.; FORNARI, F.; GNESI, S.; POLINI, A.; RE, B.; SPAGNOLO, G. O. **Quality Assessment Strategy: Applying Business Process Modelling Understandability Guidelines**. Universidade de Camerino, Itália, abr. 2018b.

DANI, V. S.; FREITAS, C. M. D. S.; THOM, L. H. Ten years of visualization of business process models: A systematic literature review. **Computer Standards and Interfaces**, v. 66, out. 2019.

DIKICI, A.; TURETKEN, O.; DEMIRORS, O. Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 93, p. 112 - 129, jan. 2018.

DUMAS, M.; LA ROSA, M.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A. **Fundamentals of Business Process Management**. 2. ed. Berlim: Springer Berlin, Heidelberg, 2018.

FAYER, J. F. **Gestão de processos na administração pública** – um estudo sobre os limites e possibilidades na implantação e aperfeiçoamento. 2013. Dissertação. (Mestrado Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

FIGL, K. Comprehension of Procedural Visual Business Process Models: A Literature Review. **Business and Information Systems Engineering**, v. 59, n. 1, p. 41–67, 2017.

FIGL, K.; LAUE, R. Influence factors for local comprehensibility of process models. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 82, p. 96–110, out. 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GISSONI, L. R. M. **Implantação de mapeamento de processos de trabalho no setor de transporte de uma Instituição Federal de Ensino**. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.

GULLEDGE, T. R.; SOMMER, R. A. Business process management: Public sector implications. **Business Process Management Journal**, v. 8., n. 4, p. 364–376.

IFSULDEMINAS - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS. Portal do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. **Histórico.** 2018. Disponível em: <https://portal.ifs.ifsuldeminas.edu.br/index.php/component/content/article/67-institucional/sobre-o-campus/87-historico>. Acesso em: 27 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa PROEN no 01, de 18 de março de 2019.** Dispõe sobre a organização do processo e procedimentos necessários à execução das Análises Socioeconômicas dos candidatos inscritos nas vagas reservadas às Ações Afirmativas dos Vestibulares do IFSULDEMINAS. Pouso Alegre: Pró Reitoria de Ensino, 2019.

\_\_\_\_\_. Portal do IFSULDEMINAS. **O Instituto.** 2020a. Disponível em: <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/o-instituto>. Acesso em: 27 nov. 2021.

\_\_\_\_\_. Conselho Superior. **Resolução CONSUP no 11, de 08 de junho de 2020.** Dispõe sobre a aprovação “ad referendum” dos procedimentos de heteroidentificação complementar à autodeclaração dos (as) candidatos (as) pretos (as) e pardos (as) para fins de preenchimento das vagas reservadas em todos os cursos regulares ofertados no âmbito do IFSULDEMINAS, que apresentem reserva de vagas de caráter racial. Pouso Alegre: Conselho Superior, 2020b.

\_\_\_\_\_. Conselho Superior. **Resolução CONSUP no 118, de 15 de setembro de 2021.** Dispõe sobre as ações e procedimentos do Processo Seletivo para ingresso de discentes nos cursos técnicos de nível médio, superiores de graduação e pós-graduação ofertados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS. Pouso Alegre: Conselho Superior, 2021.

KAHLOUN, F.; GHANNOUCHI, S. A. Improvement of Quality for Business Process Modeling Driven by Guidelines. **Procedia Computer Science**, v. 126, p. 39–48, 2018.

KOHLBACHER, M. The effects of process orientation: a literature review. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 1, p. 135-152, fev. 2010.

KREGEL, I.; DISTEL, B.; CONERS, A. Business Process Management Culture in Public Administration and Its Determinants. **Business & Information Systems Engineering**, p. 1–21, 2021.

KUMMER, T. F.; RECKER, J.; MENDLING, J. Enhancing understandability of process models through cultural-dependent color adjustments. **Decision Support Systems**, v. 87, 1–12, jul. 2016.

LEARN PAD. **Learn Pad/The Project**. In: LEARN PAD/Model-Based Social Learning for Public Administrations. 2014. Disponível em: <http://www.learnpad.eu/>. Acesso em 06 jul. 2023.

LEOPOLD, H.; MENDLING, J.; GÜNTHER, O. Learning from quality issues of BPMN models from industry. **CEUR Workshop Proceedings**, v. 1701, p. 36–39, 2016.

MENDLING, J.; REIJERS, H. A.; AALST, W. M. P. Seven process modeling guidelines (7PMG). **Information and Software Technology**, v. 52, n. 2, p. 127–136, 2010.

MENDLING, J.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCÍA, F.; ROSA, M. Thresholds for error probability measures of business process models. **Journal of Systems and Software**, v. 85, n. 5, p. 1188–1197, mai. 2012.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC. **Plataforma Nilo Peçanha - PNP, 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnp>. Acesso em: 27 nov. 2021

MINISTÉRIO DA GESTÃO E INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Conheça as diretrizes da Estratégia de Governo Digital - 2020 a 2023**, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/EGD2020/estrategia-de-governo-digital-2020-2022>. Acesso em 06 jul. 2023.

MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 46–58, 1974.

MÜCKENBERGER, E.; TOGASHI, G. B.; PADUA, S. I. D.; MIURA, I. K. Gestão de processos aplicada à realização de convênios internacionais bilaterais em uma instituição de ensino superior pública brasileira. **Production**, v. 23, n. 3, p. 637–651, jul. 2013.

OBJECT MANAGEMENT GROUP - OMG. **Business Process Model and Notation - BPMN**. v. 2.0.2. *In*: OBJECT MANAGEMENT GROUP - OMG. Business Process Model and Notation – BPMN, *SPECIFICATIONS Download the standard*. 2014. Disponível em: <https://www.omg.org/bpmn>. Acesso em: 30 set. 2022.

OCA, I. M. M.; SNOECK, M. **Pragmatic Guidelines for Business Process Modeling**. KU Leuven – FEB - Management Information Systems Group, nov. 2014.

OCA, I. M. M.; SNOECK, M.; REIJERS, H. A.; RODRÍGUEZ-MORFFI, A. A systematic literature review of studies on business process modeling quality. **Information and Software Technology**, v. 58, p. 187–205, fev. 2015.

PAINES, A. T. **A execução orçamentária e financeira da UFSM**: uma análise via mapeamento de processo e mensuração dos custos dos materiais de consumo e bens permanentes. 2018. Dissertação (Mestrado em Gestão de Organizações Públicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

PAULA, V. M. F. **O gerenciamento por processos na administração pública**: o caso da UFSCAR. 2008. Dissertação. (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2008.

PAVANI JÚNIOR, O.; SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e Gestão por Processos - BPM**. Gestão orientada à entrega por meio de objetos. Metodologia GAUSS. 1 ed. São Paulo: M. Books, 2011.

PEREIRA, J. L.; FREITAS, A. P. Towards a characterization of BPM tools' simulation support: The case of BPMN process models. **International Journal for Quality Research**, v. 13, n. 4, p. 783–796, 2019.

RINALDI, M.; MONTANARI, R.; BOTTANI, E. Improving the efficiency of public administrations through business process reengineering and simulation A case study. **Business Process Management Journal**, v. 21, n. 2, p. 419–462, abr. 2015.

REIJERS, H. A.; FREYTAG, T.; MENDLING, J.; ECKLEDER, A. Syntax highlighting in business process models. **Decision Support Systems**, v. 51, n. 3, p. 339–349, jun. 2011.

ROCHA, R. P. **Modelagem e análise do processo administrativo de compras de uma Instituição Federal de Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCÍA, F.; RUIZ, F.; MENDLING, J. Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective. **Information and Software Technology**, v. 54, n. 11, p. 1159–1174, nov. 2012.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCÍA, F.; RUIZ, F.; PIATTINI, M. A case study about the improvement of business process models driven by indicators. **Software and Systems Modeling**, v. 16, n. 3, p. 759–788, jul. 2017.

SANTIAGO, R. S. S. **Gestão de Processos na Administração Pública: proposta de um plano de melhoria para o processo de prestação de contas da UFRRJ**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Estratégica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

SILVA, M. H. **Modelagem de processos, decisões e falhas**: uma aplicação no contexto de serviços da política nacional de assistência estudantil. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021.

SORDI, J. O. **Gestão por processos**: uma abordagem da moderna administração. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

SOUZA, L., LEAL, F. A utilização da notação BPMN na modelagem de processos no setor público brasileiro: uma revisão de literatura. *In*: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 28, SIMPEP, 2021, Bauru. Anais [...] Bauru, 2022.

THOM, L. T., IOCHPE, C. **BPMN 2.0 - Notação e Modelo de Processo de Negócio**. *In*: BPM Offensive Berlin, BPMN 2.0 Poster. Berlin: BPM Offensive Berlin, 2015. Disponível em: <http://www.bpmb.de/index.php/BPMNPoster>. Acesso em 30 set. 2022.

WHITTEMORE, R., KNAFL, K. The integrative review: Updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546–553, nov. 2005.

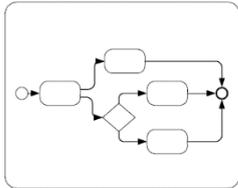
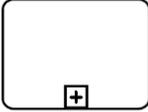
WESKE, M. **Business process management**: Concepts, languages, architectures. 1 ed. Nova York: Springer Berlin Heidelberg, 2007.

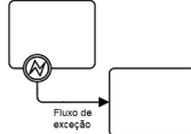
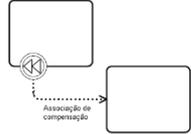
YAHYA, F.; BOUKADI, K.; BEN-ABDALLAH, H. Improving the quality of Business Process Models: Lesson learned from the State of the Art. **Business Process Management Journal**, v. 25, n. 6, p. 1357–1376, set. 2019.

## APÊNDICE A - Principais elementos da notação BPMN

Os textos destacados em **negrito** representam os elementos mais genéricos (eventos, atividades, *gateways* etc.), enquanto os textos com destaque em *itálico* ou sem nenhum destaque representam suas subdivisões ou características específicas.

| Elemento                                       |   | Descrição   | Notação   |
|--|---|---|---|
| <b>Evento</b>                                  |   | É algo que "acontece" durante o curso de um processo e afeta o fluxo do modelo. Geralmente têm uma causa (gatilho) ou um impacto (resultado). Eventos são círculos com centros abertos para permitir que marcadores internos diferenciem diferentes gatilhos ou resultados. Podem ser de Início, Intermediários ou de Fim.  |   |
| <i>Dimensão de Fluxo</i>                       | <i>Evento de início</i>   | Como o nome indica, o evento de início indica onde um determinado processo começará.  |    |
|  | <i>Evento intermediário</i>   | Os eventos intermediários ocorrem entre um evento de início e um evento de fim. Eles afetarão o fluxo do processo, mas não iniciarão ou (diretamente) encerrarão o processo.  |   |
|  | <i>Evento de fim</i>  | O evento de fim indica onde um processo terminará.  |  |
| <i>Dimensão do tipo (especificados abaixo)</i> |   | O evento de início e alguns eventos intermediários têm "gatilhos" que definem a causa do evento. Os eventos de início só podem reagir ("capturar") um gatilho. Eventos finais só podem criar ("disparar") um resultado. Eventos intermediários podem pegar ou jogar gatilhos. Para os eventos de captura, os marcadores estão vazios e para gatilhos e resultados que disparam, os marcadores são preenchidos. Além disso, alguns eventos podem ser usados de modo que não interrompa o processo (borda tracejada). |   |
| <i>Tipo Mensagem</i>                           | Recebimento e envio de mensagens  |   |  |
| <i>Tipo Tempo</i>                              | Podem representar pontos, instantes, intervalos ou limites de tempo.            |   |  |
| <i>Tipo Condicional</i>                        | Representam as reações a alterações nas condições ou regras de negócio.         |   |  |
| <i>Tipo Erro</i>                               | Referem-se à captura ou inserção de erros pré-identificados.                    |   |  |
| <i>Tipo Compensação</i>                        | Tratamento ou ativação de ação de compensação.                                  |   |  |
| <i>Tipo Terminal</i>                           | Indicam que todas as atividades do processo devem ser encerradas imediatamente. |    |   |
| <b>Atividade (tarefa ou subprocesso)</b>       |   | Uma atividade é um termo genérico para o trabalho que a organização executa em um processo. Uma atividade pode ser atômica ou não-atômica (composta). Os tipos de atividades que fazem parte  |  |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | de um modelo de processo são subprocesso e tarefa.  |   |
| <i>Tarefa</i>                               | Uma tarefa é uma atividade atômica incluída em um processo, usada quando o trabalho não é dividido em um nível mais fino de detalhes.   |    |
| <i>Subprocesso (expandido ou colapsado)</i> | Um subprocesso é uma atividade composta que está incluída dentro de um processo, podendo ser dividido em um nível com mais detalhes através de um conjunto de sub-atividades. Pode ser do tipo expandido ou colapsado.  |   |
| Subprocesso Expandido                       | O limite do subprocesso é expandido e os detalhes (um processo) são visíveis dentro de seu limite. Os fluxos de sequência não podem cruzar o limite de um subprocesso.  |    |
| Subprocesso Colapsado                       | Os detalhes do subprocesso não estão visíveis no diagrama. Um sinal de "mais" no centro inferior da forma indica que a atividade é um subprocesso e tem um nível inferior de detalhes.  |    |
| <i>Atividade de chamada</i>                 | A atividade de chamada atua na invocação de um processo global ou tarefa global dentro da execução do processo. A ativação de uma atividade de chamada resulta na transferência de controle para o chamado processo global ou tarefa global.                      |   |
| <b>Gateway</b>                              | Um <i>gateway</i> é usado para controlar a divergência e convergência de fluxos de sequência em um processo. Assim, determinará ramificação, bifurcação, fusão e junção de caminhos. Marcadores internos indicarão o tipo de controle de comportamento.           |   |
| <i>Gateway Exclusivo (OU Exclusivo)</i>     | É usado para criar caminhos alternativos dentro de um fluxo de processo. Para uma determinada instância do processo, apenas um dos caminhos pode ser tomado.  |  |
| <i>Gateway Baseado em eventos</i>           | Representa um ponto de ramificação no processo em que os caminhos alternativos que seguem o <i>gateway</i> são baseados em eventos que ocorrem, em vez de decisões.   |  |
| <i>Gateway Paralelo (E)</i>                 | É usado para sincronizar (combinar) fluxos paralelos e para criar fluxos paralelos. Um <i>gateway</i> paralelo cria caminhos paralelos sem verificar nenhuma condição.  |  |
| <i>Gateway OU Inclusivo</i>                 | Pode ser usado para criar caminhos alternativos, mas também paralelos dentro de um fluxo de processo. Ao contrário do <i>gateway</i> exclusivo, todas as expressões de condição são avaliadas. Como cada caminho é considerado independente, todas as combinações |  |

|                                  |   |   |
|----------------------------------|---|---|
|                                  | dos caminhos podem ser tomadas, de zero a todos. No entanto, ele deve ser projetado para que pelo menos um caminho seja tomado.   |   |
| <b>Fluxo de sequência</b>        | Um fluxo de sequência é usado para mostrar a ordem em que as atividades serão executadas em um processo.  |    |
| <i>Fluxo padrão</i>              | Esse fluxo será usado somente se todo o outro fluxo condicional de saída não for verdadeiro. Esses fluxos de sequência terão uma barra diagonal que será adicionada ao início do conector.  |    |
| <i>Fluxo de exceção</i>          | O fluxo de exceção ocorre fora do fluxo normal do processo e é baseado em um evento intermediário anexado ao limite de uma atividade que ocorre durante a execução do processo.   |    |
| <i>Fluxo de Mensagem</i>         | Um fluxo de mensagens é usado para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes que estão preparados para enviá-las e recebê-las.  |    |
| <i>Associação de Compensação</i> | A associação de compensação ocorre fora do fluxo normal do processo e baseia-se em um evento intermediário de compensação que é desencadeado através da falha de uma transação ou de um evento de compensação de lançamento. O alvo da associação deve ser marcado como atividade de compensação. |   |
| <b>Anotação de texto</b>         | As anotações de texto são um mecanismo para um modelador fornecer informações de texto adicionais para o leitor de um diagrama BPMN.  |  |
| <b>Pool (piscina)</b>            | Uma <i>pool</i> é a representação gráfica de um participante em uma colaboração. Uma <i>pool</i> pode ter detalhes internos, na forma do processo que será executado. Ou uma <i>pool</i> pode não ter detalhes internos e ser chamada de " <i>black box</i> " (caixa preta).                      |   |
| <b>Lane (raia)</b>               | Uma <i>lane</i> é uma divisão dentro de uma <i>pool</i> e se estenderá por toda a extensão da <i>pool</i> , vertical ou horizontalmente. As <i>lanes</i> são usadas para organizar e categorizar as atividades.   |   |

Fonte: Fonte: OMG (2014); Thom e Iochpe (2019?)

## APÊNDICE B - 50 diretrizes de modelagem e suas descrições

|    | Nome   | Descrição   |
|----|--|---|
| 1  | Validar modelos  | O modelador deve criar modelos que atendam ao padrão BPMN. Uma vez definida a lógica do processo, o modelador deve validar um modelo garantindo que o modelo esteja sintaticamente correto.   |
| 2  | Minimizar o tamanho do modelo                              | O modelador deve tentar manter os modelos tão pequenos quanto possível. Modelos grandes tendem a conter mais erros. Além disso, eles são difíceis de ler e compreender.   |
| 3  | Aplicar estrutura hierárquica com subprocessos             | O modelador deve criar uma estrutura de modelo hierárquico. Os subprocessos BPMN são usados para dividir o processo em camadas.   |
| 4  | Criar modelos simétricos                                   | O modelador deve modelar o mais estruturado possível. Significa que para cada nó com vários arcos de saída (uma divisão) existe um nó correspondente com vários arcos de entrada (uma junção), de modo que o conjunto de nós entre a divisão e a junção formam uma única entrada região de saída única.         |
| 5  | Destacar o “ <i>sunny day</i> ” ou “caminho feliz”         | O modelador deve tornar a lógica do processo visível no modelo. O caminho feliz - uma sequência de atividades que serão executadas se tudo correr conforme o esperado sem exceções - deve ser facilmente identificado na leitura de um modelo.  |
| 6  | Minimizar a simultaneidade                                 | O modelador deve minimizar o nível de simultaneidade, o que significa reduzir o uso de gateways paralelos e subprocessos <i>ad-hoc</i> .  |
| 7  | Modelar <i>loops</i> por meio de atividades de <i>loop</i> | O modelador deve modelar um <i>loop</i> por meio de atividades com o marcador de <i>loop</i> em vez de usar um <i>loop</i> de fluxo de sequência; isso, sempre que possível, e se essa prática realmente contribuir para a simplificação do modelo.   |
| 8  | Incluir descrições de atividades                           | O modelador deve fornecer uma breve descrição para cada atividade no modelo.  |
| 9  | Minimizar a heterogeneidade dos tipos de <i>gateway</i>    | O modelador deve minimizar a heterogeneidade dos tipos de <i>gateway</i> . O uso de vários tipos de <i>gateway</i> pode causar confusão.  |
| 10 | Use <i>pools</i> de forma consistente                      | O modelador deve definir tantas <i>pools</i> quantos processos e/ou participantes. Use uma <i>pool black box</i> para representar participantes/processos externos. As <i>pools</i> modeladas precisam estar relacionadas entre si e devem ser vinculadas ao processo principal por meio de troca de mensagens. |
| 11 | Use as <i>lanes</i> de forma consistente                   | O modelador deve modelar unidades organizacionais internas como <i>lanes</i> dentro de uma única <i>pool</i> , não como <i>pools</i> separados. Crie uma <i>lane</i> somente se nela for realizada pelo menos uma atividade ou evento intermediário.  |
| 12 | Use eventos de início e fim explicitamente                 | O uso de eventos de início e fim é necessário para representar os diferentes estados que iniciam e concluem o processo modelado.  |
| 13 | Use eventos de início de forma consistente                 | O modelador deve incluir no modelo apenas um evento de início.  |
| 14 | Use eventos finais de forma consistente                    | O modelador deve distinguir estados finais de sucesso e falha em um processo ou subprocesso com eventos finais separados. Eventos finais separados que não representam estados finais distintos devem ser mesclados em um único evento final.   |
| 15 | Restringir o uso dos eventos terminais                     | O modelador deve usar eventos terminais somente quando estritamente necessário.   |
| 16 | Use <i>gateways</i> explícitos                             | O modelador deve dividir ou juntar fluxos de sequência sempre usando <i>gateways</i> . Isso implica que uma atividade pode ter apenas um fluxo de sequência de entrada e apenas um fluxo de sequência de saída.   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 17 | Marcar <i>gateways</i> exclusivos com "X"      | O modelador deve usar o <i>Gateway</i> Exclusivo com o marcador "X" ao invés de usá-lo sem marcador.   |
| 18 | Dividir e juntar fluxos de forma consistente   | O modelador não deve usar <i>gateways</i> para unir e dividir fluxos ao mesmo tempo.   |
| 19 | Balancear o uso de <i>gateways</i>             | O modelador deve sempre usar o mesmo tipo de <i>gateway</i> usado tanto para dividir quanto para unir o fluxo. Por exemplo, quando um fluxo é dividido com um <i>gateway</i> paralelo, os fluxos paralelos resultantes devem ser consolidados por meio de outro <i>gateway</i> paralelo. Não aplique essas diretrizes em <i>gateways</i> complexos ou baseados em evento.  |
| 20 | Use <i>gateways</i> significativos             | O modelador não deve representar <i>gateways</i> que tenham apenas um fluxo de sequência de entrada e apenas um de saída.  |
| 21 | Minimizar o uso de <i>gateway</i> OU inclusivo | O modelador deve minimizar o uso de <i>gateways</i> inclusivos (OU).   |
| 22 | Usar fluxos padrão                             | Sempre que possível, após um <i>gateway</i> exclusivo e um inclusivo, o modelador deve expressar o fluxo padrão. Uma maneira de o modelador garantir que o processo não fique preso em um <i>gateway</i> é usar uma condição padrão para um dos fluxos de sequência de saída. Esse fluxo de sequência padrão sempre será avaliado como verdadeiro se todas as outras condições de fluxo de sequência forem falsas.                                   |
| 23 | Usar mensagens de forma consistente            | O modelador pode representar a troca de mensagens com diferentes elementos, como atividades de mensagem, atividades de recebimento, evento de lançamento, evento de recebimento, entre outros.   |
| 24 | Usar fluxos de mensagens                       | O modelador deve representar fluxos de mensagens com todos os eventos de mensagem e tarefas de envio/recebimento. Se em um subprocesso estiverem presentes mais fluxos de mensagens para a mesma <i>pool</i> , o modelador deve mostrar no máximo dois fluxos de mensagens no processo de nível superior: um para todos os fluxos de mensagens de saída e outro para todos os fluxos de mensagens de entrada com esse <i>pool</i> .                  |
| 25 | Use tipos de tarefas de forma consistente      | O modelador deve distinguir os tipos de tarefas, por exemplo, tarefas manuais, tarefas de usuário e tarefas de serviço.  |
| 26 | Documentar pequenos detalhes                   | O modelador deve deixar os detalhes para a documentação, mantendo os rótulos simples e limitando o uso de anotações de texto.  |
| 27 | Usar uma convenção de rotulagem                | O modelador não deve usar nomes curtos ou abreviações. O nome deve enfatizar o objetivo e os detalhes da atividade podem ser capturados em comentários ou documentação.  |
| 28 | Rotular as <i>pools</i>                        | O modelador deve rotular as <i>pools</i> usando o nome dos participantes. A <i>pool</i> principal pode ser rotulada usando o nome do processo. Se uma <i>pool</i> estiver presente em um subprocesso, o nome da <i>pool</i> deve ser o mesmo da <i>pool</i> de processos de nível superior que inclui a atividade do subprocesso. Isso significa que a <i>pool</i> do processo de nível superior e a <i>pool</i> do subprocesso precisam ser iguais. |
| 29 | Rotular as <i>lanes</i>                        | O modelador deve sempre atribuir um rótulo às <i>lanes</i> . O rótulo deve identificar o participante responsável pelo processo.   |
| 30 | Rotular as atividades                          | O modelador deve rotular as atividades com um verbo e um objeto. O modelador não deve rotular várias atividades com o mesmo nome, exceto para as mesmas atividades de chamada usadas muitas vezes no processo.   |
| 31 | Rotular eventos                                | O modelador deve modelar todos os eventos com um rótulo representando o estado do processo. Eventos do tipo mensagem, sinal e erro devem ser rotulados com um particípio passado usando um verbo ativo; eventos de <i>link</i> devem ser rotulados com um  |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    |   | substantivo; eventos condicionais devem ser rotulados com a condição que os desencadeia; eventos de tempo devem ser rotulados com hora-data ou programação.  |
| 32 | Rotular eventos de início e fim                         | O modelador não deve rotular o evento de início e final se houver apenas uma instância deles.  |
| 33 | Rotular eventos de mensagem                             | O modelador deve desenhar um fluxo de mensagens sempre que usar um evento de mensagem e deve rotular o evento.   |
| 34 | Rotular <i>gateways</i> XOR com uma frase interrogativa | O modelador deve rotular <i>gateways</i> de divisão XOR com uma frase interrogativa (não rotular <i>gateways</i> de junção XOR). Os fluxos de sequência que saem de <i>gateways</i> divergentes devem ser rotulados usando suas condições associadas declaradas como resultados.   |
| 35 | Omitir rótulos em <i>gateways</i> AND                   | O modelador deve omitir rótulos em divisões e junções AND (e fluxos de sequência conectando-os).   |
| 36 | Não rotular <i>gateways</i> convergentes                | O modelador não deve rotular <i>gateways</i> convergentes.   |
| 37 | Rotular objetos de dados                                | O modelador deve rotular os objetos de dados usando um substantivo qualificado que seja o nome de um objeto de negócios.   |
| 38 | Rotular final/divisão de forma sincronizada             | O modelador deve combinar os rótulos dos estados finais do subprocesso com os rótulos de um <i>gateway</i> imediatamente após o subprocesso.   |
| 39 | Incluir uma anotação de texto a um <i>loop</i>          | O modelador deve associar uma anotação de texto a um <i>loop</i> representado com um marcador de <i>loop</i> para expressar a condição.  |
| 40 | Reduzir número de atividades redundantes                | O modelador deve integrar atividades que podem ser executadas pela mesma pessoa. O modelador pode representar essas atividades como uma única atividade ou pode representá-las em um subprocesso. Um conjunto de atividades consecutivas na mesma <i>lane</i> (ou em uma <i>pool</i> sem raias) pode indicar falta de detalhes do participante, muitos detalhes ou um desalinhamento no escopo.  |
| 41 | Usar subprocessos                                       | O modelador deve fazer uso de subprocessos para agrupar atividades com o mesmo propósito quando: um conjunto de atividades consecutivas tem um dono diferente do dono do processo principal; um conjunto de atividades consecutivas tem um objetivo diferente do principal; um processo ou um fragmento deve ser reutilizado em outro processo (use Atividades de Chamada neste caso)  |
| 42 | Usar subprocessos para definir o escopo de um evento    | O modelador deve usar um subprocesso com evento anexado para definir claramente o escopo de um evento. Se a resposta ao tratamento de uma exceção (no uso de eventos de borda) for a mesma para todas as atividades dentro de um segmento contíguo do processo, o modelador não deve anexar o mesmo evento de fronteira a todas as atividades e não deve representar o mesmo fluxo de exceção várias vezes.  |
| 43 | Projetar modelos puros e consistentes                   | O modelador deve manter o modelo o mais limpo e organizado possível seguindo esta lista de conselhos: maximize o número de objetos de conexão desenhados ortogonalmente; minimize a área de desenho; evite elementos sobrepostos; faça seus modelos longos e finos (em vez de quadrados); maximize o número de objetos conectados respeitando a direção do fluxo de trabalho; adapte o tamanho dos objetos para que os elementos tenham espaço suficiente. |
| 44 | Evitar sobreposição de elementos                        | O modelador deve evitar sobrepor ou cruzar elementos BPMN.   |
| 45 | Usar fluxos de sequência linear                         | O modelador deve usar fluxos de sequência linear sem dobras inúteis.   |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 46 | Usar fluxos de mensagens lineares           | O modelador deve usar fluxos de mensagens lineares sem dobras inúteis.   |
| 47 | Usar uma orientação de processo consistente | O modelador deve desenhar <i>pools</i> horizontalmente e usar um <i>layout</i> consistente com fluxos de sequência horizontal e fluxos e associações de mensagens verticais.   |
| 48 | Organizar os fluxos dos artefatos           | O modelador deve agrupar fluxos de artefatos, se houver vários artefatos.  |
| 49 | Associar objetos de dados consistentemente  | O modelador deve associar objetos de dados apenas a atividades.  |
| 50 | Manter um formato padrão                    | O modelador deve manter um formato único ao longo dos diagramas e focar em uma aparência limpa e amigável. O uso de diferentes tamanhos de fonte, cores, tamanhos de caixas ou rótulos sobrepostos pode tornar a leitura dos diagramas um desafio. |

Fonte: adaptado de Corradini *et al.* (2018a e 2018b)

APÊNDICE C – Resultado da busca de estudos para a revisão integrativa antes do refinamento

| #  | Base           | Título  | Autores   | Ano  | DOI   |
|----|----------------|---|---|------|---|
| 1  | Scopus         | A case study about the improvement of business process models driven by indicators  | Sánchez-González, L., García, F., Ruiz, F., Piattini, M.                      | 2017 | <a href="https://doi-org.ez368.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10270-015-0482-0">https://doi-org.ez368.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10270-015-0482-0</a> |
| 2  | WOS            |   |   |      |   |
| 3  | Science Direct | A formal approach to modeling and verification of business process collaborations   | Corradini, F.; Fornari, F.; Polini, A.; Re, B.; Tiezzi, F.                    | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.scico.2018.05.008">https://doi.org/10.1016/j.scico.2018.05.008</a>   |
| 4  | Scopus         | A Guidelines framework for understandable BPMN models   | Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., ...Re, B., Spagnolo, G.O.            | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.datak.2017.11.003">https://doi.org/10.1016/j.datak.2017.11.003</a>   |
| 5  | WOS            |   |   |      |   |
| 6  | Science Direct |   |   |      |   |
| 7  | Science Direct | A method for generation and design of business processes with business rules  | Kluza, K., Nalepa, G.   | 2017 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.07.001">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.07.001</a>   |
| 8  | Science Direct | A model-driven transformation approach for the modelling of processes in clinical practice guidelines   | Martínez-Salvador, B., Marcos, M., Palau, P., Mafé, E.                        | 2023 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102495">https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102495</a>   |
| 9  | Science Direct | A new model for assessing the impact of the urban intelligent transportation system, farmers' knowledge and business processes on the success of green supply chain management system for urban distribution of agricultural products | Rajabion, L., Khorraminia, M., Andjomshoaa, A., Ghafouri-Azar, M., Molavi, H. | 2019 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.05.007">https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.05.007</a>   |
| 10 | Science Direct | A process ontology based approach to easing semantic ambiguity in business process modeling   | Fan, S., Hua, Z., Storey, V., ZHao, L.  | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.datak.2016.01.001">https://doi.org/10.1016/j.datak.2016.01.001</a>   |
| 11 | Science Direct | A Simulation Approach in Process Mining Conformance Analysis. The Introduction of a Brand New BPMN Element.   | Converso, G., Valerio, M., Murino, T., Santillo, L.                           | 2014 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.03.008">https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.03.008</a>   |
| 12 | Science Direct | A study on the effects of routing symbol design on process model comprehension  | Figl, K., Recker, J., Mendling, J.  | 2013 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.10.037">https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.10.037</a>   |
| 13 | Science Direct | A survey of modeling language specification techniques  | Bork, D., Karagiannis, D., Pittl, B.  | 2020 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101425">https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101425</a>   |
| 14 | Scopus         | A systematic literature review of process modeling guidelines and their empirical support   | Avila, D.T., dos Santos, R.I., Mendling, J., Thom, L.H.                       | 2021 | <a href="https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0407">https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0407</a>   |
| 15 | WOS            |   |   |      |   |

|    |                |   |   |      |   |
|----|----------------|---|---|------|---|
| 16 | Science Direct | A systematic literature review of studies on business process modeling quality                        | Oca, I. M. M., Snoeck, M., Reijers, H. A., Rodríguez-Morffi, A.                             | 2015 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.011">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.011</a>   |
| 17 | Science Direct | Aligning an ERP system with enterprise requirements: An object-process based approach                 | Soffer, P., Golany, B., Dori, D.  | 2005 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.03.002">https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.03.002</a> |
| 18 | Science Direct | APROMORE: An advanced process model repository  | Rosa, M., Reijers, H., Aalst, W., Dijkman, R., Mendling, J., Dumas, M., García-Bañuelos, L. | 2011 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.012">https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.012</a>       |
| 19 | Science Direct | Automated discovery of structured process models from event logs: The discover-and-structure approach | Augusto, A., Conforti, R., Dumas, M., Rosa, M., Bruno, G.                                   | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.datak.2018.04.007">https://doi.org/10.1016/j.datak.2018.04.007</a>     |
| 20 | Science Direct | BPMN: An introduction to the standard   | Chinosi, M., Trombetta, A.  | 2012 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002">https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002</a>         |
| 21 | Science Direct | Business process model refactoring applying IBUPROFEN. An industrial evaluation                       | Pérez-Castillo, R., Fernández-Ropero, M., Piattini, M.                                      | 2019 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.10.012">https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.10.012</a>         |
| 22 | Scopus         | Business process reengineering: A process based management tool                                       | Bhaskar, H.L.   | 2018 | <a href="http://dx.doi.org/10.5937/sjm13-13188">http://dx.doi.org/10.5937/sjm13-13188</a>                 |
| 23 | WOS            |   |   |      |   |
| 24 | Scopus         | Conceptual modeling of accounting information systems: A comparative study of REA and ER diagrams     | Poels, G.   | 2003 | <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-540-39597-3_15">https://doi.org/10.1007/978-3-540-39597-3_15</a>   |
| 25 | Science Direct | Configuration vs. adaptation for business process variant maintenance: An empirical study             | Döhring, M., Reijers, H. A., Smirnov, S.  | 2014 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2013.06.002">https://doi.org/10.1016/j.is.2013.06.002</a>           |
| 26 | Scopus         | Converting unstructured into semi-structured process models   | Eshuis, R., Kumar, A.   | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.datak.2015.10.003">https://doi.org/10.1016/j.datak.2015.10.003</a>     |
| 27 | WOS            |   |   |      |   |
| 28 | Science Direct |   |   |      |   |
| 29 | Scopus         | Detection of naming convention violations in process models for different languages                   | Leopold, H., Eid-Sabbagh, R.H., Mendling, J., Azevedo, L.G., Baião, F.A.                    | 2013 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.014">https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.014</a>         |
| 30 | WOS            |   |   |      |   |
| 31 | Science Direct | Detection of naming convention violations in process models for different languages                   | Leopold, H.; Eid-Sabbagh, R.H.; Mendling, J.; Azevedo, L.G.; Baiao, F.A.                    | 2013 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.014">https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.014</a>         |

|    |                |   |   |      |   |
|----|----------------|---|---|------|---|
| 32 | Science Direct | Efficiently interpreting traces of low level events in business process logs                                | Fazzinga, B., Flesca, S., Furfaro, F., Masciari, E., Pontieri, L. | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2017.11.001">https://doi.org/10.1016/j.is.2017.11.001</a>                 |
| 33 | Science Direct | Enhancing understandability of process models through cultural-dependent color adjustments                  | Kummer, T., Recker, J., Mendling, J.                              | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.04.004">https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.04.004</a>               |
| 34 | Science Direct | Every apprentice needs a master: Feedback-based effectiveness improvements for process model matching       | Klinkmüller, C., Weber, I.  | 2021 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101612">https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101612</a>                 |
| 35 | Science Direct | Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review                 | Dikici, A., Turetken, O., Demirors, O.                            | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.001">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.001</a>         |
| 36 | Science Direct | From conceptual models to schemata: An object-process-based data warehouse construction method              | Dori, D., Feldman, R., Sturm, A.                                  | 2008 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2008.02.002">https://doi.org/10.1016/j.is.2008.02.002</a>                 |
| 37 | Science Direct | Global Manufacturing In Networks A Method To Model Value-added Networks Based On Business Capabilities      | Sternemann, K., Homann, U.  | 2005 | <a href="https://doi.org/10.3182/20050703-6-CZ-1902.01537">https://doi.org/10.3182/20050703-6-CZ-1902.01537</a> |
| 38 | Science Direct | GoBIS: An integrated framework to analyse the goal and business process perspectives in information systems | Ruiz, M., Costal, D., España, S., Franch, X., Pastor, O.          | 2015 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2015.03.007">https://doi.org/10.1016/j.is.2015.03.007</a>                 |
| 39 | Scopus         | Guidelines for Business Rule Modeling Decisions   | Wang, W.; Indulska, M.; Sadiq, S.                                 | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1080/08874417.2017.1285683">https://doi.org/10.1080/08874417.2017.1285683</a>       |
| 40 | WOS            |   |   |      |   |
| 41 | Science Direct | Impact of the conceptual model's representation format on identifying and understanding user stories        | Trkman, M., Mendling, J., Krisper, M., Trkman, P.                 | 2019 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.08.001">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.08.001</a>         |
| 42 | Science Direct | Implementation of telecommunications cross-industry collaboration through agile project management          | Saragih, L., Dachyar, M., Zagloel, Y.                             | 2021 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07013">https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07013</a>       |
| 43 | Science Direct | Improved model management with aggregated business process models   | Reijers, H.A., Mans, R., Toorn, R.A.                              | 2009 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.datak.2008.09.004">https://doi.org/10.1016/j.datak.2008.09.004</a>           |
| 44 | Science Direct | Improvement of Quality for Business Process Modeling Driven by Guidelines                                   | Kahloun, F., Ghannouchi, S.                                       | 2018 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.207">https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.207</a>           |
| 45 | Scopus         | Improving the quality of Business Process Models: Lesson learned from the State of the Art                  | Yahya, F; Boukadi, K; Ben-Abdallah, H.                            | 2019 | <a href="https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2017-0327">https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2017-0327</a>               |
| 46 | WOS            |   |   |      |   |
| 47 | Science Direct | Influence factors for local comprehensibility of process models   | Figl, K., Laue, R.  | 2015 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.05.007">https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.05.007</a>           |
| 48 | Science Direct | Invariant conditions in value system simulation models  | Laurier, W., Poels, G.  | 2013 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.009">https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.009</a>               |

|    |                |  |   |      |   |
|----|----------------|--|---|------|---|
| 49 | Science Direct | IT-CMF and BPM Critical Capability: Improving Software Development Lab on academic context                                       | Moura, F. L., Sá-Soares, F., Kubis, H., Kawashita, I., Mota, J., Takagi, N. | 2021 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.152">https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.152</a>       |
| 50 | Scopus         | Learning from quality issues of BPMN models from industry  | Leopold, H., Mendling, J., Gunther, O.                                      | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1109/MS.2015.81">https://doi.org/10.1109/MS.2015.81</a>                         |
| 51 | Science Direct | Modelling and executing IoT-enhanced business processes through BPMN and microservices   | Valderas, P., Torres, V., Serral, E.  | 2022 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111139">https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111139</a>           |
| 52 | Science Direct | Multi-abstraction layered business process modeling  | Nuffel, D., Backer, M.  | 2012 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.compind.2011.12.001">https://doi.org/10.1016/j.compind.2011.12.001</a>   |
| 53 | Science Direct | On the declarative paradigm in hybrid business process representations: A conceptual framework and a systematic literature study | Andaloussi, A., Burattin, A., Slaats, T., Kindler, E., Weber, B.            | 2020 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101505">https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101505</a>             |
| 54 | Science Direct | On the refactoring of activity labels in business process models   | Leopold, H., Smirnov, S., Mendling, J.                                      | 2012 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2012.01.004">https://doi.org/10.1016/j.is.2012.01.004</a>             |
| 55 | Science Direct | Petri net-based object-centric processes with read-only data   | Ghilardi, S., Gianola, A., Montali, M., Rivkin, A.                          | 2022 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2022.102011">https://doi.org/10.1016/j.is.2022.102011</a>             |
| 56 | Science Direct | Quality indicators for business process models from a <i>gateway</i> complexity perspective                                      | Sánchez-Gonzalez, L., Garcia, F., Ruiz, F., Mendling, J.                    | 2012 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.05.001">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.05.001</a>     |
| 57 | Scopus         | Seven process modeling guidelines (7PMG)   | Mendling, J., Reijers, H.A., Aalst, W.M.P.                                  | 2010 | <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2009.08.004">http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2009.08.004</a> |
| 58 | WOS            |  |   |      |   |
| 59 | Science Direct |  |   |      |   |
| 60 | Scopus         | Soundness of data-aware, case-centric processes  | Montali, M.; Calvanese, D.  | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1007/s10009-016-0417-2">https://doi.org/10.1007/s10009-016-0417-2</a>           |
| 61 | WOS            |  |   |      |   |
| 62 | Science Direct | Strategy archetypes for digital transformation: Defining meta objectives using business process management                       | Fischer, M., Imgrund, F., Janiesch, C., Winkelmann, A.                      | 2020 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103262">https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103262</a>             |
| 63 | Science Direct | Syntax highlighting in business process models   | Reijers, H. A., Freytag, T., Mendling, J., Eckleder, A.                     | 2011 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.013">https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.013</a>           |
| 64 | Science Direct | Ten years of visualization of business process models: A systematic literature review  | Dani, V. S., Freitas, C., Thom, L. H.                                       | 2019 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.04.006">https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.04.006</a>           |
| 65 | Science Direct | The generic model query language GMQL – Conceptual specification, implementation, and runtime evaluation                         | Steinhorst, M., Dietrich, H., Delfmann, P., Becker, J.                      | 2015 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.is.2014.06.003">https://doi.org/10.1016/j.is.2014.06.003</a>             |

|    |                |  |   |      |   |
|----|----------------|--|---|------|---|
| 66 | Science Direct | The relation between BPM culture, BPM methods, and process performance: Evidence from quantitative field studies | Schmiedel, T., Recker, J., Brocke, J                            | 2020 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103175">https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103175</a>         |
| 67 | Science Direct | The Structured Process Modeling Method (SPMM) what is the best way for me to construct a process model?          | Claes, J., Vanderfeesten, I., Gailly, F., Grefen, P., Poels, G. | 2017 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.02.004">https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.02.004</a>       |
| 68 | Scopus         | Thresholds for error probability measures of business process models   | Mendling, J., Sánchez-González, L., García, F., La Rosa, M.     | 2012 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.01.017">https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.01.017</a>       |
| 69 | WOS            |  |   |      |   |
| 70 | Science Direct |  |   |      |   |
| 71 | Science Direct | Using business process models to better understand the dependencies among user stories                           | Trkman, M., Mendling, J., Krisper, M.                           | 2016 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.10.006">https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.10.006</a> |

Fonte: a autora

APÊNDICE D – Estudos selecionados para inclusão na amostra da revisão integrativa sobre compreensibilidade de modelos de processo

| #                          | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   |
|----------------------------|--|---|--|--|--|--|---|
| <b>Base de dados</b>       | Scopus   | Scopus  | Scopus   | Science direct   | Science direct   | Science direct   | Science direct  |
| <b>Título</b>              | A case study about the improvement of business process models driven by indicators | A guidelines framework for understandable BPMN models   | A systematic literature review of process modeling guidelines and their empirical support                              | A systematic literature review of studies on business process modeling quality       | Enhancing understandability of process models through cultural-dependent color adjustments                           | Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review  | Improvement of quality for business process modeling driven by guidelines   |
| <b>Autores</b>             | Sánchez-gonzález, L., García, F., Ruiz, F., Piattini, M.                           | Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., ...Re, b., Spagnolo, G.O.  | Avila, D.T., Santos, R.I., Mendling, J., Thom, L.H.  | Oca, I. M. M., Snoeck, M., Reijers, H. A., Rodríguez-Morffi, A.                      | Kummer, T., Recker, J., Mendling, J.   | Dikici, A., Turetken, O., Demirors, O.   | Kahloun, F., Ghannouchi, S.   |
| <b>Ano</b>                 | 2017   | 2018  | 2021   | 2015   | 2016   | 2018   | 2018  |
| <b>Local de Publicação</b> | Software and Systems Modeling  | Data & Knowledge Engineering  | Business Process Management Journal  | Information And Software Technology  | Decision Support Systems   | Information And Software Technology  | Procedia Computer Science   |
| <b>Área</b>                | Ciência da computação  | Sistemas de informação e gestão   | Ciência de gestão e operações  | Sistemas de informação   | Sistemas de informação e gestão  | Sistemas de informação   | Ciência da computação   |
| <b>Objetivo</b>            | Utilização de uma ferramenta para melhoria de modelos de processo de negócio       | Fornecer um conjunto homogêneo de diretrizes de compreensão e uma ferramenta de código aberto para verificar as violações | Realizar uma revisão sistemática da literatura (SLR) sobre diretrizes de modelagem de processos e seu suporte empírico | Realizar uma revisão sistemática sobre qualidade nos modelos de processos de negócio | Analisar o efeito da variação da notação secundária na compreensão do modelo de processo em duas culturas diferentes | Realizar uma revisão sistemática sobre os fatores que influenciam a compreensibilidade dos modelos de processo e a forma como eles são operacionalizados, bem como os indicadores usados para quantificar a compreensibilidade do modelo de processo | Apresentar um protótipo de qualidade (BPMOQUALASS) para modelos de processo |

|                                |   |  |  |  |  |  |   |
|--------------------------------|---|--|--|--|--|--|---|
| <b>Objeto de estudo</b>        | Três modelos de processo do hospital geral de <i>ciudad real</i>  | Trabalhos sobre diretrizes e 88.103 modelos do mundo real  | Pesquisas sobre diretrizes de modelagem  | Estudos sobre qualidade da modelagem de processos  | Estudantes de pós-graduação de origem chinesa (referidos como confucionistas) e de países de língua alemã  | Literatura sobre compreensibilidade dos modelos  | Processos de ensino superior  |
| <b>Notação</b>                 | BPMN  | BPMN   | --   | --   | BPMN   | EPC, BPMN E UML  | --  |
| <b>Teorias abordadas</b>       | Qualidade do modelo, compreensibilidade, diretrizes   | Diretrizes de modelagem  | Diretrizes de modelagem  | Não foi citado.  | Visualizações técnicas, diferenças dependentes de cores entre culturas, teoria da carga cognitiva; notação secundária  | Qualidade pragmática, diretrizes de modelagem  | Métricas de qualidade, diretrizes de modelagem  |
| <b>Metodologia</b>             | Estudo de caso  | Revisão sistemática de literatura e estudo de caso   | Revisão sistemática da literatura  | Revisão sistemática de literatura  | Quase experimento  | Revisão sistemática de literatura  | --  |
| <b>Resultados e conclusões</b> | Diretrizes melhoram indicadores de qualidade e as principais melhorias foram baseadas em modularização. A decomposição em processos menores também colaborou para a compreensibilidade. Mudanças significativas foram mais bem avaliadas por especialistas de | Tamanho e topologia se sobressaem nas pesquisas; há poucos estudos sobre estrutura e rotulagem (no caso do último, a maior parte fala do uso de verbo+objeto); poucas aplicações práticas das diretrizes; decomposição e | Todos os modelos violam ao menos uma diretriz (em média 8); as mais violadas são relacionadas à descrição de atividades, uso de fluxos padrão; rótulos de <i>gateways</i> XOR, <i>gateways</i> explícitos, rótulos de <i>gateways</i> convergentes e | Dificuldade de encontrar uma estrutura comum na literatura; 75% dos estudos visam a melhoria da compreensibilidade; e; compreensibilidade é discutida em conjunto com muitas dimensões diferentes (manutenabilidade, estruturação, | As cores podem reduzir a percepção da carga cognitiva e podem melhorar a eficiência da tarefa; a cultura é um aspecto a ser levado em consideração nos esforços de modelagem, pois pode levar a esforços desnecessários se | Indicadores utilizados para medir a compreensibilidade de um modelo: eficácia da tarefa de compreensibilidade, eficiência da tarefa de compreensibilidade, carga cognitiva (esforço mental, facilidade de uso percebida (para compreensão); utilidade percebida e intenção de uso. Fatores mais estudados foram notação de modelagem; complexidade estrutural; | A análise de medições e comparação com valores limiares é uma boa forma de melhorar os processos por meio do redesenho com base nas diretrizes. |

|                                     |  |   |  |   |   |   |   |
|-------------------------------------|--|---|--|---|---|---|---|
|                                     | domínio, enquanto pequenas mudanças não trouxeram grandes resultados. Os especialistas de domínio foram mais reticentes com as mudanças. Em resumo, a aplicação das diretrizes foi melhor aceita pelos profissionais de TI. Outros aspectos além da estrutura também são relevantes para a compreensibilidade. | estruturação são os mais estudados; várias diretrizes possuem evidências empíricas de melhoria na compreensibilidade; o termo qualidade é utilizado de forma não padronizada nos trabalhos. | rótulos de <i>lanes</i> . Quanto maior o modelo, mais diretrizes são violadas.   | erros, correção, entre outros); qualidade pragmática (compreensibilidade) é altamente estudada; usabilidade (que compreende a compreensibilidade), manutenibilidade foram os principais conceitos mensuráveis. As diretrizes são as áreas mais pesquisadas. | feito de forma inapropriada.  | modularidade; abordagem de modelagem; disposição visual; rotulagem do elemento do modelo; projeto de elementos do modelo; uso de diretriz de modelagem; uso da anotação do modelo; tipo de construção de modelagem usado; uso de coloração para elementos do modelo; representação em perspectiva do processo. Fatores pessoais que influenciam e foram menos estudados: experiência em modelagem; conhecimento em modelagem e notação de processos; histórico profissional; habilidades cognitivas; estilo de aprendizagem, motivação e estratégia; familiaridade com o domínio. |   |
| <b>Limitações e estudos futuros</b> | Futuras pesquisas sobre orientações voltadas apenas para questões estruturais e como as diretrizes podem ser percebidas por modeladores de diferentes perfis.  | Propostas de estudos futuros: definição de estratégias de classificação de diretrizes, correlações negativas, estratégias de refatoração e melhoria automática dos modelos.                 | Limitações: a exaustividade não pode ser garantida; intervalo de pesquisa (de 2013 a 2021). Estudos futuros necessários para melhorar a compreensão do que torna os modelos de | Estudos futuros: investigar a camada de conhecimento e a camada de desenvolvimento para melhor compreensão da interação entre o conhecimento e a camada de desenvolvimento no contexto do   | Limitações: definição dos países e faixa etária; população. Estudos futuros devem explorar se os efeitos positivos das cores podem apoiar o significado semântico e até que ponto as diferenças | Limitação: critérios de inclusão e exclusão, <i>string</i> de pesquisa, trabalhos em inglês. Identificação da necessidade investigação das relações entre os fatores de influência e o contexto em que esses fatores atuam.   | Estudos futuros: melhorar o protótipo e aplicar a um número maior de processos.<br><br>(continua) |

|  |  |  |                          |   |  |  |  |
|--|--|--|--------------------------|---|--|--|--|
|  |  |  | processo compreensíveis. | ensino de modelagem de processos de negócios. | culturais ocorrem em relação às cores. |  |  |
|--|--|--|--------------------------|---|--|--|--|

| #                          | 8  | 9   | 10   | 11  | 12  | 13   | 14   |
|----------------------------|--|---|--|---|---|--|--|
| <b>Base de dados</b>       | Scopus   | Science Direct  | Scopus   | Science Direct  | Scopus  | Science Direct   | Scopus   |
| <b>Título</b>              | Improving the quality of Business Process Models: Lesson learned from the State of the Art                               | Influence factors for local comprehensibility of process models           | Learning from quality issues of BPMN models from industry  | Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective  | Seven process modeling guidelines (7PMG)  | Syntax highlighting in business process models   | Thresholds for error probability measures of business process models                       |
| <b>Autores</b>             | Yahya, F., Boukadi, K., Ben-Abdallah, H.   | Figl, K., Laue, R.  | Leopold, H., Mendling, J., Gunther, O.   | Sánchez-Gonzalez, L., Garcia, F. Ruiz, F., Mendling, J.   | Mendling, J., Reijers, H.A., Aalst, W.M.P.  | Reijers, H. A., Freytag, T., Mendling, J., Eckleder, A.  | Mendling, J., Sánchez-González, L., García, F., La Rosa, M.                                |
| <b>Ano</b>                 | 2019   | 2015  | 2016   | 2012  | 2010  | 2011   | 2012   |
| <b>Local de Publicação</b> | Business Process Management Journal  | International Journal of Human-Computer Studies                           | IEEE Software  | Information and Software Technology   | Information and Software Technology   | Decision Support Systems   | The Journal of Systems and Software  |
| <b>Área</b>                | Ciência de gestão e operações  | Engenharia industrial e de manufatura                                     | Ciência da computação  | Sistemas de informação  | Sistemas de informação  | Sistemas de informação e gestão  | Sistemas de informação   |
| <b>Objetivo</b>            | Realizar uma revisão de literatura e apresentar soluções para melhorar a qualidade dos processos e propõe uma ferramenta | Investigar os fatores de compreensão humana sobre os modelos de processos | Implementar um verificador automático de diretrizes e apresentar de uma série de problemas encontrados em processos da indústria e | Perguntar se é possível distinguir automaticamente entre modelos compreensíveis/modificáveis e não compreensíveis/não modificáveis, por meio da medição de propriedades | Apresentar uma síntese de diretrizes e a ordem de prioridade entre elas de acordo com especialistas | Propor a utilização de cores para destacar os elementos do modelo de processo que se relacionam entre si | Determinar valores limites para indicadores e elementos de um processo, para reduzir erros |

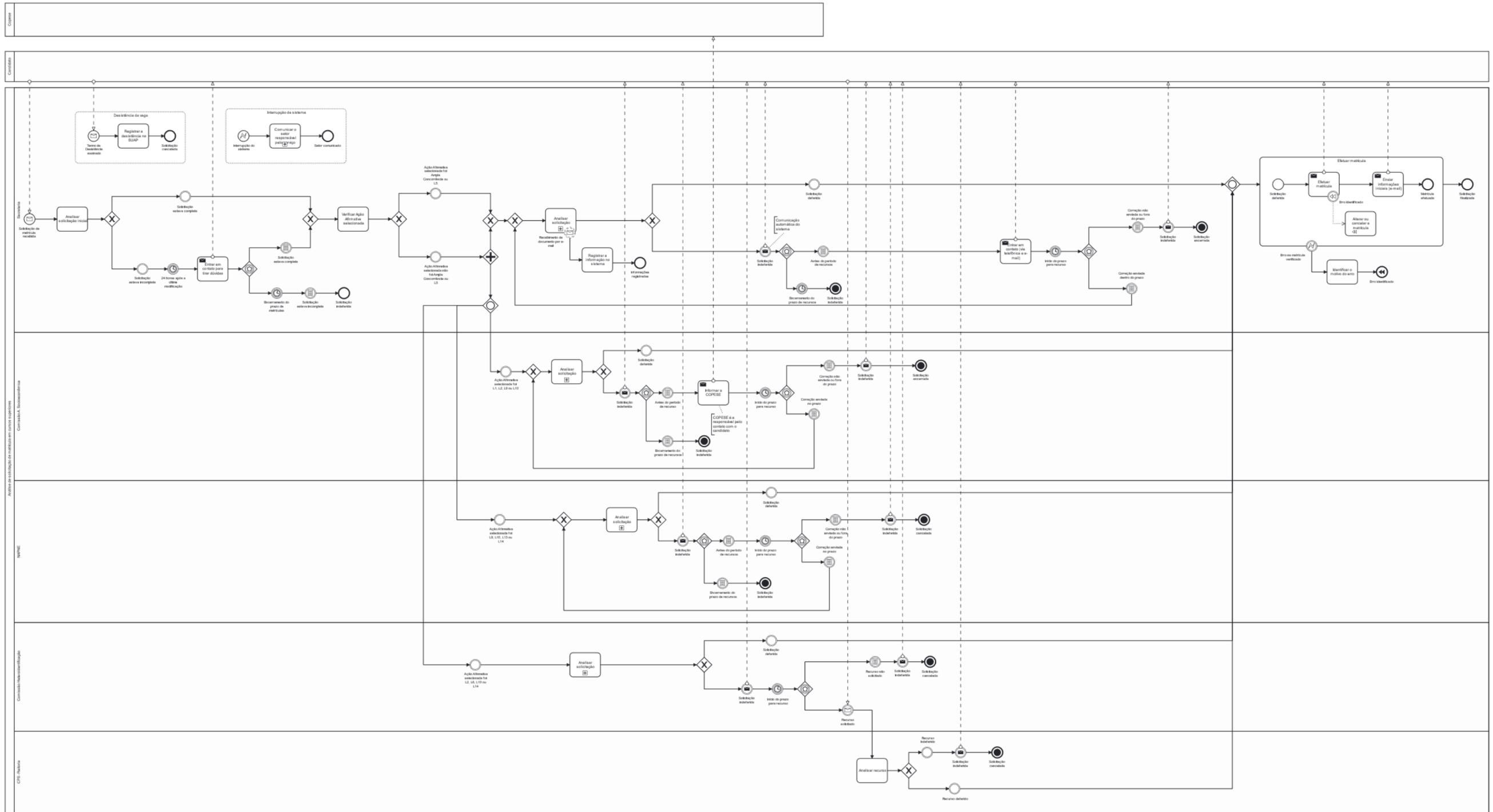
|                                |   |  |   |  |   |  |   |
|--------------------------------|---|--|---|--|---|--|---|
|                                |   |  | sugestões para contorná-los   | estruturais relacionadas à complexidade do <i>gateway</i>  |   |  |   |
| <b>Objeto de estudo</b>        | Trabalhos sobre melhoria da qualidade de modelos e 50 modelos de processos extraídos de uma base de dados                   | 199 estudantes   | Modelos de seis empresas da indústria   | 10 modelos BPMN/alunos do curso de ciência da computação   | Trabalhos sobre estrutura e probabilidade e compreensão de erro   | Modeladores da indústria e alunos de pós-graduação   | Modelos de processos de quatro coleções   |
| <b>Notação</b>                 | BPMN  | --   | BPMN  | BPMN   | --  | Rede de Petri  | EPC   |
| <b>Teorias abordadas</b>       | Diretrizes, refatoração de modelos, regras de transformação   | Raciocínio dedutivo, carga cognitiva, interatividade do elemento, padrões de fluxo de controle, conhecimento de modelagem  | --  | Complexidade do <i>gateway</i> e limiares para medidas de modelos  | Qualidade, experiência do modelador, pesquisa empírica  | Compreensibilidade, variáveis visuais (semiologia dos gráficos); estrutura de dimensões cognitivas (CDF); notação secundária | Erros em modelos de processo, medidas de modelo de processo                             |
| <b>Metodologia</b>             | Estudo de caso  | --   | --  | Experimento controlado   | Revisão de literatura   | Experimento  | Regressão logística   |
| <b>Resultados e conclusões</b> | A aplicação da ferramenta de melhoria (com aplicação da refatoração automática dos modelos) promoveu a melhoria no nível de | Modeladores com menos experiência apresentam maior dificuldade na compreensão, <i>loops</i> são mais difíceis de compreender, seguidos de fluxo de sequência composto, AND e XOR, fluxos simples são mais fáceis de compreender; | Utilização de ferramenta com suporte favorece a elaboração de modelos com menos erros | Complexidade do <i>gateway</i> alta para modelos com mais de 18 nós de decisão; <i>gateways</i> OU aumentam a complexidade e devem ser reduzidos; mais de 10 XOR, 7 AND ou | Modelos maiores tendem a apresentar mais erros e são mais difíceis de entender; arcos de entrada e saída juntos dificultam aumentam a | O experimento mostrou que o destaque foi de maior benefício para a precisão de novatos                                       | Confirma as 7PMG. Modelos além de 31 elementos tem 90% mais chance de apresentar erros. |

|                                     |                                   |   |   |  |   |  |   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|---|--|---|
|                                     | qualidade dos modelos analisados. | vértice de corte não tem influência significativa; tarefas de raciocínio válidas (corretas) são mais difíceis de compreender do que as inválidas (incorretas), não confirma que XOR são mais difíceis que AND, conhecimento em modelagem reduz a dificuldade cognitiva de raciocinar sobre um modelo. |   | 4 OR comprometem a qualidade; apresentação da ferramenta para aplicar um conjunto de medidas e avaliar os resultados.  | chance de erros, o número de eventos de início e final também aumenta a chance de erros. A modificação do modelo não alterou o comportamento do processo, mas diminui os erros e melhorou a compreensibilidade. Conflitos entre as diretrizes requerem a avaliação do modelador. Apresentam um <i>ranking</i> entre as diretrizes |  |   |
| <b>Limitações e estudos futuros</b> | --                                | Limitações: a seleção de pessoas (escolas de administração); não foram expostos a restrições de tempo; o uso de tarefas de raciocínio com rótulos de elementos de processo significativos. Pesquisas futuras são necessárias para determinar valores válidos e confiáveis para a dificuldade          | - | Pesquisas futuras: validar os valores limiares com mais dados experimentais, estudar os modelos além da compreensibilidade e modificabilidade, definição de uma estrutura de | Limitações: não se aplica ao conteúdo do processo, apenas à forma; a priorização considera uma base empírica pequena. Pesquisas futuras   | Pesquisas futuras: mais experimentos para estudar a interação da complexidade do modelo de processo com os efeitos do realce; investigar até | Limitações: sem informação sobre a expertise do modelador. Trabalhos futuros irão validar ainda mais os |

|  |  |   |  |                              |   |  |                      |
|--|--|---|--|------------------------------|---|--|----------------------|
|  |  | cognitiva de entender fragmentos de modelo de relações específicas. |  | melhoria contínua do modelo. | indicadas são sobre quantificar a qualidade de um modelo e a competência dos modeladores. | que ponto a compreensão de um modelo de processo pode ser melhorada por um bom <i>layout</i> . | limites encontrados. |
|--|--|---|--|------------------------------|---|--|----------------------|

Fonte: a autora

APÊNDICE E – Processo de análise de solicitações de matrícula do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes (modelo original) em tamanho maior



Fonte: a autora

APÊNDICE F – Processo de análise de solicitações de matrícula do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes (modelo resenhado) em tamanho maior

