



**PODER EXECUTIVO  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**



**e-VOL BPMN: UMA TÉCNICA PARA AUXILIAR A EVOLUÇÃO DE  
MODELOS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN**

**URSULA DOS SANTOS CAMPOS**

Manaus, fevereiro de 2019

**URSULA DOS SANTOS CAMPOS**

**e-VOL BPMN: UMA TÉCNICA PARA AUXILIAR A EVOLUÇÃO DE  
MODELOS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas (PPGI-UFAM) como um dos requisitos para alcançar o Mestrado em Informática.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Tayana Uchôa Conte, D.Sc.

Manaus, fevereiro de 2019

**URSULA DOS SANTOS CAMPOS**

**e-VOL BPMN: UMA TÉCNICA PARA AUXILIAR A EVOLUÇÃO DE  
MODELOS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas (PPGI-UFAM) como um dos requisitos para alcançar o Mestrado em Informática.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. Tayana Uchôa Conte, D.Sc. (Orientadora)

---

Prof. Bruno Freitas Gadelha, D.Sc.

---

Prof. Gleison dos Santos Souza, D.Sc.

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C198e	Campos, Ursula dos Santos e-VOL BPMN: UMA TÉCNICA PARA AUXILIAR A EVOLUÇÃO DE MODELOS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN / Ursula dos Santos Campos. 2019 181 f.: il. color; 31 cm.  Orientadora: Tayana Uchôa Conte Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas.  1. Manutenção de Software. 2. Manutenção de Modelos. 3. Business Process Model and Notation. 4. Evolução de Modelos. 5. Compreensão de Modelos. I. Conte, Tayana Uchôa II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
-------	--



PODER EXECUTIVO  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**"e-VOL BPMN: Uma técnica para auxiliar a evolução de modelos e a aprendizagem da notação BPMN"**

**URSULA DOS SANTOS CAMPOS**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos

Professores:

Profa. Tayana Uchôa Conte - PRESIDENTE

Prof. Bruno Freitas Gadelha - MEMBRO INTERNO

Prof. Prof. Gleison dos Santos Souza - MEMBRO EXTERNO

Manaus, 08 de Fevereiro de 2019

*À Deus e à minha família,  
por todo o amor, incentivo e compreensão,  
sem os quais não seria o que hoje sou.*

## *Agradecimentos*

Agradeço primeiramente à Deus, meu Pai do céu, autor da minha história, pelo dom da vida, por seu amor, cuidado e por me dar forças para sempre seguir em frente. À minha orientadora, prof. Tayana Conte, por toda a dedicação e paciência, pelo encorajamento para ir além, por me impulsionar a dar sempre o meu melhor em tudo o que eu for fazer, por me ensinar a ser pesquisadora e por todo conhecimento repassado a mim durante esse período de convivência. À minha amiga e parceira de pesquisa Adriana Lopes, por toda a paciência, pelas dicas valiosas, pelo tempo gasto e pelas ricas contribuições para o meu trabalho. Ao amigo Edson César pelas valiosas contribuições dadas a essa pesquisa. À todo o grupo USES, pelas contribuições, conversas, aconselhamentos, trocas de experiências e parcerias durante o decorrer deste trabalho, vocês moram no meu coração.

Agradeço ao professor Bruno Gadelha pelas valiosas contribuições e parcerias no decorrer deste trabalho. E agradeço ao professor Bruno Gadelha e ao professor Gleison Santos por aceitarem participar da minha banca de defesa de dissertação de mestrado.

Agradeço a toda equipe do Instituto de Computação, em nome do professor Eduardo Feitosa, coordenador da pós-graduação, que fornecem o suporte necessário para a realização desta pesquisa. Também agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro.

Agradeço em especial ao meu esposo José Carlos pelo apoio, por ser o meu porto seguro, pela compreensão nos momentos de estresse quando a pesquisa estava em momentos críticos, por me apoiar nas minhas decisões e por abraçar os meus sonhos e projetos como se fossem seus. À minha filha Ana Clara por entender que precisei gastar tempo estudando e por isso não pude levá-la ao parquinho, ou à piscina o tanto que ela gostaria de ir, ou o tanto que eu gostaria de levá-la. À todos os meus familiares e amigos por compreenderem o período de ausência e, em especial, ao meu pai Adelino, minha irmã Amanda, minhas primas Suelen e Marilene, minha tia Cibele e minha amiga e pastora Ozilene, por me ajudarem com a Ana Clara para que eu consiga cumprir meus compromissos e realizar minhas atividades.

Os meus mais sinceros agradecimentos a todos vocês.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de pesquisa Design Science baseado em Hevner e Chatterjee (2010) ..	7
Figura 1.2 – Apresentação dos ciclos do presente trabalho com o apoio da metodologia <i>Design Science Research</i> .....	9
Figura 1.3 - Visão geral dos ciclos de Design Science Research neste trabalho - baseado em (Hevner, 2007).....	12
Figura 2.1 - Dimensões de um processo de negócio - adaptado de IENDRIKE E ARAÚJO, (2007).....	17
Figura 2.2 - Exemplos de elementos da notação BPMN (adaptado de LUBKE et al., 2008).....	19
Figura 2.3 – Exemplo de modelo BPMN .....	20
Figura 3.1 - Processo de seleção dos artigos.....	33
Figura 3.2 - Gráfico com uma visão anual das publicações selecionadas.....	34
Figura 3.3 - Tipos de Publicações selecionadas.....	34
Figura 3.4 - Tipos de estudos experimentais nas publicações selecionadas .....	36
Figura 3.5 - Quantidades de experimentos nas publicações avaliadas .....	36
Figura 3.6 – Publicações por contexto .....	38
Figura 3.7 –Tipos de Participantes nos experimentos.....	39
Figura 3.8 – Objeto foco de Manutenção .....	40
Figura 3.9 – Visão geral do estado da arte da manutenção de modelos BPMN .....	44
Figura 3.10 – Variáveis Dependentes por publicação .....	46
Figura 3.11 - Fatores que influenciam na manutenção de modelos BPMN .....	49
Figura 3.12 – Dimensões dos estilos cognitivos (figura do autor) .....	51
Figura 3.13 - Tecnologias que apoiam a manutenção de modelos BPMN .....	52
Figura 4.1 – Tarefa “Aguardar Pagamento” com evento de timer anexado. ....	58
Figura 4.2 - Atividades paralelas em Lanes diferentes .....	59
Figura 4.3 - Planejamento da distribuição dos cenários e participantes.....	62
Figura 4.4 - Distribuição dos participantes e cenários durante o experimento .....	63
Figura 4.5 - <i>Boxplot</i> para quantidade de defeitos semânticos .....	67
Figura 5.0.1 - Questionário de Compreensão da e-VOL BPMN.....	76
Figura 5.0.2 – Apresentação de alguns dos cenários da e-VOL BPMN .....	78
Figura 5.0.3 – Exemplo de categorização dos cenários .....	80
Figura 5.0.4 – Sumário Guia da versão de Livreto .....	81
Figura 5.0.5 - Distribuição dos participantes e tratamentos durante o experimento.....	84

<b>Figura 5.0.6 – Média da Completude e Corretude dos modelos .....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 5.0.7 - Gráfico <i>boxplot</i> para completude e corretude dos modelos .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 5.0.8 – Gráfico para facilidade de uso percebida .....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 5.0.9 – Gráfico para utilidade percebida .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 5.0.10 – Gráfico para intenção de uso .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 6.0.1 – Distribuição dos participantes no experimento.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 6.0.2 – Média da completude e corretude dos modelos, por grupos.....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 6.0.3 – Gráfico <i>boxplot</i> para completude e corretude dos diagramas evoluídos</b>	<b>102</b>
<b>Figura 6.0.4 – Percepção de Aprendizagem.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 6.0.5 – Média das notas das avaliações, por grupo .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 6.0.6 - Gráfico <i>boxplot</i> para as notas das provas escritas .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 7.1 - Tarefa “Aguardar Pagamento” com evento de timer anexado.....</b>	<b>129</b>
<b>Figura 7.2 - Atividades paralelas em diferentes Lanes .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 7.3- Junção de Atividades com gateway exclusivo .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 7.4 - Junção de gateway paralelo .....</b>	<b>132</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1 - Objetivo da pesquisa segundo o Paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988).....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 3.2 - Subquestões de pesquisa. ....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 3.3 - Grupo de Sinônimos Utilizados para os termos da Pesquisa .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 3.4 - String de busca utilizada.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 3.5 - Critérios de inclusão e exclusão. ....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3.6 – Quantidade de experimentos por publicação.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 3.7 – Tratamentos dos estudos experimentais.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 3.8 - Variáveis dependentes e suas respectivas métricas .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabela 3.9 - Trecho do Glossário de métricas utilizadas nas publicações.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabela 4.1 - Trecho da versão inicial da e-VOL BPMN .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 4.2 - Objetivo do estudo segundo o Paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988).....</b>	<b>61</b>
<b>Tabela 4.3 - Contagem de defeitos semânticos.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 4.4 - Resultado por participante .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 4.5 – Dificuldades apresentadas pelos grupos de participantes.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabela 4.6- Defeitos semânticos identificados.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 5.1 – Objetivo GQM do segundo experimento controlado .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabela 5.2 – Síntese da primeira pergunta do questionário .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabela 5.3 – Síntese da segunda pergunta do questionário .....</b>	<b>89</b>
<b>Tabela 5.4 – Síntese da terceira pergunta do questionário.....</b>	<b>90</b>
<b>Tabela 6.1 – Quantidade de Respostas para a primeira questão do questionário .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 6.2 – Resposta da primeira pergunta do questionário.....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 6.3 - Síntese da segunda pergunta do questionário.....</b>	<b>106</b>
<b>Tabela 6.4 - Dificuldades relatadas pelos participantes durante a evolução dos diagramas .....</b>	<b>110</b>

## SUMÁRIO

<b>Resumo .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Contexto .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Motivação.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Definição do problema.....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Objetivos de pesquisa .....	6
<b>1.4. Metodologia .....</b>	<b>7</b>
1.4.1. Design Science Research (DSR).....	7
1.4.2. Aplicação do <i>Design Science Research</i> .....	8
<b>1.5. Principais Contribuições .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6. Organização .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Manutenção de Software .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Manutenção de Modelos de Software.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. BPMN .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. Semântica e Sintaxe de modelos .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5. Trabalhos Relacionados .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 3 - MAPEAMENTO SISTEMÁTICO SOBRE AS EVIDENCIAS</b>	
<b>EXPERIMENTAIS DE MANUTENÇÃO DE MODELOS BPMN .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Introdução.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2. Protocolo de revisão .....</b>	<b>25</b>
3.2.1. Objetivo .....	25
3.2.2. Questão de pesquisa.....	26
3.2.3. Escopo da Pesquisa .....	27
3.2.4. Estratégia para extração de dados .....	30
<b>3.3. Resultados .....</b>	<b>32</b>
3.3.1. Publicações selecionadas .....	32
3.3.2. Visão Geral dos Resultados .....	33
3.3.3. Respostas das subquestões.....	35
<b>3.4. Conclusões.....</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO 4 – E-VOL BPMN: PROPOSTA DE UMA TÉCNICA PARA APOIAR A</b>	
<b>EVOLUÇÃO DE MODELOS BPMN .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Introdução.....</b>	<b>56</b>
4.1.1. Uma necessidade real identificada.....	57
<b>4.2. e-VOL BPMN – versão inicial.....</b>	<b>58</b>
4.2.1. e-VOL BPMN versão inicial: Estudo Experimental.....	60
4.2.2. Ameaças à validade .....	72
<b>4.3. Considerações Finais sobre o primeiro estudo experimental.....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO 5 – E-VOL BPMN VERSÃO 2: NOVA VERSÃO DE UMA TÉCNICA</b>	
<b>PARA APOIAR A EVOLUÇÃO DE MODELOS BPMN .....</b>	<b>74</b>
<b>5.1. e-VOL BPMN – segunda versão .....</b>	<b>74</b>
5.1.1. Abrangência da tarefa de compreensão e correção do modelo.....	74

5.1.2. Modificações quanto ao conteúdo e estrutura.....	77
5.1.3. Modificações quanto à forma de apresentação .....	79
5.1.4. e-VOL BPMN segunda versão: Estudo experimental .....	82
5.1.5. Resultados do Estudo Experimental .....	85
5.1.6. Discussão dos Resultados do Segundo Estudo Experimental .....	93
<b>5.2. Ameaças à validade dos experimentos controlados .....</b>	<b>95</b>
<b>5.3. Conclusões e considerações finais sobre o segundo experimento controlado.....</b>	<b>96</b>
<b>CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DA E-VOL BPMN QUANTO À EVOLUÇÃO DE</b>	
<b>DIAGRAMAS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN .....</b>	<b>97</b>
<b>6.1. Avaliação da e-VOL BPMN quanto à evolução de modelos BPMN e aprendizagem</b>	
<b>da notação BPMN neste contexto. ....</b>	<b>98</b>
<b>6.2. Planejamento do terceiro experimento controlado.....</b>	<b>98</b>
<b>6.3. Execução do terceiro experimento controlado .....</b>	<b>99</b>
<b>6.4. Resultados do experimento controlado .....</b>	<b>100</b>
<b>6.5. Discussão .....</b>	<b>110</b>
<b>6.6. Ameaças à validade .....</b>	<b>112</b>
<b>6.7. Conclusões e Considerações Finais.....</b>	<b>114</b>
<b>CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>115</b>
<b>7.1. Conclusões.....</b>	<b>115</b>
<b>7.2. Perspectivas Futuras .....</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE A - Formulário de extração do mapeamento sistemático.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE B – Lista de artigos selecionados no 2º filtro do mapeamento sistemático da</b>	
<b>literatura.....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE C - Glossário com as fórmulas das métricas de avaliação .....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE D - Versão inicial da e-vol bpmn .....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE E - Artefatos do estudo experimental da versão inicial da e-VOL BPMN</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE F - Segunda versão completa da e-vol bpmn.....</b>	<b>138</b>
<b>APÊNDICE G - Artefatos utilizados no segundo experimento controlado .....</b>	<b>147</b>
<b>APÊNDICE H - Artefatos utilizados no terceiro experimento controlado .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO A – Pôster BPMN 2.0 .....</b>	<b>166</b>

## RESUMO

A manutenção de software é uma operação importante que consome grande parte dos recursos envolvidos no ciclo de vida do software. Neste contexto, os modelos de software têm um papel fundamental na manutenção, pois auxiliam na compreensão do software antes de realizar a manutenção propriamente dita, a qual inclui as tarefas de corrigir falhas ou inserir novas funcionalidades. Dentre os modelos, os modelos de processos de negócios são utilizados para apoiar a compreensão dos processos relacionados ao software. Uma notação padrão para descrever esses modelos é o *Business Process Model and Notation* (BPMN). Porém, é comum encontrar na indústria de software modelos desatualizados em relação à versão atual do software, pois, normalmente nas manutenções apenas o código fonte do software é atualizado. Isto é especialmente crítico em relação à manutenção evolutiva, na qual novas funcionalidades são inseridas e o modelo elaborado anteriormente fica inconsistente. Para verificar se existem tecnologias que se propõem a facilitar a manutenção de modelos BPMN e com isso contribuir para que os modelos de processos sejam atualizados durante a manutenção, foi realizado um mapeamento sistemático. O objetivo do mapeamento sistemático foi encontrar na literatura evidências experimentais da manutenção de modelos BPMN. Os resultados mostraram que apesar da importância de se manter modelos atualizados, pouco tem sido feito para apoiar a manutenção de modelos BPMN. Diante deste cenário, foi elaborada uma técnica para apoiar a manutenção evolutiva de modelos BPMN, a e-VOL BPMN. Essa técnica tem por objetivo auxiliar profissionais (engenheiros e desenvolvedores de software) com pouco conhecimento na notação BPMN, na evolução dos modelos BPMN. Foi realizado um estudo experimental para avaliar a técnica e-VOL BPMN com um Grupo Experimental e um Grupo de Controle. Neste estudo experimental, os modelos foram avaliados de acordo com a completude semântica, métrica que demonstra até que ponto os aspectos relevantes do software foram especificados pelo modelo. Os resultados mostraram que os modelos evoluídos pelo Grupo Experimental com o apoio da e-VOL BPMN estavam mais completos. O estudo mostrou indícios de que a técnica e-VOL BPMN auxilia na evolução de modelos BPMN. De posse dos resultados obtidos neste experimento controlado, percebeu-se que a técnica poderia sofrer melhorias, para ser mais fácil de utilizá-la. Assim, a e-VOL BPMN passou por uma série de melhorias e com isso foi proposta a segunda versão da e-VOL BPMN a qual passou por uma nova avaliação experimental. Esse segundo experimento controlado, mostrou que a e-VOL BPMN atende aos objetivos para os quais foi desenvolvida. Dessa forma, a e-VOL BPMN auxilia profissionais com pouca experiência na notação BPMN, na evolução de modelos BPMN. O segundo experimento controlado ainda mostrou evidências de que a e-VOL BPMN também apresentava benefícios quanto ao aprendizado da notação BPMN. Diante disto, para avaliar a e-VOL BPMN quanto à evolução de modelos BPMN e quanto ao auxílio ao aprendizado fornecido pela e-VOL BPMN aos seus utilizadores, foi realizado um terceiro experimento. Os resultados deste último experimento controlado evidenciam que a e-VOL BPMN fornece apoio à evolução de diagramas BPMN e que também auxilia no aprendizado da notação pelas pessoas que a

utilizam. Dessa forma, a e-VOL BPMN contribui para manter os modelos BPMN atualizados com a versão em uso do software, facilitando assim manutenções futuras.

**Palavras-chave:** Manutenção de Software, Manutenção de Modelos, *Business Process Model and Notation*, BPMN, Evolução de Modelos, Compreensão de Modelos.

## ABSTRACT

Software maintenance is an important operation that consumes a large part of the resources involved in the software life cycle. In this context, software models have a fundamental role in maintenance because they help to understand the software before performing maintenance. Software maintenance includes fault correction or addition of new functionalities. Among the software models, business process models are used to support the understanding of software-related processes. A standard notation to describe these models is the Business Process Model and Notation (BPMN). It is common to find, in the software industry, outdated models compared to the current software version. This is because usually only the source code is updated during maintenance. Outdated software models are especially critical in evolutionary maintenance, where new features are added and the previous model becomes outdated. We performed a systematic mapping in order to verify whether there are technologies proposed to facilitate the maintenance of BPMN models and, in this way, to contribute to update the process models during the maintenance. The objective of the systematic mapping was to find experimental evidences of the maintenance of BPMN models in the literature. The results revealed that little is being done to support the maintenance of BPMN models, despite the importance of keeping models updated. In this context, we developed a technique to support the evolutionary maintenance of BPMN models, called e-VOL BPMN. The purpose of e-VOL BPMN is to assist professionals (engineers and software developers) with low BPMN knowledge in the evolution of BPMN models. We performed an experimental study to evaluate the e-VOL BPMN technique with an experimental group and a control group. We evaluated the models of the experimental study through semantic completeness, which is a metric that shows whether the relevant aspects of the software are specified in the model. The results revealed that the experimental group developed more complete models than the control group. The experiment showed indications that the e-VOL BPMN technique assists in the evolution of BPMN models. Based on the results of the experimental study, we improved our technique, developing the second version of e-VOL BPMN, which we also evaluated experimentally.

**Keywords:** Software Maintenance, Model Maintenance, Business Process Model and Notation, BPMN, Model Evolution, Model Understanding, BPMN Learning.

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

*Neste capítulo serão apresentadas a contextualização desta pesquisa de mestrado, a motivação, a questão e os objetivos da pesquisa e a metodologia a ser seguida.*

## 1.1. Contexto

A manutenção de software é definida como a modificação de um produto de software já entregue ao seu cliente para a correção de eventuais erros, ou para a melhoria no desempenho, ou qualquer outro atributo (IEEE, 1988). A atividade de manutenção de software possui um papel importante dentro do ciclo de vida do software (DZIDEK *et al.*, 2008), essa importância se relaciona principalmente com os custos e a imprevisibilidade atrelados a esta fase.

Embora não exista um consenso sobre o valor exato do custo atrelado à manutenção de software, as pesquisas na área, em geral, apontam para mais de 50% dos investimentos realizados no software (Freire e Belchior, 2006; BHATT *et al.*, 2004; POLO *et al.* 1999). A razão deste custo elevado deve-se, em parte, à própria natureza da manutenção, caracterizada principalmente pela imprevisibilidade (BHATT *et al.*, 2004; Polo *et al.*, 1999). Além dos custos financeiros, Paduelli e Sanchez (2006) relatam que a falta de habilidade para modificar um software rapidamente e de maneira confiável durante a manutenção, pode levar ao abandono do software e à perda de negócios. Sneed e Brossler (2003) também ressaltam que a manutenção do software é considerada como a atividade que exige maior esforço dentre as atividades de engenharia de software.

A manutenção do software é comumente dividida em duas tarefas, sendo estas a **compreensão** e a **modificação** (Fernández-Sáez *et al.*, 2013). A compreensão relaciona-se com o entendimento do funcionamento do artefato de software e a modificação está relacionada com a alteração do artefato em si. É importante que o artefato seja bem compreendido antes de ser modificado. A compreensão é considerada por vários autores como um fator que influencia a manutenção (Lange *et al.*, 2007; Manso *et al.*, 2007; Nugroho, 2009). De fato, um artefato de software deve ser bem compreendido antes de qualquer alteração relacionada à manutenção ser realizada no mesmo (Fernandez-Saez *et al.*, 2013), visto que modificar um software sem primeiramente compreendê-lo, pode ocasionar modificações que geram falhas ou impactam em outros módulos do software, aumentando os custos e o tempo da manutenção. Neste contexto, os modelos referentes ao software se

mostram como grandes aliados. Os modelos do software auxiliam nesta etapa da manutenção, pois ajudam a compreender o funcionamento do software e também auxiliam a comunicação entre a equipe envolvida no projeto de desenvolvimento ou manutenção de software (FERREIRA *et al.*, 2015). Dispor de modelos **atualizados** e de qualidade durante a manutenção do software pode facilitar o entendimento do software em questão e, conseqüentemente, diminuir o tempo e o custo da manutenção.

Em relação aos modelos que apoiam o desenvolvimento e a manutenção de software, o modelo de processos de negócio, apesar de não ser um modelo específico para software, auxilia a compreensão do processo organizacional no qual um software está inserido. Por isso, esses modelos são muito úteis na manutenção de softwares corporativos (*enterprise applications*) (SHISHKOV *et al.*, 2002; WEITLANER *et al.*, 2013). Tais modelos podem ser desenvolvidos com a notação BPMN (*Business Process Modeling and Notation*), que é a notação padrão para a modelagem gráfica de processos, recomendada pela OMG (*Object Management Group*) (OMG, 2014) e utilizada nas mais diversas empresas pelo mundo.

Os modelos de processos de negócio visam explicitar como as atividades e os participantes atuam em determinados aspectos de negócios de empresas (OMG, 2014). Com isso, pode-se apontar atividades, pessoas, fluxos de dados que devem ser apoiados pelo software. Cruz *et al.* (2015) afirmam que os modelos de processos de negócio são de grande relevância durante o processo de desenvolvimento, pois proporcionam entendimento do software que está sendo desenvolvido ou modificado na manutenção.

Tendo em vista a utilização dos modelos de processos BPMN não somente durante a manutenção do software, mas também durante o seu desenvolvimento inicial, torna-se importante o aprimoramento ou desenvolvimento de técnicas para auxiliar a manutenção de modelos BPMN. Seria interessante dispor dessas técnicas de forma que elas facilitem a modificação dos modelos por parte dos profissionais para que os modelos também sejam evoluídos durante a manutenção e, conseqüentemente, estejam consistentes e atualizados com a versão em uso do software. Além do mais, é interessante que essas técnicas impulsionem e facilitem a aprendizagem da notação BPMN por profissionais que não possuem tal conhecimento. Visto que, a partir do conhecimento adquirido, será mais fácil manter os modelos atualizados.

## 1.2. Motivação

Considerando o processo de manutenção de software, deseja-se enfatizar alguns pontos motivadores deste trabalho:

- Equipes de desenvolvimento mudam constantemente e, normalmente, a equipe que realiza a manutenção não é a mesma equipe que desenvolveu o software (BHATT *et al.*, 2004). Com isso, se os modelos BPMN estiverem desatualizados, será mais difícil para a equipe que irá realizar a manutenção do software, compreender o funcionamento do mesmo.
- Nem sempre é possível ter a figura do “Analista de Negócios” em empresas de desenvolvimento de software, o que faz com que muitas vezes o levantamento de mudanças no software durante a manutenção seja realizado por analistas de sistemas, arquitetos, *product owners* ou mesmo por desenvolvedores de software. Porém, esse tipo de profissional pode não possuir “*expertise*” em notações de modelagem de processos, como o BPMN, por exemplo. Neste contexto, a tendência será evoluir somente o código-fonte do software e não refletir essas mudanças no modelo BPMN que representa o processo que é apoiado pelo software. Isto ocorre, em parte, porque o profissional consegue compreender o modelo do processo existente, visto que o BPMN se mostra de fácil compreensão (WEITLANER *et al.*, 2013), mas por não possuir “*expertise*” sobre a notação, prefere não realizar a atualização do modelo.
- Os esforços de modelagem de processos em algumas organizações não estão em um estágio avançado ou maduro, em que poderiam se beneficiar da expressividade total do BPMN (Recker, 2010). Em parte, isso pode ocorrer por existirem em algumas empresas modeladores com pouco conhecimento em BPMN, devido à falta de investimentos em treinamentos. Tais fatores implicam na escassez de habilidades de modelagem de processos BPMN que são fundamentais para garantir a qualidade e o sucesso geral das iniciativas BPM (Recker, 2010). Além disso, Jan Recker (2010) aponta o fato de que aproximadamente 70% dos usuários BPMN são autodidatas o que implica no risco de que formas errôneas de uso do BPMN sejam difundidas.

Diante do fato de que a evolução dos modelos BPMN pode ser de responsabilidade de profissionais não experientes na notação, mas que a evolução destes artefatos é de extrema

importância, o propósito deste trabalho é o desenvolvimento de uma técnica que possa facilitar a evolução dos modelos e a aprendizagem da notação BPMN por esses profissionais.

### **1.3. Definição do problema**

Durante a manutenção do software, pode ser necessário modificá-lo para corrigir falhas, adicionar novas funcionalidades, ou ainda, adaptá-lo a um novo ambiente (IEEE, 1998). Neste trabalho, foram adotados os termos “Correção” e “Manutenção corretiva” para a manutenção que é realizada para corrigir falhas, conforme é utilizado no padrão 1219 da IEEE (IEEE,1998). De acordo com Bennet e Rajlich (BENNET e RAJLICH, 2000), a evolução do software ocorre somente quando o desenvolvimento inicial foi bem-sucedido e o seu objetivo é adaptar o software aos novos requisitos do usuário e ao ambiente em constante mudança. Com base nisso, foram adotados os termos “Evolução” e “Manutenção evolutiva” para a manutenção do software e de seus respectivos modelos com relação à adição de novas funcionalidades, ou modificação de funcionalidades já existentes.

De acordo com Forward e Badreddin (2015), é comum que os modelos quase sempre estejam desatualizados em relação ao código-fonte do software, ou seja, durante a manutenção do software, o código-fonte é modificado, mas os modelos do projeto do software não. Com isso, quando os modelos não são evoluídos juntamente com o código-fonte do software, a informação que é repassada por tais modelos não condiz com a versão atual do software, tornando os modelos inconsistentes.

Um cenário comum também é que o conhecimento preciso sobre o software já foi perdido, pela saída dos desenvolvedores iniciais, pela mudança contínua do software, entre outros. Com os modelos desatualizados e o conhecimento sobre o sistema perdido, o software em si, seu código-fonte e os usuários que o utilizam são a única fonte de informação para compreensão do software que deve ser modificado (ESPÍNDOLA *et al.*, 2004). Forward e Lethbridge (2009) afirmam que profissionais relatam dificuldades quando necessitam recorrer ao código-fonte para compreender o design ou o comportamento do software. Além do mais, compreender o sistema através do código demanda mais tempo, o que faz com que a manutenção seja mais demorada. Torna-se necessário então, realizar a atualização dos modelos, pois, estes auxiliam na compreensão do software e são utilizados como meios de comunicação em equipes de desenvolvimento (FERREIRA *et al.*, 2015).

Considerando-se a utilidade dos modelos BPMN, pode-se enumerar os seguintes pontos:

1. Normalmente, um software é construído e mantido para apoiar um determinado processo, principalmente softwares comerciais de grandes corporações que apoiam processos grandes e complexos.
2. Modelos BPMN podem atuar como *boundary objects* que são modelos de software que apoiam a comunicação em diferentes domínios (NEUBAUER e STARY, 2011; RALPH *et al.*, 2016). *Boundary objects* são usados para diferentes fins e em domínios diferentes, mantendo sua autenticidade. O termo *boundary object* vem do uso de objetos que facilitam o compartilhamento de informações através de fronteiras linguísticas, culturais ou de conhecimento, como é o caso entre uma equipe de desenvolvimento de software e um cliente.

Diante dos pontos relatados acima, esta dissertação está relacionada com o problema dos modelos de processos de negócios BPMN estarem desatualizados com relação a versão do software que será mantida e ainda a falta de conhecimento sobre esta notação por parte dos profissionais que deveriam realizar tal atividade. Neste contexto, conforme os resultados do Mapeamento Sistemático realizado (apresentado no CAPÍTULO 3), pouco tem sido feito no âmbito de pesquisa para facilitar a modificação desses modelos durante a manutenção de software. Mas, devido à necessidade de se dispor de modelos atualizados, é importante obter meios que contribuam para que ao final da manutenção do software, os modelos BPMN estejam consistentes com a nova versão do software.

Diante disto, a questão de pesquisa deste trabalho consiste em:

**Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?**

Os profissionais engenheiros ou desenvolvedores de software foram escolhidos como profissionais alvos deste trabalho, porque são profissionais que podem se beneficiar ao assumir esta tarefa de manter os modelos BPMN atualizados com a versão corrente do software. Porém, pode ocorrer de tais profissionais possuírem pouco conhecimento sobre a notação BPMN.

Um outro ponto, pelos quais engenheiros e desenvolvedores podem se beneficiar ao assumir essa tarefa, se deve pelo fato desses modelos serem considerados *Boundary Objects*.

Isso pode facilitar a comunicação desses profissionais com outros setores dentro de uma empresa.

### **1.3.1. Objetivos de pesquisa**

A seguir será apresentado o objetivo principal e os objetivos específicos desta dissertação:

#### ***1.3.1.1. Objetivo principal***

O objetivo principal deste trabalho consiste em facilitar a evolução de modelos BPMN por profissionais com pouco conhecimento sobre a notação, através do desenvolvimento de uma técnica de apoio à evolução de modelos BPMN e à aprendizagem da notação BPMN. Deseja-se que esta técnica possa servir como resposta à questão de pesquisa apresentada. Desta forma, foi desenvolvida e avaliada experimentalmente, a técnica e-VOL BPMN. A e-VOL BPMN possui exemplos de evolução do diagramas para diferentes cenários de modelagem e, por isso, além de auxiliar a evolução dos modelos, pode possibilitar o aprendizado da notação BPMN. Ainda, a e-VOL BPMN busca auxiliar tanto a tarefa de compreensão quanto a tarefa de modificação do modelo, que são as tarefas constituintes da manutenção.

#### ***1.3.1.2. Objetivos específicos***

Os objetivos específicos são:

- Impulsionar o aprendizado da notação BPMN por seus utilizadores, de forma que o conhecimento sobre os elementos da notação seja enriquecido;
- Possibilitar a melhoria da qualidade dos modelos evoluídos com o auxílio da técnica proposta.
- Disponibilizar as principais dificuldades enfrentadas durante a evolução de modelos BPMN;
- Disponibilizar um corpo de conhecimento sobre evidências experimentais em manutenção de modelos BPMN
- Obter um conjunto de fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN e que podem impactar na evolução do mesmo;

## 1.4. Metodologia

### 1.4.1. Design Science Research (DSR)

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, foi escolhida a metodologia *Design Science Research* (DSR), que consiste no projeto e análise de artefatos que devem interagir em um contexto com um problema e melhorar algo neste contexto (WIERINGA, 2014). Simon (1996) define um artefato como algo projetado para resolver algum problema (o objetivo do artefato), num dado contexto, a partir de conhecimentos e conjecturas sobre o mundo (natural e social). Na metodologia DSR, o artefato é mudado ou melhorado de acordo com o desejo das partes interessadas, a fim de resolver um problema. As melhorias são feitas através de iterações nas atividades do projeto, através da análise dos resultados após cada ciclo, ou seja, o ciclo de design (WIERINGA, 2009; WIERINGA 2014).

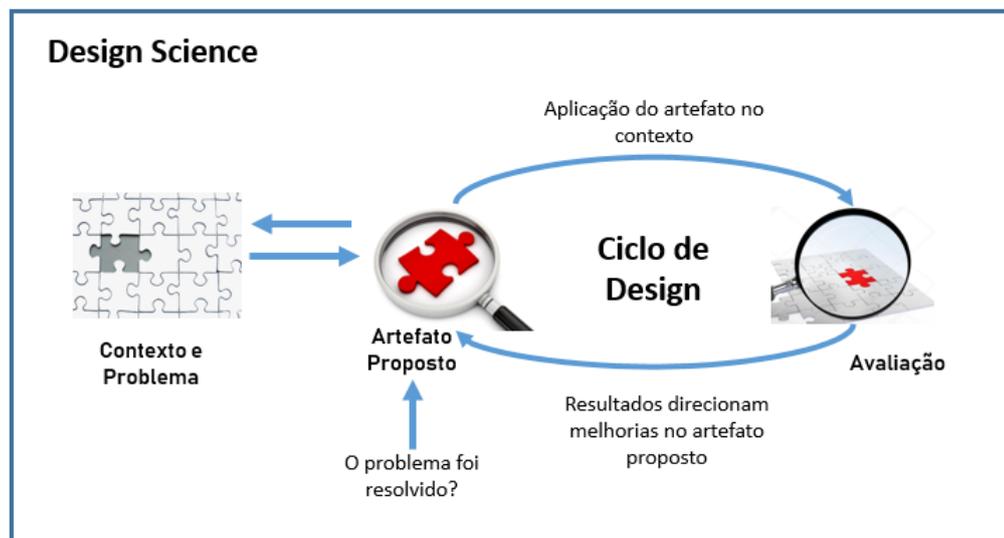


Figura 1.1 - Mapa de pesquisa Design Science baseado em Hevner e Chatterjee (2010)

A Figura 1.1 ilustra os principais elementos que compõem a DSR, baseado nos trabalhos de WIERINGA (2014) e HEVNER e CHATTERJEE (2010). A Metodologia DSR inicia com definição do problema (Contexto e Problema) ou uma oportunidade de melhoria de um determinado contexto (HEVNER, 2007). Após a definição do contexto e do problema então, um artefato é proposto (Artefato Proposto).

O **design do artefato** refere-se ao desenvolvimento e especificação do artefato que será proposto para solucionar o problema. O desenvolvimento do artefato é realizado pelos pesquisadores que usam *design science*. O conhecimento adquirido anteriormente e

pressupostos teóricos podem impulsionar o desenvolvimento do artefato, o que evidencia o rigor da DSR, visto que o desenvolvimento ou evolução do artefato foi feito tendo como base experiências adquiridas no decorrer dos ciclos através da aplicação do artefato no contexto de uso.

Conforme ilustrado na Figura 1.1, o artefato (Artefato Proposto) é aplicado no contexto do problema (Aplicação do artefato no contexto), e então, o resultado é finalmente **avaliado** (Avaliação) para verificar se o artefato produz o efeito desejado. Caso o resultado esperado não seja alcançado, pode ser necessário uma nova iteração no ciclo de design, através de melhorias e refinamentos no artefato proposto (Resultados direcionam melhorias no artefato proposto). Após as melhorias no artefato, então surge uma nova versão do **artefato proposto** e o ciclo se reinicia.

Também fazem parte do *Design Science* as conjecturas teóricas. As conjecturas teóricas subsidiam o projeto do artefato, e o uso do artefato, por sua vez, possibilita investigar as conjecturas teóricas (PIMENTEL *et al.*, 2019)

Além das experiências adquiridas ao longo das iterações do ciclo de design, o DSR pode gerar acréscimos de conhecimento ao combinar teoria e prática durante a condução da pesquisa. Assim, os resultados da pesquisa podem ser úteis para o público acadêmico e profissional.

#### 1.4.2. Aplicação do *Design Science Research*

A seguir será relatado como foi feita a aplicação do DSR nesta pesquisa.

**1º Ciclo - Investigação do Contexto e Problema:** sobre o problema apresentado neste trabalho, o problema foi identificado através de entrevistas com profissionais da indústria e também foi conduzido um mapeamento sistemático da literatura (Capítulo 3) para investigar o que estava sendo realizado no âmbito da pesquisa para solucionar o problema identificado. Os resultados do mapeamento mostraram que apesar da importância de se dispor de modelos atualizados durante a manutenção do software, pouco tem sido realizado para facilitar a evolução de modelos BPMN e o aprendizado na notação BPMN. Também não foi encontrada nenhuma evidência sobre uma técnica ou artefato que tenha este propósito.

**1º Ciclo – Artefato Proposto:** Com base nesses resultados (Contexto e Problema), foi realizada a etapa de *design* do artefato (desenvolvimento do artefato proposto) que corresponde ao desenvolvimento da versão inicial da e-VOL BPMN. Com relação ao design

do artefato proposto, a estrutura da técnica e-VOL BPMN foi inspirada no formato de técnicas de leitura (MELLO et al., 2014), as quais fornecem um conjunto definido de instruções que devem ser executadas de acordo com um cenário específico. A Figura 1.2 ilustra como ocorreu o andamento do presente trabalho.

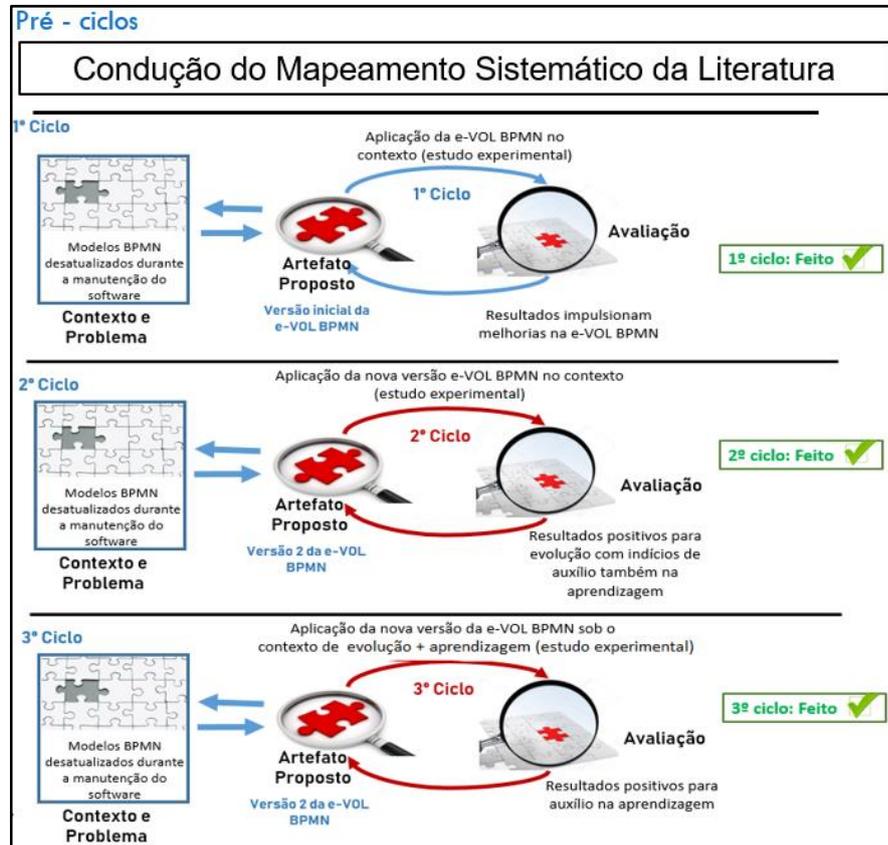


Figura 1.2 – Apresentação dos ciclos do presente trabalho com o apoio da metodologia *Design Science Research*.

**1º Ciclo – Aplicação do artefato no contexto:** Em seguida, o artefato proposto foi inserido no contexto específico (Aplicação do artefato no contexto), através de um experimento controlado

**1º Ciclo – Avaliação:** finalmente foi feita a avaliação dos resultados da aplicação da e-VOL BPMN no contexto (Avaliação).

**1º Ciclo – Resultado:** os resultados dessa avaliação inicial mostraram evidências de que o artefato (e-VOL BPMN) auxilia na evolução de modelos BPMN, mas que ainda era possível a realização de algumas melhorias e, portanto, um novo ciclo de *design* foi necessário (Resultados direcionam melhorias no artefato proposto). Com isso, ocorreu uma volta para o projeto do artefato, afim de alcançar uma solução satisfatória.

**2º Ciclo - Contexto e Problema:** verificou-se que o artefato proposto (e-VOL BPMN) ainda não se adequava ao contexto e problema, pois foram observadas algumas dificuldades na utilização do artefato por seus usuários e também porque os testes estatísticos não apresentaram diferença significativa resultante do uso deste artefato durante a análise do dados do experimento.

**2º Ciclo – Artefato Proposto:** como o artefato proposto ainda não se adequava ao contexto e problema, foi criada uma nova versão do artefato proposto (versão 2 da e-VOL BPMN).

**2º Ciclo – Aplicação do artefato no contexto:** foi feita a aplicação deste novo artefato no contexto, através de um segundo experimento controlado.

**2º Ciclo – Avaliação:** em seguida foi feita a avaliação do novo experimento controlado.

**2º Ciclo – Resultados:** os resultados pós-avaliação mostraram que a nova versão da e-VOL BPMN cumpre o objetivo para o qual ela foi desenvolvida e, portanto, auxilia na evolução de modelos BPMN por profissionais pouco experientes. Porém, de posse desses resultados, verificou-se que a e-VOL BPMN também tinha uma grande influência na aprendizagem da notação pelos seus utilizadores. O feedback obtidos pelos utilizadores da e-VOL BPMN nos levaram a investigar a e-VOL BPMN com relação ao aprendizado da notação BPMN. Com isso, foi projetado um novo ciclo de design para avaliar a e-VOL BPMN sob o contexto de evolução e aprendizagem.

**3º Ciclo - Contexto e Problema:** neste novo ciclo, foi investigado se a e-VOL BPMN além de auxiliar durante a evolução, também auxilia no aprendizado da notação por seus utilizadores, visto que nem sempre estes possuem o conhecimento necessário da notação para realizar a evolução do modelo.

**3º Ciclo – Artefato Proposto:** como artefato proposto, foi utilizada novamente a versão 2 da e-VOL BPMN.

**3º Ciclo – Aplicação do artefato no contexto:** novamente a e-VOL BPMN foi aplicada no contexto, através de um terceiro experimento controlado.

**3º Ciclo – Avaliação:** foi feita a avaliação dos dados obtidos no experimento controlado.

**3º Ciclo – Resultados:** os resultados se mostraram positivos, indicando que a e-VOL além de auxiliar na evolução de modelos BPMN, também colabora na aprendizagem da notação por seus utilizadores.

Com relação as conjecturas teóricas, nesta pesquisa, as conjecturas teóricas referem-se ao uso do artefato para:

- (i) **Facilitar a evolução de modelos BPMN**, principalmente por profissionais que não possuem muito conhecimento sobre a notação;
- (ii) **Auxiliar na aprendizagem da notação BPMN**, visto que o artefato proposto apresenta exemplos de uso dos elementos da notação e o contexto em que são utilizados;
- (iii) **Aumentar a qualidade dos modelos evoluídos**, através do uso correto dos elementos da notação;
- (iv) **Facilitar a compreensão do processo de negócios em manutenções futuras**, visto que os modelos estarão consistentes com o processo e versões de software em uso.

Ao longo da aplicação da metodologia, além do foco no objetivo principal, que era a resposta da questão de pesquisa através da técnica desenvolvida, ainda foi possível alcançar os objetivos específicos. Com relação aos objetivos específicos, durante os experimentos controlados foi possível obter, através de questionários pós-estudos, um conjunto de dificuldades enfrentadas durante a evolução dos modelos BPMN. E, através do mapeamento sistemático que foi realizado, foi possível obter:

- (i) Um corpo de conhecimento sobre evidências experimentais em manutenção de modelos BPMN;
- (ii) Um conjunto de fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN ou que podem impactar na evolução do mesmo;

Ainda sobre o DSR, de acordo com Hevner (2007), o Design Science Research é um processo iterativo que inclui três ciclos: o Ciclo de Relevância, o Ciclo de Design e o Ciclo de Rigor. Um projeto de Design Science Research começa com o Ciclo de Relevância, que envolve a definição do problema a ser abordado, os requisitos de pesquisa e os critérios para avaliar os resultados. O Ciclo de Design envolve o desenvolvimento e avaliação de artefatos ou teorias para resolver os problemas identificados. Finalmente, o Ciclo do Rigor refere-se ao uso e geração de conhecimento. O rigor é obtido por meio do uso adequado de fundamentos e metodologias de uma base de conhecimento que embasa a pesquisa e adiciona conhecimento gerado pela pesquisa para contribuir com a crescente base de conhecimento. Para fornecer uma visão geral sobre a presente pesquisa baseada nos conceitos apresentados acima, utilizamos o esquema proposto por Hevner (2007) que é demonstrado na Figura 1.3 a seguir:

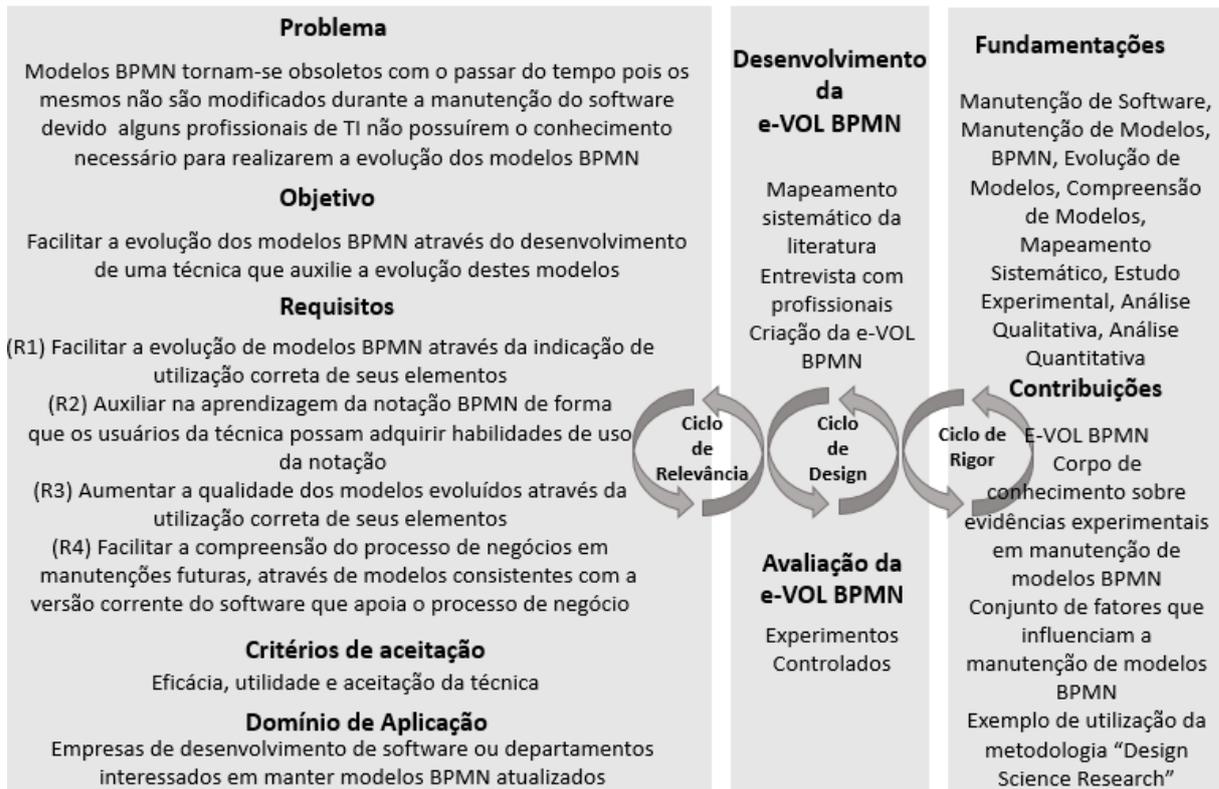


Figura 1.3 - Visão geral dos ciclos de Design Science Research neste trabalho - baseado em (Hevner, 2007)

A Figura 1.3 resume as principais informações relacionadas aos ciclos da Design Science nesta pesquisa. Como ilustrado na figura, há interseções entre os ciclos de Relevância, Ciclo de Rigor e o Ciclo de Design. Assim, o Ciclo de Design leva em conta o Ciclo de Relevância (por exemplo, o método deve atender aos requisitos estabelecidos) e o Ciclo de Rigor (por exemplo, o desenvolvimento do método deve basear-se em teorias e métodos científicos).

## 1.5. Principais Contribuições

A principal contribuição desta pesquisa consiste no desenvolvimento de uma técnica para auxiliar a evolução de modelos BPMN. Profissionais com pouco conhecimento sobre a notação BPMN podem utilizar a e-VOL BPMN para auxiliá-los durante a evolução de modelos e também podem ter seu conhecimento sobre a notação aprimorado, através da utilização da técnica. Desta forma, com modelos atualizados, consistentes com a versão do processo e do software em uso, a manutenção de software pode ser melhorada, através de uma compreensão mais rápida e fácil do processo em que o software está inserido. Ainda, treinadores da notação podem utilizar a e-VOL para auxiliar no ensino e aprendizagem da

notação BPMN, utilizando a e-VOL BPMN como ferramenta de auxílio em aulas, treinamentos, etc.

Outras contribuições que também são fruto desta dissertação de mestrado são:

- **Um estudo secundário no campo de manutenção em modelos BPMN:** a revisão sistemática que foi realizada pode contribuir com a comunidade científica fornecendo uma visão geral do que tem sido feito com relação à manutenção de modelos BPMN na literatura. As lacunas encontradas podem servir como ponto de início para novas pesquisas nesta área.
- **Um exemplo de utilização da metodologia “*Design Science Research*” para o desenvolvimento de artefatos:** o exemplo de uso da metodologia DSR, apresentada com os ciclos de desenvolvimento da e-VOL BPMN podem servir como base para o desenvolvimento de novos artefatos, especialmente para técnicas que auxiliem a evolução de modelos BPMN.

## 1.6. Organização

A seguir será apresentada a forma como os próximos capítulos estão organizados nesta proposta de mestrado.

- **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados:** apresenta as definições dos termos e conceitos utilizados no contexto desta pesquisa;
- **Capítulo 3 - Mapeamento sistemático sobre as evidências experimentais de manutenção de modelos BPMN:** descreve a metodologia utilizada para a realização do mapeamento sistemático da literatura e os seus resultados. Neste capítulo foram alcançados os objetivos específicos relacionados ao corpo de conhecimento sobre evidências experimentais em manutenção de modelos BPMN e o conjunto de fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN e que podem impactar na evolução do mesmo
- **Capítulo 4 – e-VOL BPMN: proposta de uma técnica para apoiar a evolução de modelos BPMN:** apresenta a proposta da primeira e segunda versões da técnica e-VOL BPMN que foi desenvolvida para auxiliar a evolução de modelos BPMN, juntamente com os estudos experimentais para avaliar cada versão.
- **Capítulo 5 - e-VOL BPMN versão 2: nova versão de uma técnica para apoiar a evolução de modelos BPMN:** apresenta a segunda versão da técnica e-VOL BPMN após uma série de melhorias que foram identificadas através da avaliação

da versão inicial da técnica. O capítulo apresenta também a avaliação desta nova versão da e-VOL BPMN, através do segundo experimento controlado.

- **Capítulo 6 - Avaliação da e-VOL BPMN quanto à evolução de diagramas e a aprendizagem da notação BPMN:** apresenta o último estudo experimental que foi realizado com o foco de avaliar o auxílio à evolução em conjunto com o auxílio na aprendizagem da notação BPMN que a e-VOL BPMN proporciona.
- **Capítulo 7 – Conclusões e perspectivas futuras:** apresenta as conclusões e perspectivas futuras sobre este trabalho.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

*Este capítulo apresenta os conceitos, definições e exemplos relacionados à manutenção de software, BPMN, manutenção de modelos BPMN e trabalhos relacionados.*

### 2.1. Manutenção de Software

A manutenção de software é caracterizada como sendo a modificação de um produto de software já entregue ao seu cliente após a sua entrega para o cliente, para a correção de eventuais erros, melhoria em seu desempenho, ou ainda para adaptação desse produto a um ambiente modificado (IEEE,1998). De acordo com Polo *et al.* (2009), durante a execução da manutenção de software diferentes partes precisam interagir:

**Cliente:** adquirente ou “dono” do software. Representa a organização que possui o software e solicita o serviço de manutenção.

**Mantenedor:** a organização que fornece o serviço de manutenção. No geral, a manutenção de software pode ser realizada pela própria equipe que desenvolveu o software, pelo setor de TI da empresa, por outra empresa ou por uma equipe terceirizada.

**Usuário:** representa a pessoa que utiliza o software durante a realização de suas tarefas.

O Mantenedor é a pessoa em quem está sendo focalizado este trabalho. Mais especificamente, a pessoa que irá executar a atividade de manutenção do software. Fernández-Saez *et al.* (2013) consideram que são duas as tarefas principais na atividade de manutenção de software:

**Tarefa 1** - Entendimento/compreensão do artefato de software: antes de modificar um software ou artefato, é necessário compreender o seu funcionamento e sua estrutura interna.

**Tarefa 2** - Modificação do artefato de software: incorporação das mudanças necessárias aos artefatos, tarefa que deve ser feita com um profundo conhecimento dos impactos que serão causados pela modificação.

Neste trabalho, foram considerados dois tipos de manutenção: manutenção corretiva e manutenção evolutiva. A manutenção corretiva refere-se à modificação que é realizada no software ou em seus artefatos para corrigir falhas ou defeitos. Já a manutenção evolutiva ou “evolução do software”, neste trabalho, refere-se à modificação que é realizada no software ou em seus artefatos para adicionar novas funcionalidades ou adaptá-lo a um novo ambiente

ou processo. Considerando-se os tipos de manutenção e as duas tarefas principais da atividade de manutenção de software que foram descritas acima, podemos considerar que a Tarefa 2 da manutenção pode ser uma modificação para corrigir o artefato de software, evoluir o artefato de software, ou ambos, dependendo do tipo de manutenção que está sendo realizada.

Ainda com relação à evolução do software, Lehman (1996), publicou suas “oito leis da evolução do software”. De acordo com esse trabalho, seriam oito as principais características que regem o envelhecimento de um software, determinadas após mais de vinte anos de estudos e observações. Essas leis consideram não apenas o software em si, mas as características da organização que o desenvolve e mantém. Como o escopo deste trabalho não considera as características da organização em que o software está inserido, vamos destacar as duas primeiras leis que foram consideradas mais relevantes para este trabalho – por tratarem da evolução do software em si.

**Primeira lei:** caracterizada pela evolução contínua, explica que um software desenvolvido para tratar um problema do mundo real, precisa ser constantemente adaptado, pois caso contrário, ele se tornará progressivamente menos satisfatório.

**Segunda lei:** existe um aumento progressivo de complexidade do software à medida que este se desenvolve, o que pode ocasionar uma desestruturação crescente. A menos que algo seja feito para evitar esta desestruturação, esse problema será inevitável, visto que ocorre devido às sucessivas modificações efetuadas sobre outras alterações, na medida em que são realizadas novas manutenções.

## 2.2. Manutenção de Modelos de Software

Os modelos são representações abstratas de um software, onde cada modelo representa uma visão ou perspectiva diferente do sistema (SOMMERVILLE, 2011). O aspecto mais importante de um modelo de software é que ele deixa de fora os detalhes não relevantes do contexto do software. Uma representação através de um modelo deliberadamente simplifica e seleciona as características mais salientes do software relacionadas a um determinado aspecto. São várias as representações gráficas de um software que podem ser feitas através de modelos. Uma notação muito utilizada para a representação de modelos de software é a UML (*Unified Modeling Language*), que assim como o BPMN, é uma notação mantida pela OMG (OMG, 2015). Através da UML podem ser construídos modelos que representam interações entre um sistema e seu ambiente (diagramas de casos de uso), que mostram as classes de objeto no sistema e representações entre elas (diagramas de classes), que mostram como o

sistema reage aos eventos internos e externos (diagrama de estado), entre outros. Apesar da relevância da UML, Martinez *et al.* (2003) enfatizam que o foco do desenvolvimento de software a partir dos processos de negócios pode aumentar a conformidade do software em relação às necessidades de seus usuários. Assim, um outro tipo de modelo que deve ser considerado são os modelos de processos de negócios.

Davenport (2000) define processo de negócio como uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo, com um começo, um fim e entradas e saídas claramente identificadas. Bulrton (2004) complementa que essa ordenação, nem sempre segue passos lógicos e que os processos têm diferentes tipos de entrada, como materiais brutos, informações ou até mesmo conhecimento, e os transforma em saídas e resultados. A Figura 2.1 ilustra as dimensões que um processo de negócio pode abranger segundo Iendrike e Araújo (2007).



Figura 2.1 - Dimensões de um processo de negócio - adaptado de IENDRIKE E ARAÚJO, (2007).

De acordo com a Figura 2.1, é possível observar que um processo de negócio pode refletir várias dimensões, explicitando pessoas, departamentos que fazem parte do processo (Quem?); em que localização o processo é realizado (Onde?); as atividades que são realizadas no processo (Como?); os produtos, sistemas e dados que são utilizados no processo (O quê?); os objetivos, metas, regras de negócio que devem ser seguidos no processo (Por quê?); e os eventos que ocorrem no decorrer do processo (Quando?).

Os modelos de processos de negócios representam graficamente o processo de negócio. Com relação ao uso destes modelos no desenvolvimento de software, tais modelos são considerados como meios de comunicação entre as partes interessadas, sendo fundamentais para a análise e projeto de sistemas (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2011) e para a compreensão do processo do negócio (TUREKEN *et al.*, 2016). Estes modelos podem ser de grande relevância durante a manutenção do software, pois podem informar às partes interessadas sobre o processo que é apoiado pelo software. Assim, estes modelos podem ser um bom ponto de partida para compreender o software que deverá ser mantido. Por isso, é importante realizar a evolução destes modelos durante a manutenção e mantê-los consistentes com a versão do software em funcionamento.

Apesar da relevância da etapa de manutenção, ela não é de fácil previsão e controle, sendo muitas vezes realizada por equipes terceirizadas, que não possuem contato com o projeto inicial do software (BHATT *et al.*, 2004). É importante notar também que a maioria das empresas realiza manutenção apenas no código fonte, sem realizar a atualização dos modelos do software (CUI, 2017). Assim, os modelos são quase sempre desatualizados e inconsistentes com o código-fonte, o que dificulta a compreensão do software que deverá ser mantido.

Modelos consistentes com a versão atual do software podem repassar a informação correta sobre quais funcionalidades estão presentes no software e também sobre como este funciona. Porém, para que os modelos estejam atualizados, é importante que eles também sejam um alvo de modificação da etapa de manutenção e não somente o código-fonte do software.

### **2.3. BPMN**

Nos processos de negócios são apresentadas as atividades, as pessoas que executam essas atividades, os artefatos gerados e utilizados durante um processo e o fluxo representativo do que deve acontecer para que um objetivo específico seja alcançado. Em geral, as empresas representam através desses fluxos a ordem em que essas atividades devem ser realizadas, quem deve realizar cada atividade (pessoas, cargos, setores), a interação entre as pessoas envolvidas na execução das atividades, dentre outras coisas pertinentes ao processo.

O desenvolvimento e manutenção de um processo de negócio no mundo real não é um trabalho trivial, visto que normalmente dentro de uma empresa há uma grande quantidade de

processos que precisam ser definidos formalmente (RECKER e DREILING, 2011). Diante disto, o BPMN surgiu como um padrão para modelagem gráfica de processos de negócios formais. Mantido pela OMG, o objetivo principal do BPMN é fornecer uma notação padrão para a criação de um BPD (*Business Process Diagram*) que seja compreensível para todos os envolvidos, desde os analistas de negócios que criam os rascunhos iniciais dos processos, passando pelos envolvidos nos mais diversos setores de uma empresa, até os empresários que irão gerenciar e monitorar tais processos (OMG, 2014). Assim, o BPMN cria uma ponte entre o *design* do processo de negócios e a implementação deste processo (OMG, 2014).

Para facilitar a compreensão de um modelo de processo de negócios, o BPMN oferece vários tipos de elementos, alguns dos quais podem ser hierárquicos (tarefas, subprocessos, conectores...), eventos e fluxos para modelar os vários conceitos de processos de negócios (KHLIF e BEN-ABDALLAH, 2015). Os elementos e suas respectivas formas de uso são explicados no documento oficial de especificação da notação (OMG, 2014). A Figura 2.2 mostra alguns exemplos de elementos da notação BPMN agrupados em quatro categorias básicas de elementos: Atividades, Objetos de Fluxo, Objetos de conexão e Eventos.

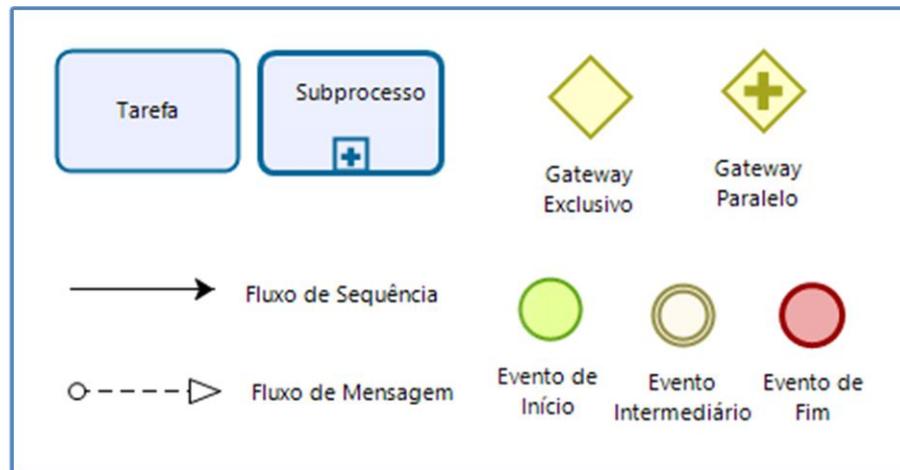


Figura 2.2 - Exemplos de elementos da notação BPMN (adaptado de LUBKE et al., 2008)

A Figura 2.3 mostra um exemplo simples de modelo criado com a notação BPMN, onde é representado um processo de aquisição de amostras a partir da perspectiva do vendedor. O vendedor (representado na lateral da Figura 2.3 - Vendedor) inicia o processo realizando a atividade “Negociar Cotação” (um retângulo representa uma atividade). Em seguida, através de uma atividade realizada via sistema “Aprovar Pedido”, o pedido de compra deve ser aprovado ou não (o losango vazio representa que um caminho ou outro deve ser seguido). Se o pedido for reprovado, o processo é encerrado. Se o pedido for aprovado então, duas atividades devem ser realizadas obrigatoriamente (o que é representado pelo

losango com um sinal de + no meio): “Manipular Pedido” e “Controlar Pagamento”. Somente após a execução dessas duas atividades é que a atividade “Revisar Pedido” pode ser realizada, em seguida o vendedor envia o pedido e o processo se encerra.

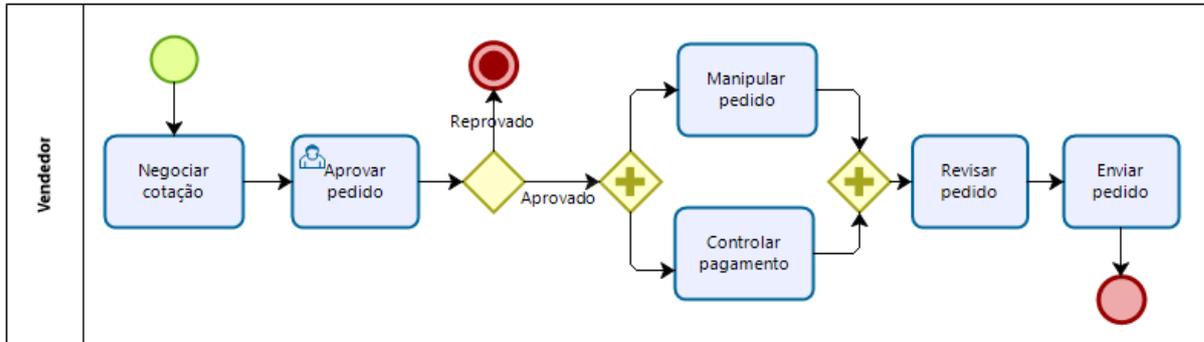


Figura 2.3 – Exemplo de modelo BPMN

A modelagem de processos está muito relacionada com o desenvolvimento de software. Inclusive, na engenharia de requisitos, notações como o BPMN são utilizadas para especificar os processos de negócios que devem ser apoiados pelo sistema em desenvolvimento (RECKER e DREILING, 2011). Assim, os modelos de processos de negócios podem ser utilizados como base para especificar o que o sistema deve fazer (GONZÁLEZ e SANCHEZ, 2007). A técnica proposta neste trabalho (Capítulo 4) irá utilizar no seu contexto os modelos de processos de negócios representados através da notação BPMN.

## 2.4. Semântica e Sintaxe de modelos

A semântica é uma dimensão que avalia os modelos tanto quanto a validade (se as declarações no modelo são corretas e relacionadas ao problema) quanto a integralidade (se o modelo contém as declarações relevantes para resolver o problema) (HAISJACKL *et al.*, 2018). Atividades em ordem incorreta de execução são exemplos que violam a validade de um modelo de processo, atividades ausentes violam a integralidade de um modelo de processo. Dessa forma, ambos são problemas que impactam na semântica de um modelo. Além do mais, segundo Vojislav e Leon (2000), a completude é uma propriedade da semântica que mostra até que ponto os aspectos relevantes do sistema foram especificados no modelo. Utilizando essas definições, é possível avaliar se um modelo está completo com relação à sua validade e integralidade. Problemas relacionados à semântica de um modelo são

problemas mais profundos que só podem ser identificados através do raciocínio de seres humanos (HAISJACKL *et al.*, 2018).

## 2.5. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos que serão apresentados nesta seção foram escolhidos por estarem relacionados com a manutenção de modelos de alguma forma. Foram considerados alguns trabalhos que utilizam modelos UML porque as soluções apresentadas nestes trabalhos poderiam também ser aplicadas a modelos BPMN.

Fernández-Sáez *et al.* (2013) apresentam um Mapeamento Sistemático da Literatura que aborda trabalhos relacionados à manutenção experimental de modelos UML e a sua utilização durante a manutenção do código-fonte. Este mapeamento foi de grande valia neste trabalho, pois forneceu um conjunto de trabalhos que enriqueceram o conhecimento sobre a área que está sendo pesquisada neste trabalho – manutenção de modelos.

Segundo alguns autores (FIGUEIREDO *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2004; PFLEEGER, 2002; WONG *et al.*, 1995), cerca de 50% do trabalho de manutenção do software é dedicado ao entendimento do software. É nesse processo de entendimento do software que os modelos se mostram de grande importância. Contudo, além dos modelos estarem disponíveis para auxiliar na compreensão é necessário que eles sejam de fácil compreensão e que tenham uma boa qualidade. Se os modelos referentes ao software forem de fácil compreensão e tiverem uma boa qualidade é mais provável que estes modelos também sejam corrigidos ou evoluídos durante a manutenção. Com o objetivo de informar precocemente se um modelo construído será de fácil compreensão e manutenção, foram propostas algumas métricas para avaliar a complexidade dos modelos construídos.

A complexidade dos artefatos de software é amplamente considerada como um determinante importante do esforço de manutenção, pois considera-se que quanto menos complexo mais fácil será de realizar a manutenção do modelo (FERNÁNDEZ-SÁEZ *et al.*, 2013). Bocco *et al.* (2005) apresentam um conjunto de métricas que são utilizadas para representar a **complexidade** de artefatos de software, mais especificamente do Diagramas de Classes, um dos modelos da UML mais utilizados na fase de projeto e manutenção de softwares (REGGIO *et al.*, 2014). Foi conduzido um experimento controlado para avaliar a influência dessas métricas na atividade de evolução de Diagramas de Classes (BOCCO *et al.*, 2005). Essas atividades incluíam a inserção de novas funcionalidades e também a modificação

de funcionalidades já existentes. Duas das métricas propostas mostraram-se determinantes significativos do esforço de manutenção dos modelos, sendo estas o número de métodos e número de associações.

Alguns trabalhos buscam avaliar como determinados fatores podem influenciar na compreensão de modelos. Esse tipo de trabalho se relaciona com a manutenção de modelos porque considera-se que a compreensão do modelo é a tarefa inicial da manutenção (FERNÁNDEZ-SAEZ et al., 2013). Genaro *et al.* (2008) apresentam um estudo experimental com o objetivo de avaliar se o uso de estereótipos melhora a compreensão dos diagramas de sequência UML. Os estereótipos são apresentados como mensagens representadas entre os símbolos “<<” e “>>”. Os estereótipos utilizados foram: (1) estereótipo “<<signal>>” que representa uma mensagem entre um ator e o sistema, (2) estereótipo “<<service>>” que representa uma mensagem que atualiza o estado de um objeto, (3) estereótipo “<<query>>” que representa uma mensagem para consultar o estado de um objeto e (4) estereótipo “<<connect>>” que representa uma mensagem para indicar que precisa haver uma conexão entre remetente e destinatário de um objeto. Os resultados mostraram uma tendência a favor do uso de estereótipos para facilitar a compreensão dos diagramas de sequência UML, embora o resultado estatístico não tenha sido significativo.

Ainda sobre modelos UML e com o foco em melhorar a compreensão dos modelos, Eichelberger e Schmid (2009) apresentam um conjunto de regras para melhorar o desenho visual de Diagramas de Classes UML. No trabalho são descritas 15 regras de desenhos de diagramas de classes para melhorar a compreensão de tais modelos. As regras eram do tipo “Minimize o número de curvas nos caminhos ou, pelo menos, evite curvas desnecessárias”, “Evite sobreposições entre nós e nós, bem como entre nós e arestas”. Os diagramas utilizando as regras ou tendo as regras violadas foram avaliados experimentalmente. Os resultados obtidos não foram significativos e o estudo foi considerado um estudo piloto para obter melhores “*insights*” para a aplicação de um novo estudo melhorado.

Trazendo agora a perspectiva para os modelos BPMN, Aguilar *et al.* (2006) apresentam um conjunto de métricas para avaliar a complexidade estrutural dos modelos BPMN. As métricas propostas têm por finalidade avaliar a qualidade do modelo com base na complexidade. Considera-se que quanto maior a qualidade do modelo, maior será a facilidade para tarefas de evolução. Aguilar *et al.* (2006) consideram que modelos classificados através das métricas como “*best maintained models*” possuem benefícios como: compreensão garantida, divulgação e evolução de processos sem afetar a execução correta, bem como redução do esforço necessário para modificar os modelos em manutenções futuras.

Yahya *et al.* (2017) afirmam que não há consenso sobre quais características dos modelos BPMN que implicam em sua qualidade. Com isso, os autores buscam identificar limites apropriados para as métricas de complexidade a serem utilizadas para avaliar a qualidade dos modelos BPMN em termos de compreensibilidade (aptidão para ser compreendido) e modificabilidade (aptidão para ser modificado), através da utilização de lógica *fuzzy*. Em seguida foi construído um *framework* para avaliação de modelos BPMN. O *framework* realiza a classificação dos modelos em relação à compreensão e modificação do modelo. As classificações são realizadas conforme os exemplos a seguir: “Moderadamente difícil de entender com um grau de certeza de 63%”, “Moderadamente difícil de modificar com um grau de certeza de 100%”.

Os trabalhos que foram apresentados têm como foco informar antecipadamente se os modelos construídos serão de fácil compreensão e modificação durante a manutenção, ou ainda, avaliar fatores que podem impactar na compreensão dos modelos. Mas, não estão relacionados com o auxílio **durante** a manutenção dos modelos. Considera-se importante também produzir formas de auxiliar durante a execução da manutenção de modelos.

Não foram encontrados trabalhos relacionados diretamente à manutenção de modelos BPMN e a maioria dos trabalhos encontrados que estavam relacionados de alguma forma com a manutenção de modelos BPMN baseavam-se em métricas de complexidade, ou estavam focados na compreensão dos modelos. Esses outros trabalhos encontrados que se relacionavam de alguma forma com a manutenção de modelos BPMN serão abordados no Mapeamento Sistemático da Literatura que está descrito no próximo capítulo. A opção de utilizar BPMN, e não UML, se deu pelo fato dos modelos BPMN serem considerados como um bom ponto de partida para o entendimento do software e também porque esses modelos podem ser utilizados não somente pelos desenvolvedores, mas por todos os envolvidos no processo (como *boundary objects*). Diante disto, um dos objetivos deste trabalho é propor uma técnica para auxiliar a manutenção de modelos BPMN, **durante** a manutenção evolutiva do software.

## CAPÍTULO 3- MAPEAMENTO SISTEMÁTICO SOBRE AS EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS DE MANUTENÇÃO DE MODELOS BPMN

*Este capítulo apresenta um mapeamento sistemático sobre as evidências experimentais de manutenção de modelos BPMN, abordando a seguinte questão de pesquisa: “Qual a evidência experimental sobre a manutenção de diagramas BPMN?”. Descreve também como o mapeamento foi realizado e os resultados encontrados.*

### 3.1. Introdução

Para identificar o que tem sido realizado no âmbito de pesquisa com relação à manutenção de modelos BPMN foi necessária a realização de um mapeamento sistemático. Um mapeamento sistemático é um tipo de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que consiste em uma “maneira de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes a uma questão de pesquisa em particular, área de um assunto ou fenômeno de interesse” (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007). Diferentemente de uma revisão convencional da literatura, uma RSL possui uma metodologia rigorosa e bem definida, o que permite obter resultados menos enviesados e informações amplas sobre diversos métodos experimentais, porém, exigindo um maior esforço por parte do pesquisador.

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a condução do mapeamento sistemático, uma discussão sobre os resultados encontrados e um resumo dos fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN.

O mapeamento sistemático apresentado neste trabalho teve como base o mapeamento realizado por Fernández-Sáez *et al.* (2013), intitulado de “*Empirical studies concerning the maintenance of UML diagrams and their use in the maintenance of code: A systematic mapping study*”. No mapeamento apresentado por Fernández-Sáez *et al.* (2013) foi realizado um mapeamento sistemático para investigar evidências experimentais sobre a manutenção de modelos UML. Portanto, o mapeamento sistemático proposto neste trabalho é uma adaptação do mapeamento apresentado por Fernández-Sáez para a notação BPMN. Esta adaptação foi necessária para que pudesse ser avaliado o que tem sido feito no âmbito de pesquisa com relação à manutenção de modelos BPMN, conforme foi feito para UML por Fernández-Sáez *et al.* (2013).

Antes da adaptação do mapeamento de Fernández-Sáez *et al.* (2013) para o contexto da notação BPMN, era necessário entender como as pesquisas relacionadas à manutenção de modelos eram realizadas. Para isso, foi feita a leitura, análise e extração das 38 publicações que foram selecionadas no mapeamento de Fernández-Sáez *et al.* (2013). Dessa forma, foi possível “aprender” que tipo de publicação deveria ser selecionada durante a condução do mapeamento adaptado para BPMN e também obter uma base de conhecimento sobre a área antes da condução da pesquisa. Essa base de conhecimento foi fundamental para o projeto e planejamento dos estudos experimentais que foram conduzidos no decorrer desta pesquisa.

## **3.2. Protocolo de revisão**

O protocolo de revisão define os procedimentos utilizados para a condução de um mapeamento ou revisão sistemática da literatura, sendo importante para a correta condução e a validade da revisão/mapeamento (WOHLIN *et al.*, 2012). As subseções a seguir detalham o protocolo de revisão utilizado para a condução deste mapeamento.

### **3.2.1. Objetivo**

Os objetivos do mapeamento sistemático podem ser definidos como a seguir:

- Investigar a manutenção dos próprios modelos BPMN e tentar descobrir se os diagramas são compreensíveis e modificáveis ao ponto de permitir aos mantenedores realizar as mudanças que precisam serem feitas neles ao mesmo tempo em que estão mantendo o código-fonte.
- Reunir evidências experimentais sobre o uso de diagramas BPMN na manutenção deles próprios ou do seu uso durante a manutenção do código fonte do software.

O objetivo ainda foi definido segundo o Paradigma GQM (*Goal-Questrion-Metric*) de Basili (BASILI e ROMBACH, 1988), conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Objetivo da pesquisa segundo o Paradigma QM (BASILI e ROMBACH, 1988).

<b>Analisar</b>	Publicações científicas, através de um mapeamento sistemático.
<b>Com o propósito de</b>	Caracterizar
<b>Em relação às</b>	Evidências experimentais sobre manutenção de modelos BPMN
<b>Do ponto de vista do</b>	Pesquisador
<b>No contexto de</b>	Desenvolvimento de Software

### 3.2.2. Questão de pesquisa

Este mapeamento buscou responder à seguinte questão de pesquisa: *“Qual a evidência experimental sobre a manutenção de diagramas BPMN?”*. Para responder à questão de pesquisa principal, o mapeamento sistemático foi dividido em subquestões específicas sobre a manutenção de modelos BPMN com o objetivo de responder à questão principal. As subquestões são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Subquestões de pesquisa.

<b>Subquestão</b>	<b>Descrição da subquestão</b>
<b>SQ1</b>	Qual é o estado da arte em estudos experimentais sobre a manutenção de diagramas BPMN ou a manutenção do código fonte ao usar diagramas BPMN?
<b>SQ2</b>	Quais variáveis dependentes são investigadas nos estudos experimentais?
<b>SQ3<sup>1</sup></b>	Qual dos fatores estudados influencia a capacidade de manutenção de um software (código fonte ou diagrama)?
<b>SQ4</b>	Quais tecnologias apoiam a manutenção de modelos BPMN?

Deve ser enfatizado aqui que o mapeamento sistemático foi realizado utilizando-se o termo manutenção, pois foi considerado que a evolução, seja do modelo ou seja do software é um tipo de manutenção, assim como a correção. Pode-se realizar manutenção no software ou modelo para realizar correção ou evolução.

<sup>1</sup> Foram considerados como **fatores** os resultados das publicações selecionadas no mapeamento sistemático que influenciam na manutenção de modelos BPMN.

### 3.2.3. Escopo da Pesquisa

Esta seção descreve a estratégia de pesquisa utilizada: o escopo, o idioma, os termos utilizados, a *string* de busca e os critérios de seleção de artigos.

#### 3.2.3.1. Bibliotecas

O mapeamento sistemático foi conduzido nas bibliotecas digitais Scopus<sup>2</sup>, Engineering Village<sup>3</sup> e ACM<sup>4</sup>. As bibliotecas Scopus e Engineering Village foram incluídas porque são metabibliotecas e indexam publicações de diversas editoras bem conhecidas e conceituadas, como ACM, IEEE, Springer e Elsevier. Seus motores de busca possibilitam a definição de filtros como tipo de documento, idioma e área do conhecimento (NAKAMURA *et al.*, 2017). Além disso, estudos realizados por Meho e Rogers (2008) apontam que a Scopus tem um melhor índice *h-index*, uma medida que permite quantificar a amplitude do impacto de trabalhos científicos individuais e a qualidade da pesquisa científica segundo o número de citações recebidas (HIRSCH, 2005). Mesmo a biblioteca ACM sendo indexada pela Scopus, esta biblioteca foi incluída para assegurar que não havia publicações excluídas na indexação da Scopus de publicações da ACM e também porque a ACM indexa algumas publicações da Springer Link e Science Direct.

#### 3.2.3.2. Idioma dos artigos

Os idiomas selecionados foram o inglês e o português. O inglês foi escolhido por se tratar de um idioma universal e adotado pela grande maioria de conferências e periódicos internacionais. Já por sua vez, o português foi selecionado por ser o idioma utilizado em conferências nacionais, como as promovidas pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

#### 3.2.3.3. Termos utilizados na pesquisa

Para definir os termos da pesquisa, foi utilizado o procedimento descrito por Kitchenham e Charters (2007), que sugerem determinar os parâmetros de população, intervenção, comparação, resultado e contexto.

---

<sup>2</sup> <http://www.scopus.com>

<sup>3</sup> <http://www.engineeringvillage.com>

<sup>4</sup> <http://dl.acm.org>

- **População:** BPMN – *Business Process Modeling and Notation*;
- **Intervenção:** manutenção, modificação, evolução, compreensão. O termo compreensão foi considerado por se tratar da Tarefa 1 da atividade de manutenção;
- **Comparação:** não se aplica, pois o objetivo é caracterizar o que é feito com relação à manutenção de modelos BPMN;
- **Resultados:** Estudos experimentais – Experimento, *Survey*, Estudo de Caso, Pesquisa-Ação;
- **Contexto:** não se aplica, pois não há uma comparação para se determinar o contexto.

A Tabela 3.3 relaciona os termos que foram utilizados como sinônimos para os termos de pesquisa da Intervenção. Os sinônimos da intervenção foram utilizados do mapeamento sistemático de Fernández-Sáez *et al.* (2013).

**Tabela 3.3 - Grupo de Sinônimos Utilizados para os termos da Pesquisa**

POPULAÇÃO		
BPMN	Business Process Model and Notation	Business Process Modeling and Notation

INTERVENÇÃO		
Maintenance	Evolution	Comprehension
Maintainability	Evolvability	Understandability
Modularity	Modification	Understanding
Reusability	Stability	Misinterpretation
Analyzability	Testability	
Changeability	Comprehensibility	

RESULTADOS		
Empirical	Survey	Action Research
Experiment	Case Study	

A *string* de busca foi construída utilizando os operadores booleanos “OR” entre as alternativas de escrita e sinônimos dos termos e o operador booleano “AND” para unir os grupos (ver Tabela 3.4). Após a construção da *string*, a mesma foi executada em todas as bibliotecas citadas anteriormente.

Tabela 3.4 - String de busca utilizada.

**(BPMN OR "Business Process Model and Notation" OR "Business Process Modeling and Notation")**  
**AND**  
**(Maintenance OR Maintainability OR Modularity OR Reusability OR Analyzability OR Changeability OR Evolution OR Evolvability OR Modification OR Stability OR Testability OR Comprehensibility OR Comprehension OR Understandability OR Understanding OR Misinterpretation)**  
**AND**  
**(Empirical OR Experiment OR Survey OR "Case study" OR "Action Research")**

#### 3.2.3.4. Critérios de seleção

O processo de seleção de publicações foi composto por duas etapas, chamadas filtros. No primeiro filtro, as pesquisadoras realizaram a leitura somente do título e do *abstract* para selecionar as publicações relacionadas à manutenção de modelos BPMN aplicando os critérios de inclusão e exclusão (ver Tabela 3.5). Também nesta etapa, inicialmente, duas pesquisadoras classificaram, independentemente, através dos critérios de seleção, uma amostra de 10 publicações selecionadas aleatoriamente. Em seguida, com o propósito de avaliar o índice de concordância na seleção das publicações entre as duas pesquisadoras, foi utilizado o teste estatístico de Kappa (COHEN, 1960). O resultado desta avaliação mostrou um grau de concordância substancial entre as duas pesquisadoras ( $kappa = 0.653$ ), de acordo com a escala descrita por Landis e Koch (1997).

No segundo filtro, os pesquisadores realizaram a leitura completa das publicações selecionadas. A seleção das publicações no segundo filtro foi realizada com os mesmos critérios utilizados no primeiro filtro.

Tabela 3.5 - Critérios de inclusão e exclusão.

#	Critério de inclusão
CI1	Artigos com estudos experimentais que usam modelo BPMN durante a manutenção do diagrama ou do código fonte
CI2	Artigos com estudos experimentais com modelos BPMN auxiliando na compreensão
CI3	Artigos que avaliam a compreensibilidade ou manutenibilidade de diagramas BPMN
#	Critérios de exclusão
CE1	Publicações que tratam de extensões BPMN;
CE2	Publicações que não contêm resultados de estudos experimentais;
CE3	Publicações onde o BPMN ou a manutenção são mencionadas apenas como termos introdutórios gerais no abstract do documento e uma abordagem ou outro tipo de proposta está entre as contribuições do artigo;
CE4	Sumários de Conferências;
CE5	Publicações que não estejam escritas nos idiomas definidos;
CE6	Publicações que não estejam disponíveis para leitura ou coleta de dados (publicações pagas, não disponibilizadas pela máquina de busca e não disponibilizada pelos autores após contato via e-mail ou <i>researchgate</i> );
CE7	Publicações duplicadas.

Uma consideração a ser feita sobre o CE2, é que foram consideradas somente as publicações com resultados de estudos experimentais porque deseja-se saber o que tem sido proposto com relação à pesquisa em termos de manutenção de modelos. Com isso, foram considerados todos os tipos de estudos experimentais para fazer parte do mapeamento.

#### 3.2.4. Estratégia para extração de dados

Após a realização do processo de seleção, foi iniciado o processo de extração de dados através da leitura completa de cada uma das publicações selecionadas no segundo filtro e com base nisso, foi feito o preenchimento do formulário de extração das publicações selecionadas.

Para tentar padronizar as respostas, quando possível, foram colocadas as possíveis respostas no formulário de extração para que a opção correspondente seja apenas marcada. Segundo Fernandez *et al.* (2011), isso garante que serão utilizados os mesmos critérios de extração de dados, facilitando assim a sua classificação. As informações foram extraídas de acordo com cada subquestão. O formulário de extração completo está disponível no APÊNDICE A.

Com relação à **SQ1** (*Estado da arte em estudos experimentais sobre a manutenção de diagramas BPMN*), foram considerados os seguintes fatores que compõem o estado da arte em estudos experimentais:

- a) **Método Experimental:** tipo de estudo experimental que é apresentado na publicação. Foram considerados os tipos: experimento controlado, estudo de caso, *survey* e pesquisa-ação;
- b) **Objetivo do Experimento:** este fator foi incluído para fornecer um contexto sobre a publicação e assim facilitar a leitura do formulário;
- c) **Contexto:** ambiente de pesquisa em que foi realizado o estudo experimental. Foram considerados os tipos: indústria e laboratório;
- d) **Quantidade de Participantes:** número de “*subjects*” envolvidos no experimento.
- e) **Caracterização dos Participantes:** perfil dos participantes utilizados nos experimentos - estudantes, profissionais da indústria ou profissionais acadêmicos.
- f) **Objeto foco da manutenção:** o que estava sendo mantido no experimento realizado, tais como:
  - **Diagrama BPMN:** quando a manutenção que ocorre somente no diagrama BPMN estava sendo investigada na publicação;
  - **Software / Código-fonte:** quando a manutenção que ocorre somente no software e em seu código-fonte estava sendo investigada na publicação;
  - **Ambos:** quando a manutenção que ocorre tanto do diagrama BPMN quanto no código-fonte do software estava sendo investigada;
- g) **Tipo de Sistema:** qual tipo de software ou cenário estava sendo utilizado no experimento. Foram considerados os tipos: real, fictício ou não-especificado;
- h) **Tratamentos:** fatores que estavam sendo comparados no experimento.
- i) **Origem dos diagramas:** com relação à origem dos diagramas foi considerado se eles foram gerados a partir do processo normal de desenvolvimento ou se foram gerados através de engenharia reversa.

Em relação à **SQ2** (*Variáveis dependentes investigadas*), foram incluídos os seguintes campos no formulário:

- a) **ID Experimento:** este campo foi projetado principalmente porque algumas publicações apresentavam mais de um experimento realizado.

- b) **Variável Dependente:** qual variável dependente estava sendo investigada no experimento.
- c) **Medida utilizada:** qual medida estava sendo utilizada para medir a variável dependente.
- d) **Tarefas (Quais e quantas):** o tipo de tarefas realizadas durante o experimento (teste de compreensão do diagrama através de um questionário, tarefas de modificação, etc).

Com relação à **SQ3** (*Fatores que influenciam a capacidade de manutenção*), foi incluído o seguinte campo no formulário:

- a) **Resultados Obtidos:** este campo visa identificar como os tratamentos utilizados influenciam a capacidade de manutenção, se positivamente ou negativamente, com base nos resultados obtidos nos experimentos.

No que diz respeito à **SQ4** (*Quais tecnologias apoiam a manutenção de modelos BPMN*), foi incluído o seguinte campo:

- a) **O artigo apresenta alguma tecnologia para apoiar a manutenção? Se sim, qual?:** caso, o artigo apresentasse alguma técnica, método, modelo, abordagem etc., que auxiliasse a manutenção de modelos, essa tecnologia deveria ser relatada neste campo.

### 3.3. Resultados

O mapeamento sistemático envolveu três pesquisadoras. Uma pesquisadora especificou o protocolo de revisão, o qual foi revisado pela segunda e terceira pesquisadora. Com isso, desejou-se evitar o viés de um pesquisador único.

#### 3.3.1. Publicações selecionadas

A Figura 3.1 apresenta o processo de seleção de publicações realizado na condução do mapeamento sistemático. A *string* de busca retornou um total de 89 publicações na biblioteca *Scopus*, 80 na *Engineering Village* e 19 na *ACM*. Publicações duplicadas foram encontradas durante o processo. Nestes casos, as publicações foram contabilizadas somente uma vez. Após a remoção das duplicadas, ficaram 88 publicações na *Scopus*, 7 na *Engineering Village* e 15 na *ACM*, o que contabilizou um total de 110 publicações. Durante o primeiro filtro, no qual

são lidos o Título e o *Abstract* de todas as publicações, 81 publicações foram rejeitadas, tendo em vista que estas não atendiam aos critérios de inclusão. As 29 publicações restantes foram lidas em sua totalidade e classificadas no segundo filtro, de acordo com os mesmos critérios de inclusão e exclusão (ver Subseção 3.2.3.4). Ao fim do processo, 18 publicações foram aceitas e extraídas. As informações contendo os artigos selecionados estão disponíveis no APÊNDICE B. Os artigos selecionados foram codificados de P1 a P18.

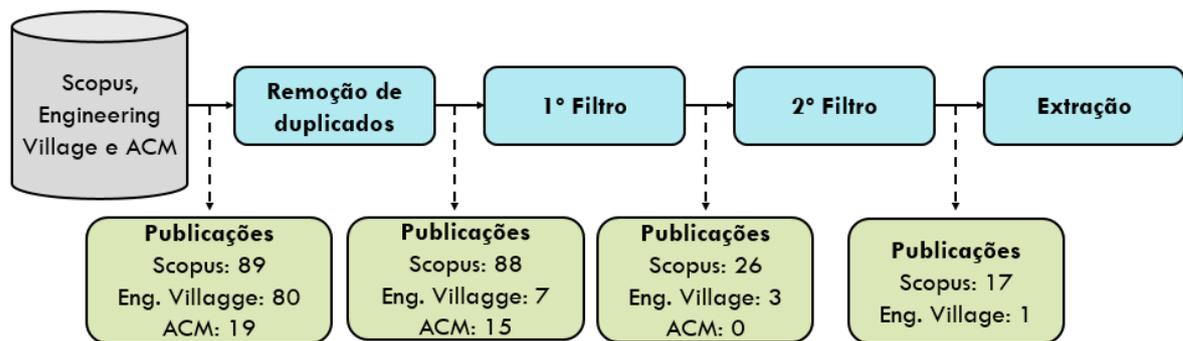


Figura 3.1 - Processo de seleção dos artigos.

### 3.3.2. Visão Geral dos Resultados

#### 3.3.2.1. Frequência de Publicações por ano

Os artigos selecionados foram publicados entre 2008 e 2018. Não houve critério para determinar o ano das publicações. Ao observar o gráfico da Figura 3.2, é possível perceber um número maior de publicações a partir do ano 2015, com um pico no ano 2017 de 5 publicações. Logo no início de 2018 também já foi encontrada uma publicação sobre o assunto, visto que o mapeamento foi realizado entre março e abril de 2018. Isso nos leva a crer que a manutenção de modelos BPMN é um assunto atual.



Figura 3.2 - Gráfico com uma visão anual das publicações selecionadas.

### 3.3.2.2. Tipos de Publicações

As publicações selecionadas estavam distribuídas em conferências e periódicos. A Figura 3.3 mostra a distribuição das publicações com relação aos tipos de publicações.

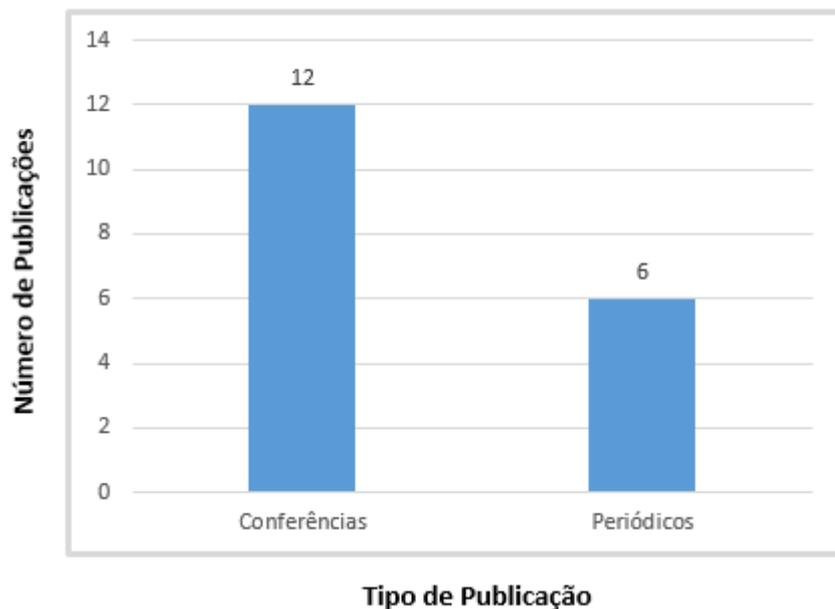


Figura 3.3 - Tipos de Publicações selecionadas

É possível observar que há publicações sobre este assunto tanto em conferências como em periódicos. Com isso, é possível opinar que este assunto é relevante e de interesse da comunidade, visto que é um assunto abordado tanto em conferências quanto em periódicos.

### 3.3.3. Respostas das subquestões

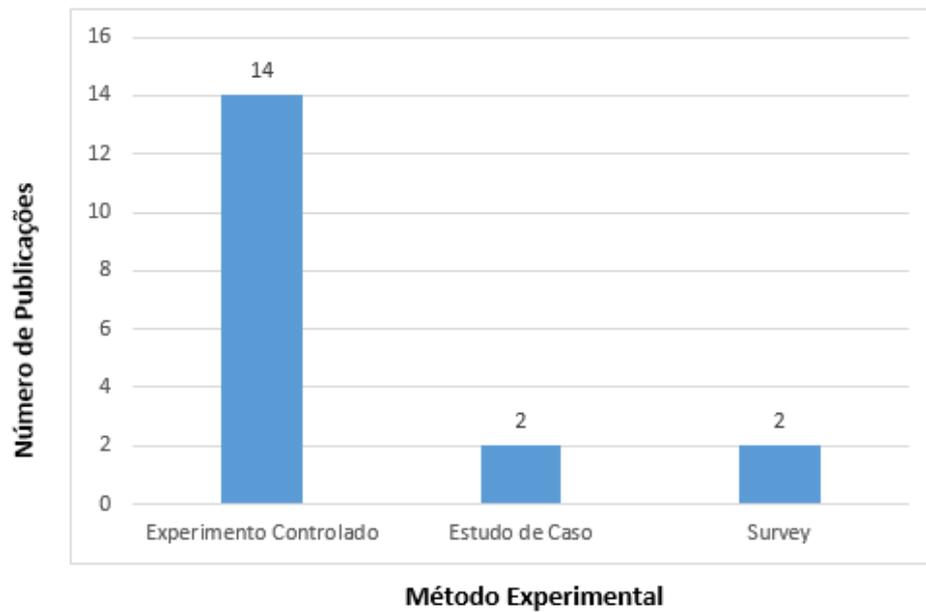
#### 3.3.3.1. *SQ1: Qual é o estado da arte em estudos experimentais sobre a manutenção de diagramas BPMN ou a manutenção do código fonte ao usar diagramas BPMN?*

Esta subseção apresenta vários itens relacionados ao estado da arte de estudos experimentais com relação à manutenção de diagramas BPMN. Os itens que foram considerados para relacionar o estado da arte foram as seguintes: tipo de estudo experimental, o tipo do contexto em que o estudo experimental foi realizado, a caracterização dos participantes, objeto foco de manutenção e os tratamentos dos estudos.

O tipo de software ou o cenário utilizado do software foi descartado da análise porque na maioria das publicações não estava relatado se o cenário utilizado nas construções dos modelos era real ou fictício, o que dificultou a análise e conclusões sobre esse item, pois não era possível identificar o tipo de cenário utilizado no experimento.

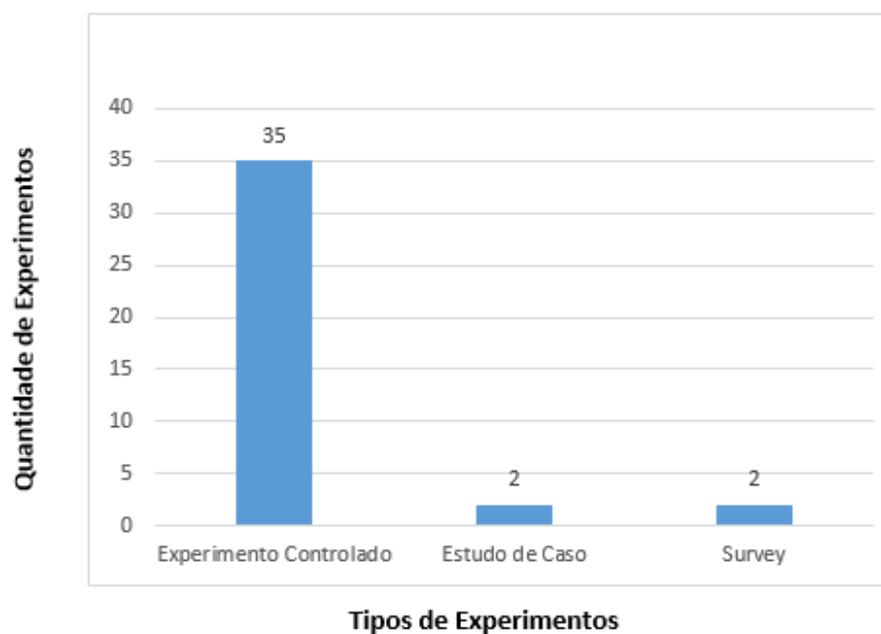
#### **a) Método experimental**

Algumas publicações relatavam mais de um experimento controlado, mas, em nenhuma dessas publicações que tinham mais de um experimento, os experimentos eram de tipos diferentes, inclusive na maioria dos casos, as publicações que tinham mais de um experimento, eram na verdade replicações do experimento em outras instituições ou com outros artefatos. Com isso, foram feitas duas contabilizações relacionadas aos experimentos. A primeira foi a contabilização dos tipos de estudos experimentais por publicação. Assim, se uma publicação apresentava dois experimentos controlados, foi contabilizado como uma publicação com o tipo experimento controlado. A Figura 3.4 mostra os tipos de experimento contidos nas publicações selecionadas.



**Figura 3.4 - Tipos de estudos experimentais nas publicações selecionadas**

A segunda contabilização foi a contagem da quantidade de estudos experimentais que foram abordadas nas 18 publicações de acordo com cada tipo de experimento. Por exemplo, se uma publicação apresentava dois experimentos controlados, foram contabilizados os 2 experimentos controlados. A Figura 3.5 mostra a quantidade total de estudos experimentais avaliados nas 18 publicações, de acordo com cada tipo de experimento. No total, as 18 publicações apresentaram 39 estudos experimentais, sendo 35 experimentos controlados, 2 estudos de caso e 2 *surveys*.



**Figura 3.5 - Quantidades de experimentos nas publicações avaliadas**

A Tabela 3.6 apresenta a quantidade de experimentos por publicação. Algumas publicações apresentaram famílias de experimentos, por isso, aparecem com uma grande quantidade de experimentos.

**Tabela 3.6 – Quantidade de experimentos por publicação**

<b>Publicação</b>	<b>Quantidade de experimentos</b>	<b>Tipo de experimento</b>
P1	2	Experimento Controlado
P2	1	Experimento Controlado
P3	5	Experimento Controlado
P4	1	Experimento Controlado
P5	2	Experimento Controlado
P6	1	Experimento Controlado
P7	10	Experimento Controlado
P8	5	Experimento Controlado
P9	3	Experimento Controlado
P10	1	Experimento Controlado
P11	1	Experimento Controlado
P12	1	Experimento Controlado
P13	1	Estudo de Caso
P14	1	Estudo de Caso
P15	1	Experimento Controlado
P16	1	Experimento Controlado
P17	1	<i>Survey</i>
P18	1	<i>Survey</i>
<b>Total:</b>	<b>39</b>	

Conforme foi observado na Figura 3.4, 14 publicações, o que equivale a 77,78% das publicações selecionadas, apresentam experimentos controlados. Quando avaliamos esse percentual com relação à quantidade de estudos experimentais presentes nas publicações (Figura 3.5), o percentual de experimentos controlados sobe para 89,74%. Esse resultado mostra que poucos estudos têm sido realizados na indústria em ambientes e projetos reais. Essa diferença entre a quantidade de experimentos controlados em comparação com os outros tipos de experimentos deve ocorrer em parte pela dificuldade encontrada para a realização de experimentos na indústria, em projetos reais. Encontrar empresas disponíveis para executar os experimentos não é uma tarefa simples, pois isso consome tempo de profissionais, pode impactar em atividades das empresas etc. Na maioria das vezes, o ambiente que pesquisadores tem disponíveis para realizar suas avaliações são ambientes acadêmicos. Contudo, os resultados obtidos mostram a necessidade de mais experimentos na indústria em ambientes e projetos reais.

## b) Contexto

O contexto dos estudos foi classificado em laboratório, indústria ou online. A maioria das publicações (13 – 72,22%) apresentavam resultados de experimentos que foram conduzidos em laboratório dentro do ambiente acadêmico. Duas publicações (11,11%) apresentavam experimentos realizados na indústria (em empresas que utilizam modelos BPMN) e três publicações (16,67%) apresentavam experimentos realizados de forma online, onde uma tarefa era disponibilizada online e o participante tinha um prazo para realizá-la (a tarefa ficava disponível em um link na internet e os participantes tinham um prazo para responder as tarefas - uma semana, por exemplo). Como pode ser observado, a quantidade de experimentos realizados no contexto industrial é muito baixa, o que corrobora com o resultado já obtido na seção anterior, sobre a necessidade de realização de experimentos em ambientes reais. A Figura 3.6 apresenta a quantidade de publicações por contexto.

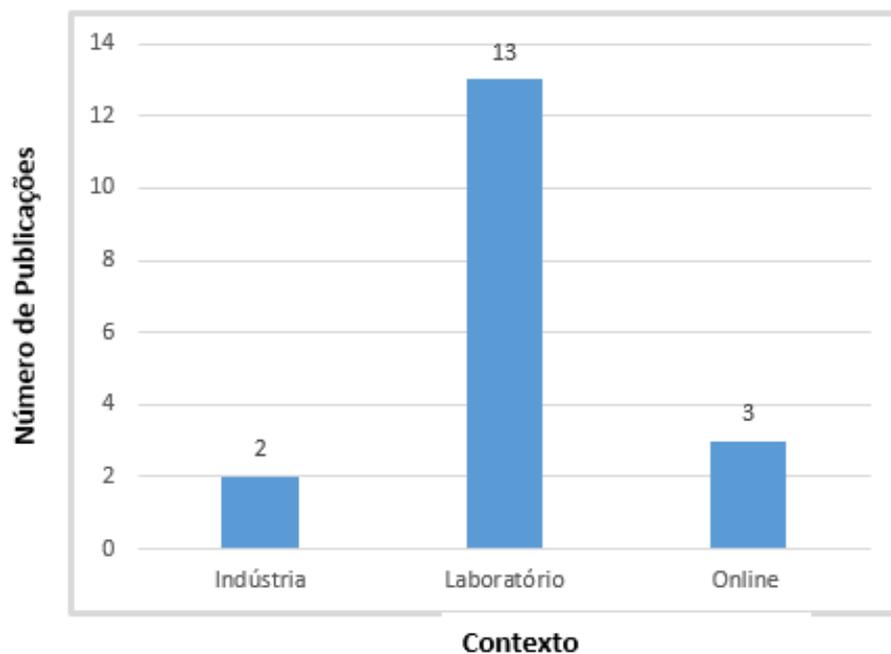


Figura 3.6 – Publicações por contexto

## c) Caracterização dos Participantes

A Figura 3.7 mostra quais os tipos de perfis de participantes que foram utilizados nos experimentos. Algumas publicações realizaram experimentos com mais de um tipo perfil de participantes. A maioria das publicações apresentaram estudos experimentais realizados com estudantes de graduação ou pós graduação, isso não é necessariamente desapropriado, visto que as habilidades de estudantes são consideradas similares às habilidades de profissionais

novatos (BUDGEN *et al.*, 2010; BRERETON *et al.*, 2007). Dos 39 experimentos apresentados nas publicações, 29 foram experimentos realizados apenas com estudantes como participantes, 5 foram experimentos com apenas profissionais, 3 foram experimentos com estudantes e profissionais, 1 experimento com estudantes, profissionais e profissionais acadêmicos e teve 1 experimento em que o participante foi o próprio autor da técnica (ver Figura 3.7). No experimento em que o participante é o próprio autor da técnica, o autor fez a aplicação da técnica proposta por ele para diminuir a complexidade de diagramas BPMN. Na publicação, a aplicação da técnica pelo autor foi considerada como um estudo de caso, pois foi descrita desta forma no artigo em questão.

Ao analisar o número de experimentos e os tipos de participantes nesses experimentos (ver Figura 3.7), pode-se perceber a diferença entre a quantidade de experimentos em que os participantes são estudantes em comparação com os outros tipos de participantes, em especial, profissionais. A quantidade de experimentos com participantes estudantes é bem maior quando comparada com os experimentos com outros tipos de participantes. Ainda que estudantes tenham habilidades similares a profissionais novatos (BUDGEN *et al.*, 2010; BRERETON *et al.*, 2007), pode-se perceber que ainda existe uma necessidade de mais estudos com profissionais e profissionais acadêmicos como participantes, para que os resultados também sejam confirmados para participantes mais experientes.



Figura 3.7 –Tipos de Participantes nos experimentos

#### d) Objeto foco de manutenção

As tarefas de manutenção de software quase sempre necessitam de alguma modificação no código-fonte. Com isso, foi avaliado se a publicação estava tratando das modificações no código-fonte e se o modelo BPMN também era alvo de modificação, ou se a publicação tratava apenas de modificações no modelo BPMN. Essa segunda opção, onde apenas o diagrama BPMN é alvo de manutenção, na sua maioria trata-se de estudos experimentais que avaliam a compreensibilidade de modelos BPMN. Não foram encontrados estudos experimentais que relatassem o uso de diagramas BPMN enquanto se estava realizando a manutenção do código fonte. Portanto, 100% das publicações avaliadas (18 publicações) retratavam estudos que tratavam da manutenção apenas do diagrama BPMN em si.

A Figura 3.8 mostra o gráfico dos objetos alvo de manutenção nos estudos experimentais das publicações. Verifica-se a necessidade de realizar mais estudos que tratam da manutenção dos diagramas BPMN como parte da manutenção de todo o software, ou o desempenho dos mantenedores ao usar diagramas atualizados e versões mais antigas de modelos, por exemplo. Considerando-se que o grau de correspondência entre diagramas BPMN e código-fonte poderia influenciar algumas das tarefas de manutenção, supõe-se que melhores resultados podem ser obtidos durante a manutenção do software quando a consistência entre diagramas BPMN e o código-fonte for alta.

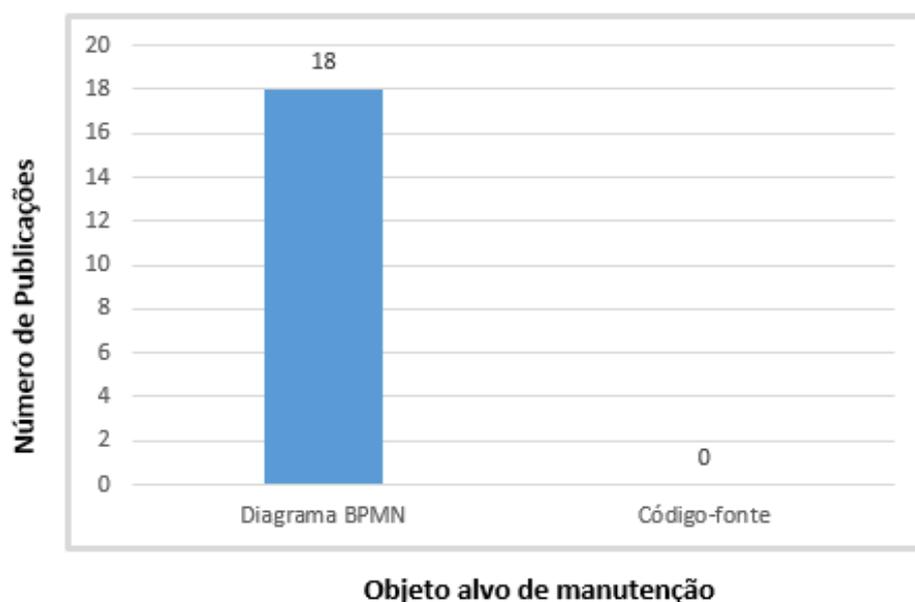


Figura 3.8 – Objeto foco de Manutenção

### e) Tratamentos nos estudos experimentais

Foram verificados também os diferentes tratamentos utilizados nos estudos experimentais. A Tabela 3.7 mostra os tratamentos que foram utilizados, a descrição dos tratamentos, a quantidade de publicações que usaram o tratamento e o código das publicações. Os tratamentos foram divididos em categorias: relacionados à complexidade do modelo, forma de representação do modelo, características do modelo, tipo de representação do modelo, método de representação do modelo, características dos mantenedores do modelo e defeitos nos modelos. Com relação às categorias identificadas, pode-se destacar a categoria complexidade do modelo com o maior número de publicações utilizando este tipo de tratamento.

A categoria **complexidade do modelo** se refere a um conjunto de métricas propostas por vários autores que tem por objetivo avaliar a complexidade de modelos BPMN. Essas métricas podem ser calculadas considerando-se o número de um determinado elemento (quantidade de gateways, quantidade de atividades, etc.) no modelo, ou ainda, métricas calculadas a partir da combinação da quantidade de vários elementos. Essas métricas relacionam-se à manutenção dos modelos, pois acredita-se que essas métricas podem informar antecipadamente se o modelo será de fácil manutenção ou não. Considera-se que quanto menos complexo, mais fácil será de realizar a manutenção no modelo.

Outras categorias que também apresentaram um bom número de publicações foram as categorias Características do Modelo (características relacionadas ao layout, modularização dos modelos, utilização ou não de determinados elementos), Tipo de Representação do Modelo (com relação a notação de representação do modelo) e Características dos Mantenedores do modelo (características das pessoas que constroem ou modificam o modelo), ambas categorias tiveram 4 publicações.

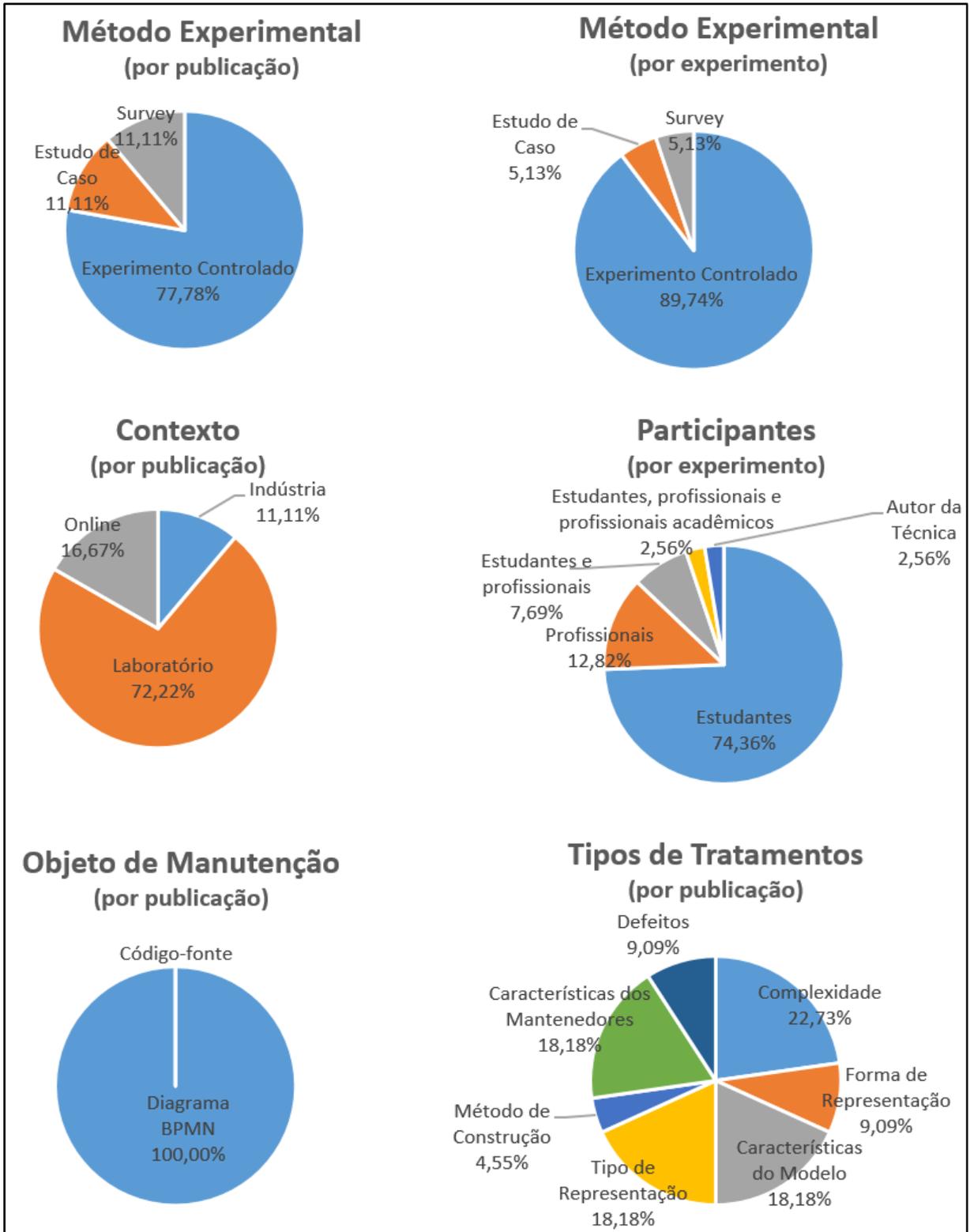
**Tabela 3.7 – Tratamentos dos estudos experimentais**

<b>Complexidade dos Modelo</b>			
<b>Tratamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade de Publicações</b>	<b>Publicações</b>
Medida X vs Medida Y	Valores de diferentes métricas calculadas usando os diagramas	3	P1, P3, P8
Valor X da métrica CFC vs Valor Y da métrica CFC	Diferentes valores da métrica CFC em modelos BPMN	2	P7, P9
<b>Forma de Representação do Modelo</b>			

Papel x Digital	Meio de Apresentação do modelo	1	P2
Modelo Gráfico x Descrições textuais do modelos	Diferentes representações de Modelos de Processos de Negócios	1	P4
<b>Características do Modelo</b>			
Diferentes características do modelo (layout bom x layout ruim)	Tipos de representação de modelos de acordo com o layout	1	P10
Ausência de modularização x modularização com grupos x modularização com subprocessos em modelos distintos	Diferentes tipos de representação modular	1	P2
Modelos com <i>Swinlanes</i> x Modelos sem <i>Swinlanes</i>	Utilização de elementos da notação	1	P5
Modelo na língua nativa do participante X Modelo na segunda Língua do participante	Características do usuário	1	P12
<b>Tipo de Representação do Modelo</b>			
BPMN x EPC x eGantt x PetriNet	Diferentes aspectos de modelos de diferentes linguagens	1	P16
EPC x BPMN	Forma de apresentação do conteúdo	1	P12
Modelo BPMN tradicional x Modelo BPMN (Opacity Graphical Highlights)	Diferentes representações de Modelos de Processos de Negócios	1	P14
BPMN x UML x EPC x SBC	Diferentes elementos sobre ordem, recorrência e concorrência das notações UML, BPMN, EPC e SBD	1	P17
<b>Método de construção do modelo</b>			
Método Plural x Método Tradicional	Diferentes formas de criação dos modelos	1	P13
<b>Características dos mantenedores do modelo</b>			
Intuitivo x Quase Intuitivo x Adaptativo x Quase Analítico x Analítico	Diferentes estilos cognitivos	1	P6
Participantes experientes em BPM x participantes inexperientes em BPM	Diferentes níveis de conhecimento em BPM	2	P12, P18
Nível 1 x Nível 2 x Nível 3 x Nível 4	Diferentes níveis de conhecimento teórico em BPMN 2.0	1	P6
<b>Defeitos nos Modelos</b>			

Erros Sintáticos x Erros Semânticos x Erros Pragmáticos	Presença de diferentes tipos de defeitos em modelos BPMN	2	P11, P15
---	--	---	----------

A seguir, a Figura 3.9 apresenta uma visão geral sobre os resultados obtidos com relação ao estado da arte de estudos experimentais sobre manutenção de modelos BPMN. Os resultados foram agrupados em formato de gráficos de pizza para melhorar a visibilidade dos resultados obtidos.



**Figura 3.9 – Visão geral do estado da arte da manutenção de modelos BPMN**

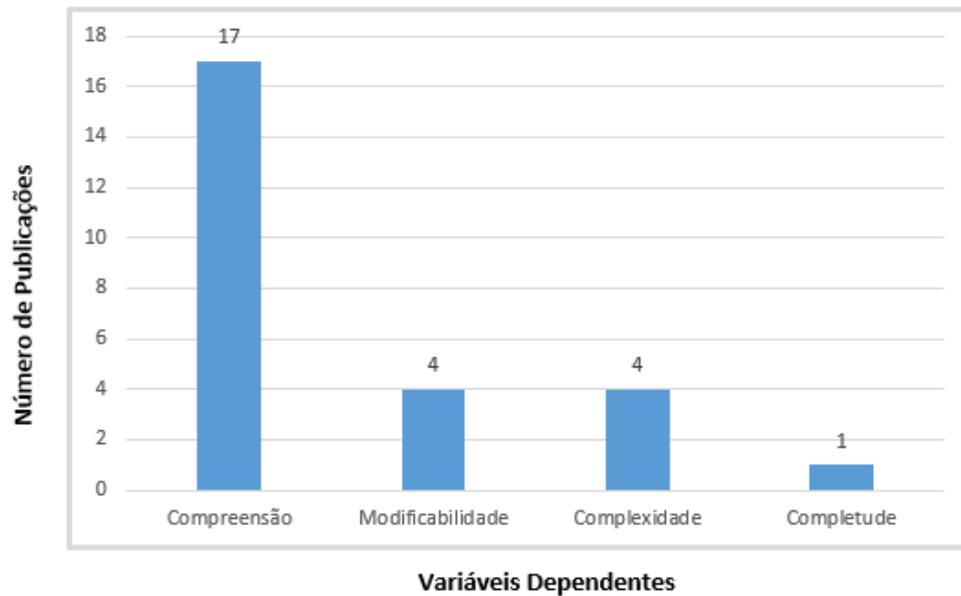
De acordo com os dados obtidos, podemos concluir o seguinte sobre o estado da arte da pesquisa em manutenção de modelos BPMN: a maioria dos estudos experimentais realizados são experimentos controlados, realizados em laboratório, com a participação de

estudantes, o foco da manutenção é sempre o diagrama em si – não sendo avaliado a manutenção do modelo juntamente com o código fonte e aplicando vários tipos de tratamentos como a complexidade dos modelos, forma de representação, características do modelos, entre outros.

Apesar dos resultados obtidos, é importante destacar que a quantidade de publicações sobre o assunto foi considerada pequena – apenas 18. Ainda que a quantidade de experimentos seja superior – 39 experimentos, as publicações que apresentavam mais de um experimento, apresentavam replicações de um mesmo experimento. Essas replicações tinham algumas melhorias nos artefatos utilizados, ou eram a reaplicação do mesmo experimento em outro local – outra universidade, com outros participantes, por exemplo. Porém, eram utilizados os mesmos tratamentos e avaliadas as mesmas variáveis dependentes. Tais fatos indicam o quanto ainda são necessárias pesquisas nesse contexto.

### ***3.3.3.2. SQ2: Quais variáveis dependentes são investigadas nos estudos experimentais?***

As variáveis dependentes que foram investigadas nos estudos experimentais estão representadas na Figura 3.10. Foram 4 as variáveis dependentes identificadas: compreensão do modelo, modificabilidade do modelo, complexidade do modelo e completude do modelo – o quanto o modelo representava as funcionalidades de um processo específico. Ao observar o gráfico representado pode-se notar que a grande maioria das publicações (17) buscaram avaliar a compreensão de modelos BPMN, algumas publicações avaliaram a modificabilidade (4) e complexidade (4) dos modelos e apenas uma publicação avaliou a completude dos modelos BPMN. Algumas publicações investigavam tanto a compreensão quanto a modificabilidade ou complexidade dos modelos BPMN no mesmo experimento, por isso no número de publicações contabilizadas foi superior a 18.



**Figura 3.10 – Variáveis Dependentes por publicação**

Os estudos experimentais que avaliaram a compreensão de modelos BPMN utilizaram como ferramenta para realizar a medição questionários com questões sobre a compreensão. As questões sobre compreensão questionavam os participantes sobre o cenário representado no modelo, se determinada ação poderia ocorrer no cenário, sobre o fluxo das atividades, entre outras. Os estudos experimentais que avaliaram a modificabilidade de modelos BPMN também utilizaram questionários como ferramenta para realizar a medição, porém, as questões sobre modificabilidade eram questões que solicitavam aos participantes a modificação de alguma parte do modelo de acordo com uma especificação dada. Os questionários poderiam ter questões de múltipla escolha ou não, desde que fosse possível classificar a questão como certa ou errada. Então, com base na quantidade de respostas certas ou erradas dadas pelos participantes, era calculada uma métrica que poderia ser a **acurácia** ou **eficiência** e através dos valores dessas métricas eram extraídos os resultados. Uma outra forma que foi utilizada para avaliar a compreensão ou modificabilidade de um modelo BPMN, foi a compreensão percebida ou modificabilidade percebida, onde nesse caso era utilizada uma escala *Likert* para avaliar o nível de compreensão ou modificabilidade percebida pelo participante. Alguns experimentos utilizaram as duas formas de avaliação no mesmo experimento (compreensão e compreensão percebida; modificabilidade e modificabilidade percebida).

Com relação à variável dependente complexidade, uma publicação utilizou as métricas de complexidade propostas como métrica da variável dependente e as outras três publicações utilizaram a métrica de complexidade percebida que é medida através de questões sobre a

complexidade percebida dos participantes e as respostas das questões obedecem uma escala *Likert* de 5 ou 7 pontos. Alguns exemplos de métricas de complexidade são as seguintes: *Control Flow Complexity* (CFC), *Number of Activities, Joins and Splits* (NOAJS), *Number of Activities* (NOA), *Coefficient of Network Complexity* (CNC) entre outras métricas. A Tabela 3.8 mostra as variáveis dependentes e as respectivas métricas que foram utilizadas para calcular a respectiva variável dependente e também relaciona as publicações que utilizaram a métrica.

**Tabela 3.8 - Variáveis dependentes e suas respectivas métricas**

<b>Variável Dependente</b>	<b>Métricas</b>	<b>Publicações</b>
Compreensão	F-Measure	P1
Compreensão	Acurácia	P2, P4, P6, P12, P17
Compreensão	Eficiência	P2, P9, P10
Compreensão	Compreensão Percebida	P2, P9
Compreensão	Tempo	P5, P12
Compreensão	Indicador próprio	P18
Compreensão e Modificabilidade	Eficiência	P3, P7, P8
Modificabilidade	GlobalErrorRate	P1
Complexidade	Métricas de Complexidade	P14
Complexidade	Complexidade Percebida	P3, P7, P8
Compleitude	Compleitude Percebida	P13

Foi criado um glossário de métricas para listar as métricas com as suas respectivas fórmulas utilizadas para avaliar as variáveis dependentes. Também foram relacionadas as publicações que utilizam a métrica com diferentes nomes, mas com a mesma fórmula. Conforme pode ser visto na Tabela 3.9, a métrica “Acurácia” é nomeada de diferentes formas por várias publicações (P2, P4, P6, P12, P16, P17), mas a fórmula utilizada para realizar o cálculo é a mesma (Quantidade de Respostas Corretas). A seguir, a Tabela 3.9 apresenta um trecho do glossário. O glossário completo está disponível no APÊNDICE C.

Tabela 3.9 - Trecho do Glossário de métricas utilizadas nas publicações

GLOSSÁRIO		
Métrica	Artigo: Como o autor nomeia	Fórmula
<b>Acurácia</b>	<b>P2:</b> Eficácia <b>P4:</b> Quantidade Respostas Corretas <b>P6:</b> Eficácia <b>P12:</b> Pontuação dos Testes <b>P16:</b> Quantidade de Respostas Corretas <b>P17:</b> Quantidade de Respostas Corretas	Quantidade de Respostas Corretas
<b>Eficiência</b>	<b>P2, P3, P7, P8, P9, P10</b>	Pontuação do Teste / Tempo gasto para respostas corretas
<b>F-Measure</b>	<b>P1</b>	$\text{Precision} = \frac{\text{CorrectEntitiesFound}}{\text{TotalEntitiesFound}}$ $\text{Recall} = \frac{\text{CorrectEntitiesFound}}{\text{TotalCorrectEntities}}$ $\text{F-measure} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$

### 3.3.3.3. SQ3: Qual dos fatores estudados influencia a capacidade de manutenção de um software (código fonte ou diagrama)?

Conforme já foi mencionado anteriormente, não foram encontrados estudos experimentais que tratem da manutenção do código-fonte juntamente com a manutenção do diagrama BPMN ou vice-versa. Com isso, essa subquestão de pesquisa irá se ater somente ao diagrama e não ao código-fonte como foi planejado inicialmente. O mapa da Figura 3.11 mostra os fatores que influenciam positiva ou negativamente na manutenção dos diagramas BPMN, de acordo com os resultados obtidos nos experimentos das publicações selecionadas.



Figura 3.11 - Fatores que influenciam na manutenção de modelos BPMN

É importante lembrar que a atividade de manutenção é dividida em duas tarefas (Fernández-Sáez *et al.*, 2013): compreensão do artefato e modificação do artefato. Considerando as duas tarefas da manutenção, os fatores identificados nos resultados dos experimentos estavam relacionados à tarefa de compreensão (ver Figura 3.11). Os experimentos que tratavam sobre a modificação dos modelos, na verdade apresentavam algum tipo de tecnologia para apoiar a modificação e com isso foram encaixados como resposta da subquestão SQ4. Fatores avaliados que não apresentaram resultados significativos (se o estudo não conseguiu determinar se um fator influenciava ou não a compreensão de um modelo BPMN) foram omitidos. Foram classificados como positivos (+) os fatores que facilitam a compreensão do modelo e como negativos (-) os fatores que prejudicam a compreensão do modelo. Os fatores identificados foram divididos em 03 categorias:

- **Forma de apresentação do modelo**

Nesta categoria foram apontados como fatores positivos o modelo construído com a notação BPMN Tradicional em contraste com modelos construídos com outras notações de representação de processos de negócios como o EPC - *Event-driven Process Chain* (AALST, 1999) ou Petri Net (Person, 1981), além da apresentação do modelo BPMN no papel em contraste com a apresentação digital do modelo.

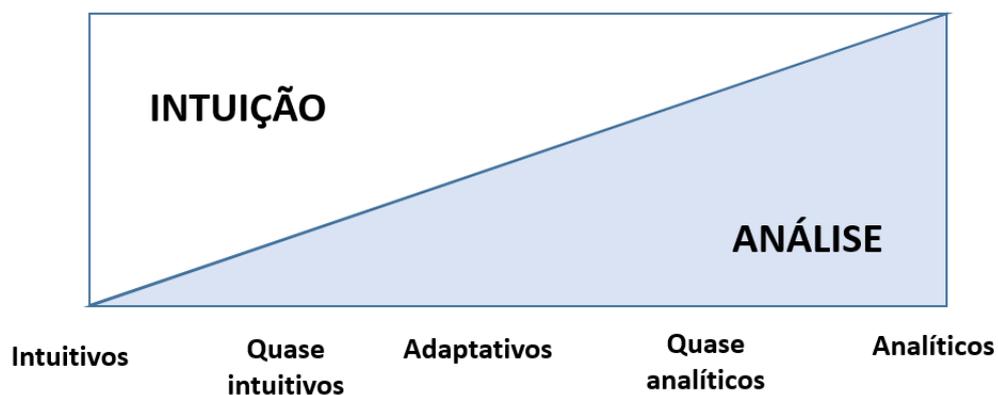
- **Características do modelo**

Nesta categoria foram apontados fatores inerentes à composição do modelo em si. Foram identificados como fatores positivos para a compreensão do modelo: o modelo gráfico BPMN em contraste com o modelo textual, a presença de *swimlanes* em contraste com a ausência de *swimlanes*, indicativo de início e fim do processo, processos não modularizados em contraste com processos modularizados. Foram identificados como fatores negativos para a compreensão do modelo: Linguagem estrangeira (por exemplo, modelo em inglês para um mantenedor com a língua nativa sendo o português), rótulos pouco claros, atividades concorrentes, complexidade elevada do modelo, atividades desnecessárias, quantidade de gateways XOR acima de 22, quantidade de gateways OR acima de 6 e quantidade de gateways AND acima de 3.

- **Características do Mantenedor do Modelo**

Nesta categoria foram identificados fatores relacionados à características da pessoa que irá realizar a manutenção do modelo. Foram identificados como fatores positivos para a

compreensão do modelo: experiência em modelagem, familiaridade com a notação, conhecimento teórico sobre o domínio do problema e mantenedores com o estilo cognitivo “Pensadores **Analíticos**”. Como fator negativo foram considerados os mantenedores que se encaixam no estilo cognitivo de “Pensadores **Intuitivos**”. O estilo cognitivo dos mantenedores do experimento foi medido através do Índice de Estilo Cognitivo – CSI (ALLINSON, 1996). O Índice é uma medida psicométrica projetada para ser usada principalmente com grupos gerenciais e profissionais, mas também aplicada com sucesso em alunos e funcionários não-gerentes (ALLINSON, 2012). O CSI rotula os estilos de cognição de dois modos: "analítico" e "intuitivo". A Figura 3.12 mostra a dimensão da análise da intuição avaliada pelo CSI.

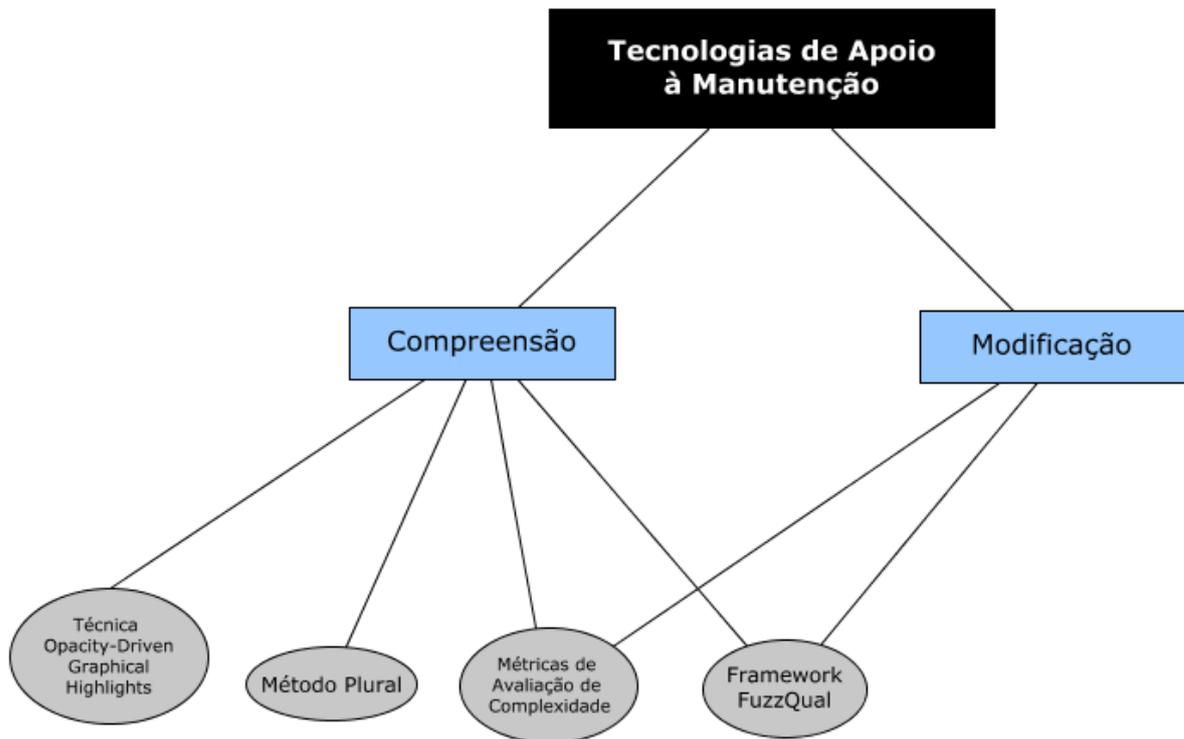


**Figura 3.12 – Dimensões dos estilos cognitivos (figura do autor)**

Casos de estilos puros de "intuição" e "análise" estão localizados nos dois extremos (Intuitivos e Analíticos). Na faixa intermediária, o "adaptativo" implica uma mistura equilibrada dos dois modos. Aos lados do estilo “adaptativo” estão os estilos “quase intuitivo” e “quase analítico”, onde cada um denota uma tendência, mas não a adoção total, de um dos modos cognitivos extremos. Pessoas intuitivas são caracterizadas como ativas, cautelosas e impulsivas; enquanto que pessoas analíticas são passivas, analisadoras de riscos e reflexivas.

#### **3.3.3.4. SQ4: Quais tecnologias apoiam a manutenção de modelos BPMN**

A Figura 3.13 apresenta um mapa com as tecnologias identificadas para apoiar a manutenção de modelos BPMN. Conforme pode ser observado, as tecnologias que apoiam a manutenção de modelos foram divididas de acordo com as duas tarefas da manutenção, compreensão e modificação. Então foi avaliado se a tecnologia proposta apoiava a fase de compreender ou modificar o modelo durante a manutenção.



**Figura 3.13 - Tecnologias que apoiam a manutenção de modelos BPMN**

As tecnologias identificadas para apoiar a manutenção de modelos BPMN foram as seguintes:

- **Técnica *Opacity-Driven Graphical Highlights* (P14):** Jost e Hericko (2017) apresentam uma abordagem que torna os diagramas de processos de negócios menos complexos, sem alterar a notação correspondente. A técnica consiste em trabalhar na opacidade dos diagramas dando destaque somente às partes relevantes do diagrama de acordo com o contexto em que ele está sendo utilizado. Por exemplo, destacando no diagrama as atividades que são utilizadas por um setor e aumentando a transparência das atividades irrelevantes para este setor (tornando menos visíveis).
- **Método Plural (P13):** método descentralizado para criação de modelos BPMN. Nesse método as fontes de construção do modelo são também os participantes do processo. O método visa envolver os participantes do processo na criação de modelos, visto que eles conhecem bem o domínio do problema.
- **Métricas de avaliação de complexidade (P7, P8, P9):** medidas que podem ser úteis na previsão de diferentes aspectos da **compreensão** e **modificação** dos modelos de processos de negócios, no momento da realização das futuras tarefas

de manutenção dos modelos, tornando os modelos mais fáceis de compreender e modificar para todas as partes interessadas. As métricas dividem-se em métricas básicas que medem a quantidade de elementos únicos no modelo ou métricas compostas que são associações das métricas básicas. Essas métricas têm por finalidade prever se os modelos avaliados serão de fácil compreensão e modificação no futuro. Os experimentos realizados visavam identificar quais métricas estavam relacionadas à compreensão e quais métricas estavam relacionadas à modificação dos modelos. Conforme pode-se observar na Figura 3.11 as métricas de avaliação estão relacionadas tanto à tarefa de compreensão quanto à tarefa de modificação durante a manutenção.

- **Framework FuzzQual (P1):** abordagem que avalia diagramas BPMN com relação à **compreensibilidade** e **modificabilidade**. É proposto um *framework*/sistema construído em JAVA que avalia o diagrama com base nas métricas de complexidade escolhidas, dentre várias métricas que foram avaliadas, e, através de lógica *fuzzy* o *framework* avalia o diagrama com classificações como as exemplificadas a seguir: “Moderadamente difícil de **compreender** com um grau de certeza de 63% ”, “Moderadamente difícil de **modificar** com um grau de certeza de 100% ”. Este *framework* é uma implementação das métricas de complexidade para avaliar os diagramas BPMN construídos e avaliá-los quanto à sua futura compreensão e modificação. Conforme pode-se observar na Figura 3.12 o *framework* também está relacionado tanto à tarefa de compreensão quanto à tarefa de modificação durante a manutenção, visto que este utiliza as métricas de complexidade de compreensão e modificabilidade para realizar as classificações.

### 3.4. Conclusões

Este capítulo descreveu os resultados do mapeamento sistemático da literatura realizado para identificar as evidências experimentais sobre a manutenção de modelos BPMN durante a manutenção do software ou sobre a manutenção dos modelos BPMN propriamente dita. A partir de um conjunto inicial de 177 publicações, foram selecionadas e avaliadas 18 publicações após o 1º e 2º filtros.

Os resultados deste mapeamento indicam uma carência em termo de Pesquisa no que diz respeito à manutenção de modelos BPMN e principalmente no que diz respeito à

manutenção destes modelos em conjunto com a manutenção do código-fonte do software. Este resultado foi um dos fatores que contribuíram para a formação da questão de pesquisa desta dissertação. Apesar dos resultados já alcançados neste mapeamento, a quantidade de apenas 18 publicações mostra que ainda há o que ser explorado neste campo de pesquisa.

Algumas conclusões que foram alcançadas com este mapeamento sistemático são relatadas a seguir:

- A maioria dos estudos realizados foram realizados em ambientes acadêmicos, o que se explica pelo fato do ambiente acadêmico ser o ambiente mais acessível por pesquisadores. É bem conhecida a dificuldade para se realizar pesquisa em ambientes reais, dentro da indústria/empresas. Contudo, é notória a necessidade da realização de mais experimentos em ambiente real.
- A maioria dos estudos realizados são experimentos controlados o que demonstra uma necessidade de mais estudos de casos para confirmar os resultados obtidos em ambientes reais.
- Não foram identificados estudos que explorassem a manutenção dos modelos BPMN juntamente com a manutenção do software em si. Assim como também não foram identificados estudos que investiguem o impacto de modelos BPMN atualizados ou desatualizados durante a manutenção do software.
- O foco dos estudos experimentais está quase em sua totalidade voltado para a compreensão dos modelos BPMN. Porém, a compreensão é apenas uma das tarefas da manutenção, sendo necessário voltar o foco também para a modificação dos modelos em si.
- As tecnologias propostas estão muito voltadas para a construção inicial do modelo e em como esse modelo será de fácil compreensão ou modificação quando for necessário utilizá-lo ou realizar alguma manutenção nele. As tecnologias propostas buscam medir antecipadamente se o modelo criado será de fácil manutenção futuramente. Porém, é necessário também criar tecnologias que apoiem diretamente durante a fase de manutenção do modelo. Essa carência de tecnologias é mais acentuada ainda quando se trata da tarefa 2 da manutenção que é a modificação do modelo propriamente dito. Visto que a grande maioria das pesquisas identificadas, tem o foco voltado para a compreensão dos modelos que é a tarefa 1 da manutenção, dessa forma, fica evidente a carência em apoiar a modificação dos modelos BPMN em si.

As conclusões alcançadas com este mapeamento sistemático suprem ao objetivo específico desta pesquisa que se relaciona com um corpo de conhecimento sobre evidências experimentais em manutenção de modelos BPMN. Já os fatores obtidos através da resposta da **SQ3** suprem ao objetivo específico que se relaciona com os fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN e que podem impactar na evolução do mesmo.

Com base nos resultados encontrados, fica claro que ainda há muitas lacunas que podem ser exploradas com relação à manutenção de modelos BPMN. A lacuna que foi escolhida para ser explorada neste trabalho foi a falta de tecnologias que apoiem a manutenção do modelo propriamente dita, principalmente a tarefa de modificação do modelo. Com isso, uma técnica foi proposta inicialmente para apoiar a tarefa 2 da manutenção (modificação do modelo) e na sua segunda versão, foi melhorada para apoiar também a tarefa 1 da manutenção que é a compreensão do modelo e apontar possíveis alvos de correção. A versão inicial da técnica proposta será apresentada no próximo capítulo.

## **CAPÍTULO 4 – E-VOL BPMN: PROPOSTA DE UMA TÉCNICA PARA APOIAR A EVOLUÇÃO DE MODELOS BPMN**

*Este capítulo representa o 1º ciclo da aplicação da metodologia Design Science Research nesta pesquisa. É apresentada uma proposta de técnica para auxiliar a evolução de modelos BPMN durante a manutenção do software, a técnica e-VOL BPMN. Também é apresentado o estudo experimental realizado para avaliar a primeira versão da e-VOL BPMN e os seus resultados.*

### **4.1. Introdução**

Com o objetivo de responder à questão de pesquisa apresentada neste trabalho [Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?], foi desenvolvida a técnica e-VOL BPMN para auxiliar profissionais durante a manutenção evolutiva de modelos BPMN (a partir de agora, será usado o termo evolução para manutenção evolutiva). Com esta técnica, espera-se apoiar os profissionais nas modificações relacionadas à evolução em modelos BPMN de forma adequada, uma vez que estes modelos apoiam a compreensão do software. Com isso, é esperado que o modelo evoluído possua consistência com as novas funcionalidades do software e assim, represente corretamente as atividades apoiadas pelo software.

A e-VOL BPMN deve ser inserida em projetos de manutenção de software onde será necessário também realizar a manutenção de modelos. Então, o cenário de uso da e-VOL seria um contexto em que antes de se realizar a manutenção do software, fosse necessário compreender o seu funcionamento através dos seus modelos de projeto, incluindo os modelos BPMN. Após a compreensão do funcionamento do software e das atividades do processo do software, a e-VOL BPMN deve ser utilizada para auxiliar a inserir as novas funcionalidades no modelo BPMN e assim, manter o modelo consistente com as modificações que serão realizadas no software e no processo em que o software está inserido.

#### **4.1.1. Uma necessidade real identificada**

Uma das fontes de inspiração para este trabalho, que motivou o desenvolvimento de uma técnica, veio do relato de um profissional da indústria que trabalhou por um período de um pouco mais de 02 anos como analista de negócios em uma empresa que trabalha com a fabricação e distribuição de bebidas na região norte do Brasil. A empresa possui processos extremamente complexos que envolvem várias filiais em várias cidades, passando por atividades que envolviam desde a compra e recepção de matéria prima para a fabricação dos produtos, até a distribuição dos produtos para grandes supermercados e pequenas mercearias de bairros de várias cidades. O sistema da empresa possui mais de 3 mil telas e algo em torno de 30 anos de uso. Apesar do grande período de uso do sistema, ele se encontra em evolução contínua, tendo um setor de TI com vários analistas de negócios que contratam desenvolvimento externo para evoluir continuamente o software que gerencia os processos da empresa.

Diante disto, o problema identificado pelo profissional foi que ao entrar na empresa, quando havia alguma documentação de alguma parte do sistema, a documentação era desatualizada. Os processos eram grandes e complexos e normalmente não havia uma modelagem gráfica que representasse as pessoas e o processo que era apoiado pelo software, e, quando havia algum processo modelado, normalmente também estava desatualizado. Foi neste cenário que o profissional teve os primeiros contatos com a notação BPMN, através de modelos desatualizados. Os analistas de sistemas e desenvolvedores responsáveis por módulos do sistema já tinham saído da empresa e a única forma que se tinha de conhecer o processo como um todo era analisando o código-fonte do sistema, ou consultando os usuários do mesmo. Além disso, havia a falta de familiaridade com a notação BPMN, para que depois de entendido o processo, os diagramas fossem criados ou evoluídos. Como a empresa ainda não havia investido em treinamentos em BPMN, o que veio a ocorrer depois de um tempo, havia um receio por parte dos analistas de negócios de criar ou evoluir os modelos de forma errada. Então, normalmente os processos eram descritos de forma textual, o que demandava um esforço maior para entender o processo. Uma necessidade percebida nesse período foi a falta de um guia, uma técnica, ou mesmo uma cartilha que pudesse auxiliar de forma simples e direta a realização das modificações nos modelos BPMN desatualizados.

## 4.2. e-VOL BPMN – versão inicial

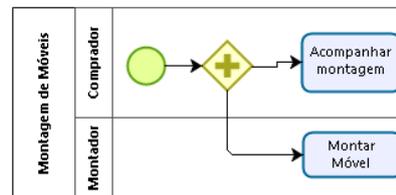
A estrutura da versão inicial da técnica e-VOL BPMN foi inspirada no formato de técnicas de leitura (MELLO *et al.*, 2014), as quais fornecem um conjunto definido de instruções que devem ser executadas de acordo com um cenário específico. A técnica e-VOL BPMN apresenta um conjunto de cenários que representam algumas mudanças que podem ocorrer na evolução de processos de negócios. Esses cenários de mudança utilizados representam cenários base que ocorrem frequentemente em evolução de processos. Para cada cenário, é feita a correspondência com a evolução que deve ocorrer no modelo para que ele represente a mudança ocorrida no processo. Dessa forma, a técnica auxilia a transferir para o modelo a semântica da modificação ocorrida no processo real e também é possível evoluir o modelo com maior facilidade, o que contribui para que o modelo também seja atualizado durante a manutenção do software. A versão inicial completa da técnica e-VOL BPMN está disponível no APÊNDICE D. A Tabela 4.1 apresenta um trecho da técnica e-VOL BPMN:

**Tabela 4.1 - Trecho da versão inicial da e-VOL BPMN**

<b>Trecho da e-VOL BPMN</b>
<p>1. Para as atividades que já estão no modelo, faça:</p> <p>A. Se for uma atividade manual que passou a ser realizada por um ator via sistema, insira o símbolo de usuário na atividade. [Atividade Usuário]</p> <p>B. Se <u>a atividade agora possui um tempo máximo de espera para ser realizada</u> e caso esse tempo máximo seja alcançado, então o fluxo alternativo deva ser seguido. Então, o fluxo alternativo deva ser seguido. Então, crie um evento de timer e coloque-o anexado à atividade; crie também um fluxo de sequência saindo deste evento de timer e as atividades deste fluxo alternativo.</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR     A[Aguardar Pagamento] --&gt; B[Entregar Produto]     A -- 24 horas --&gt; C[Cancelar Compra]     subgraph FluxoAlternativo [Fluxo alternativo]         C     end           </pre> </div>
<p><b>Figura 4.1 – Tarefa “Aguardar Pagamento” com evento de timer anexado.</b></p>
<p>2. Para as novas atividades, que não estão no modelo, a partir do novo cenário, faça:</p> <p>A. Se <u>o ator que realiza a atividade não está representado</u> no diagrama:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Então, crie uma nova Lane.</li> <li>ii. Dê nome a esta nova Lane de acordo com o cargo ou função do ator que a executa.</li> <li>iii. Crie a nova atividade na respectiva Lane.</li> <li>iv. Identifique a atividade ou evento que ocorre antes e depois da</li> </ol>

atividade criada e conecte-os através de fluxos de sequência [fluxo de sequência].

2. Se você verificar que uma sequência de atividades de diferente Lanes (atores) ocorre em paralelo, insira um gateway paralelo e conecte as tarefas iniciais de cada Lane ao gateway.



**Figura 4.2 - Atividades paralelas em Lanes diferentes**

#### [Considerações para as atividades criadas]

- Se a atividade for realizada por um usuário, utilizando o sistema, coloque o símbolo de usuário na atividade. [Atividade usuário]
- Se a atividade for realizada automaticamente pelo sistema, coloque o símbolo de serviço na atividade. [Atividade de serviço]
- Se a atividade for realizada manualmente, coloque o símbolo de manual na atividade. [Atividade Manual]

No exemplo da Figura 4.1 apresentado no trecho da e-VOL BPMN acima, a atividade “Aguardar Pagamento, que era uma atividade que já existia no modelo, foi modificada e agora existe um tempo máximo de espera (24 horas). Para representar isso no modelo é necessário anexar um evento de timer à atividade e a partir desse evento de timer criar o fluxo alternativo de atividades que devem ser realizadas caso o prazo de 24 horas seja atingido.

A versão inicial da e-VOL contempla cerca de 15 cenários de evolução. Os cenários de evolução foram criados a partir da análise do contexto de utilização de cada elemento e alguns cenários foram identificados através de entrevistas com profissionais da indústria. Os elementos abordados na versão inicial foram os elementos básicos e uns poucos elementos avançados, como o evento de timer.

A proposta para utilização da e-VOL BPMN é que em um contexto de manutenção de software, um mantenedor com pouco ou nenhum conhecimento em BPMN identifique no ambiente real as mudanças que ocorreram no processo e em seguida utilize a e-VOL BPMN para fazer a correspondência dessa mudança com um cenário descrito na técnica. Assim, o mantenedor irá obter instruções sobre quais modificações devem ocorrer no modelo para que ele reflita a mudança identificada no ambiente real.

#### 4.2.1. e-VOL BPMN versão inicial: Estudo Experimental

Com o objetivo de avaliar a versão inicial da técnica e-VOL BPMN, verificar o seu custo-benefício e identificar possíveis melhorias antes de transferi-la com segurança para a indústria, foi realizado um estudo experimental em ambiente acadêmico. Este estudo teve dois grupos de participantes: Grupo Experimental e Grupo de Controle. Os participantes do Grupo Experimental realizaram a evolução de modelos BPMN com o uso da técnica e-VOL BPMN e os participantes do Grupo de Controle realizaram a evolução sem o auxílio de alguma técnica. Os participantes foram 23 alunos da graduação que estavam cursando a disciplina Análise e Projeto de Sistemas do curso de Ciência da Computação na Universidade Federal do Amazonas.

O objetivo do estudo foi avaliar a completude semântica dos modelos evoluídos pelo Grupo Experimental com o auxílio da e-VOL BPMN em comparação com os modelos evoluídos pelo Grupo de Controle. Segundo Vojislav e Leon (2000), a completude é uma propriedade da semântica que mostra até que ponto os aspectos relevantes do sistema foram especificados no modelo. Utilizando esta definição, foi analisado se os aspectos relevantes das funcionalidades inseridas na evolução estavam representados no modelo.

A semântica foi a dimensão escolhida para avaliar os modelos pois a semântica avalia tanto a **validade** (se as declarações no modelo são corretas e relacionadas ao problema) quanto a **integralidade** (se o modelo contém as declarações relevantes para resolver o problema) (HAISJACKL *et al.*, 2018). Atividades em ordem incorreta de execução são exemplos que violam a validade de um modelo de processo, atividades ausentes violam a integralidade de um modelo de processo, dessa forma, ambos são problemas que impactam na semântica de um modelo. Além do mais, problemas relacionados à semântica são problemas mais profundos que só podem ser identificados através de humanos (HAISJACKL *et al.*, 2018). Como a utilização da e-VOL envolve a identificação de uma modificação ocorrida no mundo real e em seguida a transferência dessa informação para o modelo, foi considerado adequado avaliar não somente a sintaxe, mas em especial, se a técnica auxilia na transferência do significado do que ocorreu no ambiente real para o modelo.

Para estruturar o objetivo deste estudo, foi utilizado o paradigma GQM conforme sugerido por Wohlin *et al* (2012):

Tabela 4.2 - Objetivo do estudo segundo o Paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988).

<b>Analisar</b>	A evolução de modelos BPMN utilizando a técnica e-VOL BPMN e evolução de modelos BPMN de forma tradicional.
<b>Com o propósito de</b>	Caracterizar
<b>Em relação às</b>	Completude semântica dos modelos
<b>Do ponto de vista do</b>	Pesquisadores em engenharia de software.
<b>No contexto de</b>	Evolução de modelagem de processos de negócios em ambiente acadêmico

No estudo experimental, foi feita a simulação de um ambiente real, onde deveria ser feita a evolução do processo de negócio antes de se executar a manutenção do código-fonte, a fim de que o modelo reflita as modificações que deverão ser realizadas no software. Em um primeiro momento foi realizada a modelagem inicial do processo de negócios, simulando a etapa inicial de desenvolvimento, na qual se elabora a primeira versão de um modelo. Após um período de tempo, os participantes receberam novas especificações, com mudanças no processo de negócio, simulando o processo de evolução sendo realizado por outra pessoa na fase de manutenção. Então, os participantes deveriam compreender o processo modelado anteriormente e realizar a evolução no modelo de acordo com as novas especificações.

Os modelos evoluídos foram avaliados de acordo com a completude semântica, então foi verificado se as alterações solicitadas na especificação da evolução estavam presentes no modelo. Para avaliar a completude semântica, foi realizada uma análise das funcionalidades inseridas e uso adequado da modelagem. Em casos de inconsistências destas perspectivas, foi adotada a classificação de defeitos semânticos; desta forma, quanto menos defeitos semânticos no modelo, mais completo semanticamente o modelo estava.

#### ***4.2.1.1. Planejamento do Experimento Controlado***

Na etapa de planejamento, inicialmente foram selecionados 28 participantes para o estudo. Os participantes possuíam experiência com modelagem de diferentes diagramas em pelo menos duas disciplinas. Durante três aulas, cada uma com aproximadamente 01h40min, os participantes receberam treinamento sobre a modelagem de processos de negócios com BPMN e fizeram vários exercícios de modelagem. Após o treinamento, foi planejada uma etapa de modelagem inicial de cenários.

Para a execução do estudo, foi planejada a divisão dos participantes em dois grupos (Grupo 1 e Grupo 2) para que cada grupo de participantes fizesse a modelagem de um cenário

específico de processo. Foram utilizados dois cenários reais e diferentes, porém com um número de tarefas e complexidade semelhantes, cenário A e cenário B. O cenário A era sobre um processo de modificação de software em uma empresa onde o desenvolvimento era terceirizado. O cenário B era sobre um processo de venda de peças de hardware. Na primeira etapa, o Grupo 1 deveria construir modelos referentes ao cenário A e o Grupo 2 deveria construir modelos referentes ao Cenário B. Foi decidido também que cada participante receberia um breve guia sobre os elementos BPMN para servir como consulta na construção dos modelos.

Na segunda etapa, a etapa de evolução, deveria ocorrer a troca entre os grupos, o Grupo 1 que realizou a modelagem inicial do cenário A deveria realizar a evolução do cenário B e o Grupo 2 que realizou a modelagem inicial do cenário B deveria realizar a evolução do cenário A. Também foi planejada a subdivisão dos grupos na etapa de evolução. Cada grupo de participantes seria subdividido em Grupo Experimental (com uso da e-VOL BPMN) e Grupo de Controle. A Figura 4.3 exemplifica como foi planejada a distribuição de cenários e participantes para as diferentes etapas.

	Cenário A		Cenário B	
<b>1ª Etapa</b> Modelagem Inicial	 <b>Grupo 1</b>		 <b>Grupo 2</b>	
<b>2ª Etapa</b> Evolução dos Modelos	 <b>Grupo 2</b>		 <b>Grupo 1</b>	
	<b>Grupo Experimental</b> (e-VOL BPMN)	<b>Grupo Controle</b> (Sem a e-VOL BPMN)	<b>Grupo Experimental</b> (e-VOL BPMN)	<b>Grupo Controle</b> (Sem a e-VOL BPMN)

**Figura 4.3 - Planejamento da distribuição dos cenários e participantes**

Durante o planejamento, também foram preparados todos os outros artefatos para serem utilizados no dia do experimento, como a descrição da evolução de cada um dos cenários, a técnica impressa e um questionário pós-estudo para coletar as dificuldades encontradas pelos participantes. Os artefatos utilizados no estudo estão disponíveis no APÊNDICE E.

#### 4.2.1.2. Execução do Estudo

As duas etapas de execução do experimento tiveram uma duração de aproximadamente 1h50. Um ponto importante a salientar é que alguns participantes que estavam na primeira etapa do experimento, faltaram no dia de execução da segunda etapa, por isso, a distribuição dos participantes no segundo dia não foi uniforme. A Figura 4.4 demonstra como ocorreu a distribuição dos participantes durante a execução do experimento.

	Cenário A		Cenário B	
<b>1ª Etapa</b> Modelagem Inicial	 <b>Grupo 1</b> 14 participantes		 <b>Grupo 2</b> 14 participantes	
<b>2ª Etapa</b> Evolução dos Modelos	 <b>Grupo 2</b> 13 participantes		 <b>Grupo 1</b> 10 participantes	
	<b>Grupo Experimental</b> (e-VOL BPMN) 7 participantes	<b>Grupo Controle</b> (sem a e-VOL BPMN) 6 participantes	<b>Grupo Experimental</b> (e-VOL BPMN) 6 participantes	<b>Grupo Controle</b> (sem a e-VOL BPMN) 4 participantes

Figura 4.4 - Distribuição dos participantes e cenários durante o experimento

No primeiro dia do experimento, 28 participantes executaram as atividades do estudo, mas no segundo dia, alguns participantes não compareceram e com isso, a quantidade de participantes foi reduzida para 23. Assim, 13 participantes evoluíram o cenário A, desses 13 participantes, 7 utilizaram a e-VOL BPMN no Grupo Experimental e 6 realizaram a evolução no Grupo Controle. Um total de 10 participantes evoluíram o cenário B, desses 10 participantes, 6 utilizaram a e-VOL BPMN no Grupo Experimental e 4 realizaram a evolução no Grupo de Controle (Inicialmente, este grupo tinha 5 participantes, mas um participante chegou com mais de uma hora de atraso para a execução da atividade e por isso seus dados foram descartados).

Ao finalizar a evolução do modelo, cada participante recebeu um questionário pós-estudo para responder. Esse questionário tinha o objetivo de coletar dificuldades encontradas durante a evolução dos modelos. No decorrer das duas etapas de execução do experimento, duas pesquisadoras observaram os participantes.

#### ***4.2.1.3. Análise dos dados***

Após a execução do estudo, foi feita a análise para verificar se a e-VOL BPMN ajudou a construir modelos mais completos semanticamente, ou seja, modelos que conseguiram refletir melhor a mudança ocorrida no mundo real. Foi avaliado se as funcionalidades descritas na evolução do cenário estavam sendo retratadas nos modelos evoluídos. Quando o modelo não conseguia explicitar uma determinada funcionalidade ou atividade essencial descrita na evolução do cenário, foi atribuído um defeito semântico ao modelo, conforme já foi explicado anteriormente.

A Tabela 4.3 apresenta uma parte apenas das funcionalidades semânticas avaliadas durante a análise dos dados e também exemplifica como foi realizada a contagem dos defeitos semânticos nos modelos BPMN evoluídos para cada um dos participantes. No exemplo da Tabela 4.3 é apresentado um exemplo com o participante P1. A coluna “Não fez” refere-se a uma funcionalidade que não estava presente no diagrama evoluído. A coluna “Ordem Incorreta” refere-se a uma funcionalidade ou atividade que estava representada no diagrama, mas estava na ordem incorreta de execução. A coluna “Raia Incorreta” refere-se a uma funcionalidade ou atividade que estava representada no diagrama, mas estava atribuída ao ator incorreto.

Todas as funcionalidades semânticas foram avaliadas pelas pesquisadoras que conduziram o experimento. Em seguida, foi verificado se:

1. As funcionalidades estavam representadas em cada modelo;
2. As funcionalidades estavam representadas na ordem correta em que deveriam ocorrer, considerando-se o processo como um todo;
3. A funcionalidade estava representada na raia do ator correto no processo.

**Tabela 4.3 – Apresentação parcial das funcionalidades semânticas com exemplo da contagem de defeitos semânticos**

<b>Participante P1</b>				
	<b>Funcionalidade Semântica</b>	<b>Não Fez</b>	<b>Ordem Incorreta</b>	<b>Raia Incorreta</b>
1	Encaminhar solicitação para o setor de TI	1		
2	Analisar tipo de modificação			1
3	Encaminhar modificações urgentes para o Analista de Negócios			1
4	Realizar cotação com empresas de desenvolvimento		1	1
5	Contratar desenvolvimento	1		
<b>Total de defeitos do modelo:</b>		<b>6</b>		

Cada modelo evoluído foi avaliado com uma tabela com o formato da Tabela 4.3. Se determinada funcionalidade não estivesse representada no modelo, ou se estivesse representada na ordem incorreta, ou se estivesse representada pelo ator incorreto, era atribuído um defeito semântico ao modelo. No exemplo que está sendo representado na Tabela 4.3, o participante P1 teve um total de 6 defeitos semânticos atribuídos ao seu modelo. Os dados da Tabela 4.3 são apenas para exemplificar a contagem de defeitos, não estão representados nesta tabela os dados reais do participante P1.

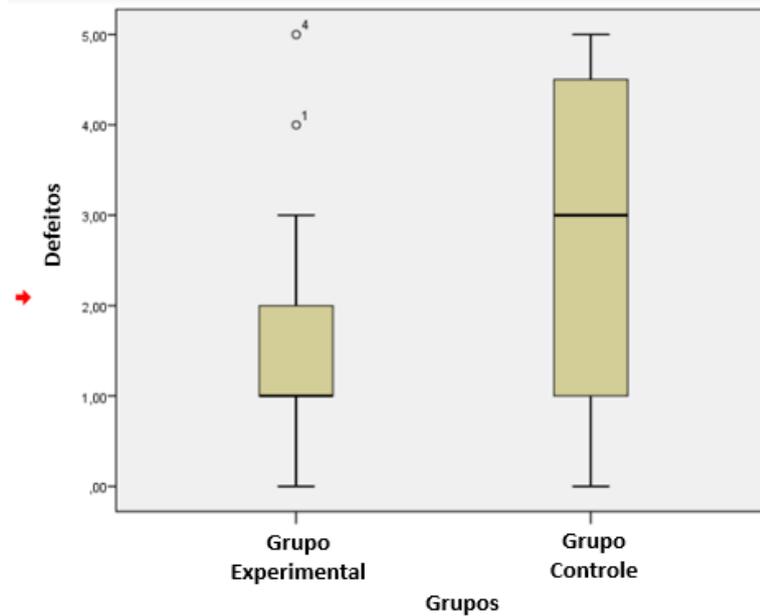
#### ***4.2.1.4. Resultados do Estudo Experimental***

A Tabela 4.4 mostra a quantidade de defeitos semânticos encontrados nos modelos para todos os participantes. Na Tabela 4.4, as células na cor amarela representam os participantes que evoluíram o cenário A e as células em azul representam os participantes que evoluíram o cenário B. Ao analisar a quantidade de defeitos, é possível perceber que 13 participantes utilizaram a e-VOL BPMN, sendo 7 participantes do Grupo 2 e 6 participantes do Grupo 1. Assim, o Grupo Experimental teve 13 participantes no total. No Grupo de Controle, obteve-se um total de 10 participantes, sendo 6 participantes do Grupo 2 e 4 participantes do Grupo 1. A soma de defeitos semânticos nos modelos dos participantes do Grupo Experimental foi 22, enquanto que a soma de defeitos semânticos nos modelos dos participantes do Grupo de Controle foi 30. Então, com um número de participantes maior, ainda assim, o Grupo Experimental que utilizou a e-VOL BPMN cometeu menos defeitos (22) em comparação com o Grupo de Controle (30).

Tabela 4.4 - Resultado por participante

Evolução do Grupo Experimental (e-VOL BPMN)		Evolução do Grupo de Controle	
Participantes	Quantidade de Defeitos Semânticos	Participantes	Quantidade de Defeitos Semânticos
P1	4	P14	3
P2	1	P15	5
P3	1	P16	5
P4	5	P17	3
P5	0	P18	4
P6	1	P19	3
P7	1	P20	1
P8	0	P21	5
P9	1	P22	0
P10	2	P23	1
P11	1		
P12	2		
P13	3		
<b>Total:</b>	<b>22</b>	<b>Total:</b>	<b>30</b>

O gráfico *boxplot* da Figura 4.5 apresenta a distribuição da quantidade de defeitos semânticos dos participantes do Grupo Experimental e do Grupo Controle. A mediana do Grupo Experimental está abaixo da mediana do Grupo Controle, o que indica que o Grupo Experimental cometeu menos defeitos que o Grupo Controle. Os números 4 e 1 na Figura 4.5, representam os participantes P1 e P4, os quais tiveram os piores desempenhos ao utilizar a e-VOL BPMN.



**Figura 4.5 - Boxplot para quantidade de defeitos semânticos**

A análise estatística foi realizada com a ferramenta SPSS v.23, e  $\alpha = 0.05$  para análise da quantidade de defeitos semânticos dos diferentes grupos de participantes. Foi utilizado o teste *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade. Este teste é indicado para amostras de tamanho menor que 50 (SHAPIRO, 1965). Foi verificado que a quantidade de defeitos semânticos não segue uma distribuição normal (*p-value* para o Grupo Experimental= 0.029, *p-value* para o Grupo Controle = 0.166). Devido a isto, foi utilizado o teste de Mann-Whitney (MANN e WHITNEY, 1947) para analisar a diferença entre as quantidades de defeitos semânticos cometidos pelos grupos de participantes. O resultado do teste de Mann-Whitney mostrou que não houve diferença estatística significativa entre a quantidade de defeitos semânticos cometidos pelos participantes do Grupo Experimental e a quantidade de defeitos semânticos do Grupo de Controle ( $p=0,101$ ).

Com relação às dificuldades relatadas pelos participantes, foi feita a divisão das dificuldades por grupos, visto que um grupo utilizou a e-VOL BPMN e o outro grupo era um grupo de controle. Foi observado que as dificuldades relatadas pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN estavam relacionadas a erros encontrados no modelo recebido para evoluir e também à compreensão do referido modelo. A seguir estão algumas citações de participantes do Grupo Experimental dadas como resposta para a pergunta “Quais dificuldades você encontrou para evoluir o diagrama?”, que nos sugerem isso:

*“O principal problema foi o uso errado de alguns elementos do diagrama recebido. Em alguns lugares não havia fluxo de sequência entre layers, a continuação das tarefas era feita por uso de artefatos o que dificultava a **compreensão**.” – P3.*

*“Corrigir alguns erros do diagrama original” – P1.*

*“Identificar possíveis correções no diagrama recebido que impactavam na compreensão do diagrama” - P4.*

*“Possíveis defeitos de modelagem, como, atividades nomeadas de maneira ambígua, eventos e tarefas omitidas de forma a não estar fiel ao processo.” – P2.*

As respostas dadas pelos participantes do Grupo Experimental sugerem que devido aos erros encontrados nos modelos, houve a necessidade de uma Manutenção Corretiva antes da evolução. As respostas dadas que relatam dificuldades para compreender os modelos recebidos podem ser relacionadas com a Tarefa 1 do processo de Manutenção, que é a compreensão do artefato de software.

Em relação às dificuldades relatadas pelos participantes do Grupo de Controle, foi observado que as dificuldades estavam relacionadas à compreensão do modelo e também à execução da evolução do modelo em si - adição das novas funcionalidades ao modelo. A seguir estão algumas citações de participantes deste grupo dadas como resposta para a pergunta “Quais dificuldades você encontrou para evoluir o diagrama?” que sugerem dificuldades na compreensão do diagrama recebido:

*“Entender a modelagem inicial recebida” – P13.*

*“O fato de ter que entender o diagrama de outra pessoa. Acabei tentando compreender o pensamento dela e isso me confundiu em algumas coisas...” – P21.*

*“Primeiro eu não consegui entender o diagrama do colega...” – P20*

*“Primeiramente foi entender o diagrama... – P23”*

As citações a seguir também são respostas dos participantes do Grupo de Controle, à mesma pergunta, que sugerem dificuldades na evolução do diagrama, pois estão relacionadas diretamente com a modificação do modelo para adequá-lo às novas especificações:

*“Alguns atores tiveram suas atividades mais modificadas, passando a ter alguns detalhes como eventos de timer no qual tive dificuldade e também quanto à onde os artefatos são gerados e consumidos” – P17*

*“Adequar à evolução atividades dependentes de tempo para serem feitas ou concluídas” - P19.*

*“Processos que exigem muitas atividades dependentes de mais de um usuário dificultaram a compreensão de quem executa uma determinada atividade” - P19.*

As respostas dadas pelos participantes desse grupo sugerem que as dificuldades encontradas por esse grupo estão relacionadas com a Tarefa 1 e também com a Tarefa 2 do processo de manutenção, que é a modificação do artefato de software.

#### **4.2.1.5. Discussão dos Resultados**

Através deste estudo experimental foi comparada a quantidade de defeitos semânticos dos modelos evoluídos pelo Grupo Experimental (participantes que utilizaram a técnica e-VOL BPMN) com a quantidade de defeitos semânticos dos modelos evoluídos pelo Grupo de Controle. Embora o teste não tenha apresentado diferença estatística, a comparação mostrou que os modelos evoluídos pelo Grupo Experimental tinham um número menor de defeitos semânticos, apesar da quantidade de participantes desse grupo ser maior. Estes são indícios de que os modelos do grupo que usou a e-VOL BPMN estavam mais completos semanticamente. Isso sugere que a e-VOL BPMN pode cumprir o objetivo para o qual foi proposta, apoiando a evolução de modelos BPMN.

Em relação às dificuldades dos participantes durante a evolução, as dificuldades relatadas pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN estavam relacionadas **à correção do modelo recebido** e também **à Tarefa 1 da fase de manutenção**. Não houve relato de dificuldades relacionadas à Tarefa 2 da manutenção evolutiva, ou seja, dificuldades relacionadas à adição das novas funcionalidades aos modelos. Assim, o grupo que utilizou a e-VOL não relatou dificuldades relacionadas à modificação (adição de novas funcionalidades) do modelo durante a evolução, o que indica que a e-VOL BPMN auxiliou nessa tarefa. As dificuldades relatadas pelos participantes do Grupo de Controle estavam relacionadas tanto à Tarefa 1 quanto à Tarefa 2 da evolução. Então, esse grupo relatou dificuldades relacionadas à adição das novas funcionalidades aos modelos durante a evolução. A Tabela 4.5 ilustra as dificuldades relatadas por cada grupo.

Tabela 4.5 – Dificuldades apresentadas pelos grupos de participantes

Dificuldades	Grupo Experimental	Grupo Controle
Correção do modelo	X	
Compreensão do Modelo (Tarefa 1 da Manutenção)	X	X
Modificação do Modelo (Tarefa 2 da Manutenção)		X

Portanto, podemos concluir que a e-VOL BPMN auxiliou os participantes que a utilizaram durante a evolução dos modelos BPMN e assim, há indícios de que a técnica cumpre o objetivo para o qual foi proposta que é auxiliar a evolução de modelos BPMN. Com relação à questão de pesquisa **“Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?”**, obteve-se **inicialmente** a seguinte resposta:

Há indícios de que a e-VOL BPMN fornece apoio à evolução de modelos BPMN durante a manutenção de software, pois a técnica colabora para a construção de um modelo mais completo semanticamente e diminui as dificuldades enfrentadas por seus utilizadores ao inserir novas funcionalidades em modelos BPMN, sendo portanto uma possível resposta para a questão de pesquisa.

Com o questionário pós-estudo, ainda foi possível coletar algumas dificuldades gerais relatadas pelos participantes:

1. Dificuldade em compreender o modelo criado por outra pessoa;
2. Dificuldade para evoluir o modelo devido a erros que os modelos apresentam, com isso é necessário realizar uma Manutenção Corretiva antes da evolução do modelo;
3. Dificuldade relacionadas à própria notação BPMN em si, como a utilização de eventos de *timer*, atividades dependentes de tempo e atividades dependentes de mais de um usuário.

Essas dificuldades gerais, relatadas pelos participantes, podem servir como indicadores de onde os pesquisadores podem atuar para auxiliar na manutenção de modelos BPMN. Também foi realizada uma outra análise com relação aos tipos de defeitos mais cometidos por cada grupo. O resultado obtido dessa análise pode ser visto na Tabela 4.6. Através dos dados representados na Tabela 4.6, podemos perceber que o Grupo Experimental teve menos defeitos do tipo “Não fez” e teve a mesma quantidade de defeitos do tipo “Ordem

Incorreta”, quando comparado ao Grupo de Controle. Porém, podemos perceber que o grande ganho da técnica foi com relação ao defeito de inserção de atividades em raias erradas, representado na Tabela 4.6 pelo defeito “Raia Incorreta”.

O grupo que utilizou a e-VOL BPMN teve apenas 8 atividades inseridas em raias erradas enquanto que o Grupo Controle teve 16 atividades inseridas em raias erradas - o dobro desses defeitos cometidos. Isso pode ser visto como um benefício da técnica, pois apesar de serem inseridas as funcionalidades no modelo, é necessário que estas sejam devidamente representadas no modelo para que este seja consistente com o software. Neste aspecto, a técnica guia o profissional a identificar o ator correto da atividade antes de adicioná-la à raia correspondente. Atividades em raias incorretas podem ser de grande impacto no produto final do software, visto que podem causar a disponibilidade de funcionalidades críticas ou sigilosas para pessoas não autorizadas.

**Tabela 4.6- Defeitos semânticos identificados**

<b>Defeito</b>	<b>Grupo Experimental (e-VOL BPMN)</b>	<b>Grupo Controle</b>
Não fez	8	9
Ordem Incorreta	6	6
Raia Incorreta	8	16
<b>Total:</b>	<b>22</b>	<b>30</b>

Ainda com relação à técnica e-VOL BPMN, foram percebidas algumas oportunidades de melhoria:

1. Foi identificado que alguns tipos de defeitos encontrados nos modelos evoluídos, que impactavam diretamente na semântica dos modelos, não estavam presentes no escopo da Técnica. Por exemplo, a inclusão de mais um estado inicial no mesmo processo e a ocorrência de mais de um fluxo de sequência saindo da mesma atividade;
2. Durante a execução do estudo, foi percebido pelos pesquisadores que a técnica poderia apresentar um formato mais dinâmico, mais fácil de manusear. Isso foi percebido porque os alunos que utilizavam a técnica gastavam boa parte do tempo tentando identificar qual cenário de mudança exposto na técnica que correspondia à mudança descrita na especificação de evolução.
3. Foi percebido também que seria mais fácil para os utilizadores da técnica que todos os cenários descritos tivessem um exemplo de uso com a notação BPMN.

Ao realizar a comparação entre os trabalhos relacionados e a e-VOL BPMN, podemos perceber que a diferença entre eles é que as métricas propostas pelos autores citados visam avaliar antecipadamente a complexidade de modelos construídos e com isso informar se durante a fase de manutenção o modelo será de fácil compreensão e evolução ou não. Já a e-VOL BPMN, visa auxiliar diretamente na fase de manutenção, mais especificamente na modificação do modelo em si, de forma a conduzir o profissional da técnica a refletir no modelo as modificações que ocorreram no processo. Com isso, o modelo evoluído fica consistente com as funcionalidades do software.

#### 4.2.2. Ameaças à validade

Apesar dos resultados, em todos os estudos experimentais existem ameaças que podem afetar a validade dos resultados, foram analisadas as seguintes ameaças:

**Validade Interna:** as ameaças à validade interna podem ser devidas ao efeito de aprendizagem experimentado por participantes entre as sessões. Isso foi atenuado graças ao design do experimento, os participantes evoluíram modelos diferentes dos cenários que eles haviam modelado na sessão inicial, onde foram criados os artefatos para a etapa de evolução do estudo. Os dois cenários utilizados também foram avaliados por outros 3 pesquisadores para avaliar se eram equivalentes com relação ao nível de dificuldade e quantidade de tarefas.

**Validade Externa:** foram consideradas as seguintes questões: (1) os participantes foram estudantes de graduação, (2) o estudo foi conduzido em um ambiente acadêmico, (3) a validade dos modelos como artefatos representativos. Em relação à questão 1, a maioria dos participantes não tinha experiência na indústria, pois eram estudantes de graduação. Apesar dos participantes serem estudantes de graduação, estes realizaram atividades semelhantes à manutenção de modelos de um projeto real, com isso, acredita-se que profissionais com pouca experiência na indústria, teriam o desempenho semelhante. Em relação à questão 2, as descrições dos cenários utilizados eram referentes a processos reais e também, o estudo procurou apresentar condições similares a manutenções na indústria, onde existe um sistema legado que é utilizado e com o tempo o sistema precisa se adequar às mudanças ocorridas no processo, dessa forma, é necessário realizar a evolução do software e conseqüentemente, da sua documentação e modelos de projeto. Com relação a questão (3), apesar das descrições de evoluções do cenário serem de processos reais, não é possível afirmar que os modelos referentes a estes cenários representam todos os tipos modelos de processos. Pretende-se então, realizar novos estudos com outras descrições de cenários.

**Validade de Conclusão:** o maior problema deste estudo é o tamanho da amostra. A quantidade de participantes não é o ideal do ponto de vista estatístico. Amostras reduzidas são um problema conhecido em estudos em Engenharia de Software (Fernandez et al., 2012).

**Validade de Constructo:** a completude semântica foi o indicador selecionado para avaliar se a técnica proposta alcança o seu objetivo. Este indicador foi utilizado a partir da definição dada por Vojislav e Leon (2000) com o propósito de avaliar se o modelo evoluído cumpre o seu dever de explicitar as funcionalidades/ atividades que compõem um determinado processo. Assim, um modelo pode informar o seu leitor sobre as funcionalidades do software.

### **4.3. Considerações Finais sobre o primeiro estudo experimental**

A versão inicial da técnica e-VOL BPMN foi desenvolvida como uma proposta inicial para responder a Questão de Pesquisa “**Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?**”. Para avaliar se a técnica atendia aos seus objetivos foi realizado um estudo experimental. Os resultados do experimento controlado com a versão inicial da e-VOL BPMN nos sugere que a técnica está bem inclinada a atender ao seu objetivo e apoiar a evolução de modelos BPMN. Contudo, o resultado do teste estatístico com os dados do experimento controlado não mostrou diferença estatística significativa com o uso da –eVOL BPMN, o que pode indicar que a técnica ainda precisa de algumas melhorias. Algumas evidências coletadas também indicam que alguns pontos podem ser melhorados tanto quanto ao conteúdo, quanto à estrutura e quanto à forma de apresentação da e-VOL BPMN. Com isso, a e-VOL BPMN passou por um novo processo de melhoria. Após esse processo surgiu uma nova versão da e-VOL BPMN – a versão 2, que será explorada no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 5 – E-VOL BPMN VERSÃO 2: NOVA VERSÃO DE UMA TÉCNICA PARA APOIAR A EVOLUÇÃO DE MODELOS BPMN

*Este capítulo representa o 2º ciclo da aplicação da metodologia Design Science Research nesta pesquisa. Será apresentada a nova versão da e-VOL BPMN após uma série de melhorias que foram identificadas no primeiro estudo experimental. Juntamente com a apresentação da nova versão da técnica, será apresentado o estudo experimental realizado para avaliá-la.*

### 5.1. e-VOL BPMN – segunda versão

Após o resultado do primeiro estudo experimental juntamente com as percepções obtidas pelas pesquisadoras sobre o uso da e-VOL BPMN pelos participantes, a e-VOL passou por uma série de melhorias. Primeiramente, a técnica foi adaptada para englobar também a tarefa inicial da manutenção que é a **compreensão** do artefato, no caso, o modelo BPMN e também sugerir possíveis pontos de correções do modelo que deve ser evoluído. Depois, foi avaliado o conteúdo da e-VOL BPMN a fim de dar à técnica uma maior abrangência de elementos da notação BPMN, visto que a versão inicial estava ainda muito voltada para os elementos básicos de BPMN. Em seguida, foi projetada uma nova estrutura para a apresentação do conteúdo, ainda herdando um pouco do conceito de técnicas de leitura, nas quais lê-se o artefato e se é conduzido a fazer alguma coisa. Então, foi adotado um formato de tabela onde cada linha da tabela representa um cenário específico de evolução e as colunas da tabela são as seguintes: Cenário de Mudança, Modificação, Como era, Como passa a ser. Por fim, a forma de apresentação da técnica foi modificada. Devido à quantidade de cenários que foram criados, a técnica recebeu um formato de livreto para a versão de papel e o formato de PDF (*Portable Document Format*) clicável, para a versão digital. Como a e-VOL BPMN sofreu um grande número de alterações, cada alteração será detalhada a seguir:

#### 5.1.1. Abrangência da tarefa de compreensão e correção do modelo.

Como já foi mencionado anteriormente, a compreensão é uma das tarefas durante a atividade de manutenção (Fernández-Saez *et al.*, 2013). De fato, quando uma pessoa necessita

realizar uma modificação em algum artefato de software, não apenas modelos BPMN, antes de se realizar a modificação no artefato propriamente dita, é necessário compreender o artefato, seu funcionamento, suas atividades dependentes, para que a pessoa que vai realizar a modificação tenha conhecimento sobre onde a modificação deve ser realizada e em como essa modificação pode afetar outras partes do artefato.

Com isso, foi avaliada uma forma para conduzir a pessoa que vai realizar a manutenção do modelo BPMN a compreendê-lo antes de passar para a tarefa de modificação do modelo. O trabalho apresentado por Lopes *et al.* (2018) propõe uma adaptação das Máximas de Grice (DE SOUZA *et al.*, 2016) para a identificação de tipos de defeitos em modelos UML que possam impactar na comunicação entre produtores e consumidores de um modelo. Com base no trabalho realizado por Lopes *et al.* (2018), foi realizada uma adaptação das máximas de Grice para modelos BPMN em relação à compreensão, de modo que estabeleça-se a comunicação entre produtores e consumidores de modelos BPMN. Essa adaptação resultou em um questionário de avaliação de compreensão, que também sugere correções que podem ser feitas no modelo. Esse questionário foi incluído como parte inicial da e-VOL BPMN. A Figura 5.1 mostra o questionário de compreensão que foi incluído como passo inicial da e-VOL BPMN.

PROCEDIMENTOS PARA COMPREENSÃO DE MODELOS BPMN	
1. As informações necessárias que estão descritas no cenário estão representadas no diagrama?	
<input type="checkbox"/> <b>Sim</b>	<input type="checkbox"/> <b>Não.</b> Neste caso, adicione as informações faltantes do cenário no diagrama.
2. Existem informações desnecessárias no diagrama?	
<input type="checkbox"/> <b>Não</b>	<input type="checkbox"/> <b>Sim.</b> Retire as informações desnecessárias para que o diagrama tenha conteúdo objetivo.
3. As atividades estão representadas de maneira lógica e coerente? Você identifica com facilidade qual é o próximo passo que deve ser dado em cada ponto do diagrama?	
<input type="checkbox"/> <b>Sim</b>	<input type="checkbox"/> <b>Não.</b> Organize as informações de maneira lógica para que o diagrama apresente informações com coerência.
4. As atividades estão representadas de forma clara? Você identifica claramente no diagrama quem são os atores responsáveis pelas atividades? As atividades estão nomeadas de maneira clara? Você identifica claramente o início e o fim do processo?	
<input type="checkbox"/> <b>Sim</b>	<input type="checkbox"/> <b>Não.</b> Realize as correções necessárias para deixar o diagrama com informações claras.
<p><b>Todas as correções foram realizadas?</b>  <b>As respostas acima são todas VERDES?</b>  <b>Então, vamos evoluir o diagrama!</b></p>	

Figura 5.0.1 - Questionário de Compreensão da e-VOL BPMN

Com base nas 4 máximas de Grice, foram criadas as 4 perguntas do questionário inicial da e-VOL BPMN. Como as máximas de Grice tem o propósito de assegurar que a comunicação correta foi estabelecida entre produtores e consumidores de artefatos de software, as respostas em verde indicam que o artefato foi compreendido pelo consumidor, que é o leitor do artefato.

Quando todas as respostas do questionário forem verdes, supõe-se que o artefato já está compreendido e corrigido pela pessoa que deve realizar as modificações no modelo. Com isso, ela pode seguir para a próxima fase que é a modificação do modelo propriamente dita. A necessidade de correção foi percebida através do primeiro estudo experimental, onde não foi solicitado que os participantes corrigissem os modelos recebidos, mas a grande maioria realizou correções nos modelos antes de evoluí-los. Porém, o escopo da versão inicial da e-VOL BPMN não contemplava a correção do modelo, apenas a evolução. O questionário recebeu o nome de “Guia Inicial de Evolução”.

### 5.1.2. Modificações quanto ao conteúdo e estrutura

Com relação ao conteúdo, foram inseridos alguns novos cenários na e-VOL BPMN, para que ela tivesse uma maior abrangência dos elementos da notação. Assim, a e-VOL BPMN pode auxiliar com o uso dos elementos básicos e avançados durante a evolução dos modelos. Por exemplo, foram incluídos cenários com eventos de timer, eventos condicionais, eventos de comunicação entre participantes externos, entre outros. A versão 2 da e-VOL BPMN contempla 22 cenários de evolução.

Como a e-VOL BPMN estava muito textual, ela foi modificada com o objetivo de tornar o seu formato mais dinâmico, mais fácil de manusear. Então, permaneceu a essência do formato das técnicas de leitura, mas foi incluída uma estrutura em forma de tabela e para cada cenário foi criado um exemplo de como o cenário era e como passará a ser após a evolução realizada. Acredita-se que através da visualização de um exemplo seja mais fácil para o usuário compreender como a modificação deve ser realizada. Então, cada linha da tabela representa um cenário e as colunas para cada linha foram as seguintes:

- **Cenário de mudança:** representa o cenário de mudança identificado no domínio do problema, no processo real.
- **Modificação:** esta coluna representa a instrução da modificação que deve ser realizada no modelo.
- **Como era:** representa um exemplo de cenário antigo que pode estar representado no modelo atual.
- **Como passa a ser:** um exemplo de como ficaria o modelo após a execução das instruções.

A Figura 5.2 mostra alguns cenários novos que estão presentes na segunda versão da e-VOL BPMN. Por exemplo, o cenário “C3” exemplifica como uma atividade que era realizada anteriormente de forma manual deve ser representada quando passar a ser realizada via sistema. O cenário “C12” exemplifica um cenário de evolução onde é utilizado o evento inicial temporal. O cenário “C18” exemplifica um cenário de evolução onde é utilizado o evento intermediário condicional e o cenário “C22” exemplifica um cenário de evolução onde são utilizados os eventos intermediários de envio e recebimento de mensagens.

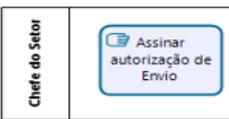
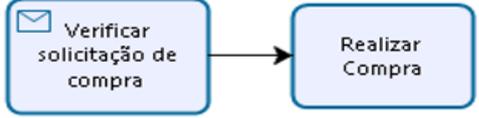
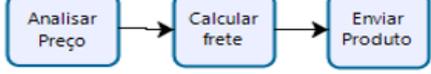
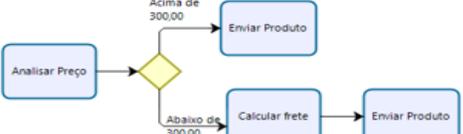
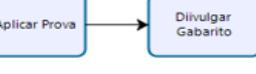
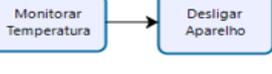
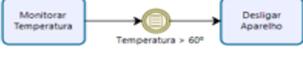
<p><b>C3.</b> Uma atividade feita manualmente por uma pessoa passa a estar no contexto do sistema.</p>	<p>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade 2. Insira o símbolo de usuário na atividade</p>	 <p>A autorização era dada através da assinatura manual de um documento</p>	 <p>Agora a autorização é dada pelo chefe através de uma função do sistema.</p>
<p><b>C4.</b> Se uma nova atividade é composta por outras tarefas</p>	<p>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade 2. Crie uma atividade na Lane correspondente 3. Adicione o símbolo de sub-processo à atividade 4. Conecte a atividade através de fluxos de sequência ao elemento anterior e posterior a atividade</p>	<p><b>Como era</b></p>  <p><b>Como passa a ser</b></p>  <p>Se as atividades do subprocesso forem conhecidas, então crie um processo com as atividades deste subprocesso (exploda o subprocesso):</p> 	
<p><b>C7.</b> Se agora é preciso realizar uma divisão de fluxo em que <u>apenas um caminho deve ser seguido.</u></p>	<p>1. Crie um gateway exclusivo após a atividade que divide o fluxo. 2. Crie os fluxos de atividades após o gateway criado.</p>	 <p><b>Como passa a ser</b></p> 	
<p><b>C12.</b> Se um processo inicia sempre em um determinado dia do mês.</p>	<p>- Troque o evento inicial padrão por um evento inicial temporal</p>		
<p><b>C15.</b> Se ocorre uma pausa entre uma atividade e outra</p>	<p>- Insira um evento intermediário temporal entre as duas atividades</p>		 <p>Após aplicar a prova, deve passar um tempo de 48 horas para que o gabarito seja divulgado.</p>
<p><b>C18.</b> Se uma atividade só inicia se uma determinada condição for satisfeita</p>	<p>- Inclua um evento condicional para representar a condição antes da atividade.</p>		
<p><b>C22.</b> Se um participante externo passou a se envolver com o processo modelado, mas as atividades desse participante externo não são conhecidas</p>	<p>1. Crie uma Pool abstrata 2. Dê um nome a esta nova Pool de acordo com o participante externo que ela representa 3. Conecte as pools através de fluxos de mensagem</p>	 <p>O SPC participa do processo "Concessão de Empréstimo", mas suas atividades são desconhecidas. O processo recebe o nome do participante (SPC).</p>	

Figura 5.0.2 – Apresentação de alguns dos cenários da e-VOL BPMN

### 5.1.3. Modificações quanto à forma de apresentação

Após a modificação da e-VOL BPMN quanto ao conteúdo e estrutura foi percebido que a técnica ficou com muitos cenários (22 no total), o que faria com que ocupasse cerca de 4 folhas de A4. Como desejava-se que a técnica fosse de fácil utilização e manuseio, foi projetada uma forma de aperfeiçoar a forma de apresentação da e-VOL BPMN, de maneira que seja mais fácil identificar o cenário que deve ser utilizado durante a evolução. Então, a técnica foi trabalhada em duas formas de apresentação:

#### 5.1.3.1. *Formato de Livreto*

O formato de livreto foi planejado para ser um formato impresso para estar disponível, em empresas, por exemplo, para quem prefere trabalhar com objetos físicos. Os cenários foram agrupados por cores e categorias e a técnica recebeu um sumário guia para facilitar para o leitor encontrar o cenário de mudança desejado. Na tentativa de interagir com o usuário, as categorias foram guiadas por perguntas, como exemplificado a seguir:

*P: “Iniciar um processo? Modificação no início do Processo?”*

Como resposta a essa pergunta estão os cenários que envolvem os eventos de início de processo. A seguir, a Figura 5.3 mostra como é feita esta representação na Técnica.

INICIAR UM PROCESSO? MODIFICAÇÃO NO INÍCIO DO PROCESSO?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
<b>C12.</b> Se um processo inicia sempre em um determinado dia do mês.	- Troque o evento inicial padrão por um evento inicial temporal		
<b>C13.</b> Se um determinado processo inicia quando uma condição é satisfeita	- Troque o evento inicial padrão por um evento inicial condicional		
<b>C14.</b> Se um determinado processo inicia a partir do recebimento de uma mensagem	- Troque o evento inicial por um evento inicial de mensagem		

**Figura 5.0.3 – Exemplo de categorização dos cenários**

Para que o leitor possa encontrar de forma mais fácil o cenário de modificação adequado, foi criado um sumário guia baseado em categorias e cores. Cada página do livreto recebeu uma aba com uma cor. No sumário do livreto, cada categoria de cenários, que são identificadas através das perguntas, indica uma cor de aba do livreto que é a página que o usuário deve ir para encontrar os cenários correspondentes à pergunta. A Figura 5.4 a seguir mostra uma foto do sumário do livreto da e-VOL BPMN.



# e-VOL BPMN

- ❖ COMPREENDER O MODELO RECEBIDO? ..... CINZA
- ❖ ATIVIDADES MUDARAM? NOVAS ATIVIDADES? ..... AZUL
- ❖ COMUNICAÇÃO ENTRE PARTICIPANTES DE DIFERENTES PROCESSOS? ..... VERDE
- ❖ PRECISA DIVIR O FLUXO DO PROCESSO? ..... AMARELO
- ❖ PRECISA UNIR O FLUXO DO PROCESSO? ..... LARANJA
- ❖ INICIAR UM PROCESSO OU MODIFICAÇÃO NO INÍCIO DO PROCESSO? ..... VERMELHO
- ❖ MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO TEMPO? ..... VERMELHO
- ❖ MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO CONDIÇÕES? ..... ROXO
- ❖ REPRESENTAR PARTICIPANTES DO PROCESSO? ..... ROXO

**Figura 5.0.4 – Sumário Guia da versão de Livreto**

Conforme pode ser observado na Figura 5.4, o primeiro passo é compreender o modelo recebido. Neste caso, então, o usuário deve ir para a página com a aba cinza que é página onde se encontra o questionário de compreensão – Guia Inicial de Evolução. Em seguida vem as perguntas referentes à modificação do modelo. Por exemplo, se o usuário identificar que no cenário de evolução atividades mudaram ou existem novas atividades, então ele deve ir para a página com a aba azul. A versão 2 completa da e-VOL BPMN com todos os cenários, está disponível no APÊNDICE F.

### 5.1.3.2. *Formato de PDF clicável*

O formato digital segue o mesmo raciocínio do formato de livreto, mas foi planejado no formato de arquivo PDF clicável. Neste caso, ao invés da categorização através de cores, cada pergunta do sumário contém um link, bastando ao usuário clicar em cima da pergunta desejada e assim ele será conduzido para a página referente aos cenários correspondentes. Para voltar para o Sumário basta o usuário clicar em cima do título na página em que ele estiver.

### 5.1.4. **e-VOL BPMN segunda versão: Estudo experimental**

Com o objetivo de avaliar a segunda versão da e-VOL BPMN, um novo experimento controlado foi realizado. Para que a técnica seja comparada com alguma outra técnica ou com algum outro artefato a que possa ser equiparada, foi decidido avaliar a e-VOL BPMN em comparação com o Pôster oficial da notação BPMN 2.0<sup>5</sup>.

O Pôster BPMN foi escolhido devido à sua popularidade e facilidade de acesso, por esses fatores, normalmente, este é o material que se tem disponível em empresas. Além do mais, em entrevista com dois profissionais da indústria, eles relataram que o Pôster BPMN 2.0 era o material sobre BPMN que a empresa tinha disponível. O Pôster oficial da notação BPMN 2.0, na língua portuguesa, foi desenvolvido pelos pesquisadores Lucinéia Heloísa Thom e Cirano Iochpe do Instituto de Informática da UFRGS. Então, deseja-se comparar um artefato que descreve os elementos da notação (o Pôster) com a e-VOL BPMN. O Pôster encontra-se disponível no ANEXO I deste trabalho. A Tabela 5.1 apresenta o objetivo do experimento segundo o paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988).

**Tabela 5.1 – Objetivo GQM do segundo experimento controlado**

<b>Analisar</b>	A evolução de modelos BPMN utilizando segunda versão da técnica e-VOL BPMN e a evolução utilizando o Pôster oficial da notação BPMN 2.0.
<b>Com o propósito de</b>	Comparar
<b>Em relação à</b>	Completeness e corretude dos diagramas evoluídos
<b>Do ponto de vista do</b>	Pesquisadores em Engenharia de Software
<b>No contexto de</b>	Evolução de modelos de processos de negócios em ambiente acadêmico

<sup>5</sup> [http://www.bpmb.de/images/BPMN2\\_0\\_Poster\\_PT.pdf](http://www.bpmb.de/images/BPMN2_0_Poster_PT.pdf)

#### ***5.1.4.1. Planejamento do segundo Experimento Controlado***

O segundo experimento controlado foi planejado para ser realizado em duas etapas. Na primeira etapa foi planejada a avaliação do Guia Inicial de Evolução - questionário de compreensão e correção da e-VOL BPMN. Nessa etapa, foi planejado para os participantes receberem uma descrição textual do cenário de um processo de negócios e dois modelos BPMN correspondentes ao mesmo cenário. O cenário utilizado nos modelos era sobre um sistema de submissão de artigos. Os modelos utilizados foram desenvolvidos a partir desse mesmo cenário, um modelo tinha dois defeitos e o outro modelo tinha três defeitos. Os modelos foram utilizados para avaliar se os participantes compreenderiam os modelos com diferentes defeitos, com o auxílio do Guia Inicial de Evolução. Esta estratégia foi utilizada pois em um ambiente real os modelos que serão evoluídos podem apresentar defeitos. Os participantes foram informados que os modelos poderiam conter defeitos e que eles poderiam corrigir o modelo se achassem necessário.

De posse dos dois modelos, os participantes deveriam escolher um dos dois para realizar a evolução. Essa escolha, além de simular um ambiente real, onde o usuário evolui um modelo que ele não construiu, ajudará também a avaliar se o Guia Inicial de Evolução auxilia os participantes a identificarem os defeitos do modelo. Assim, acredita-se que os participantes escolheriam o modelo com menos defeitos.

Na segunda etapa, os participantes receberam o modelo que eles escolheram na etapa anterior, a descrição do cenário de evolução, metade dos participantes receberam o Pôster oficial da notação BPMN 2.0 e a outra metade recebeu a e-VOL BPMN para realizar a evolução do modelo.

Após a evolução dos modelos, os participantes receberam um questionário baseado no TAM (*Technology Acceptance Model*) (KING e HE, 2006; DAVIS, 1989), para avaliar a técnica utilizada. O questionário TAM visa avaliar a percepção de um usuário sobre a utilidade, facilidade de uso e intenção de uso de uma tecnologia proposta. Com base no questionário TAM, foram avaliadas as seguintes métricas: i) facilidade de uso percebida; ii) utilidade percebida; iii) intenção de uso. Anexo ao questionário TAM, foi fornecido um questionário para coletar as dificuldades enfrentadas por eles durante a evolução, pontos positivos e negativos das técnicas, entre outros. Os artefatos que foram utilizados neste segundo estudo experimental estão disponíveis no APÊNDICE G.

#### 5.1.4.2. Execução do Estudo

O estudo foi realizado em duas instituições. Inicialmente, foi realizado na Universidade Federal do Amazonas, com 16 alunos da disciplina de Análise e Projeto de Sistemas. Em seguida, o mesmo estudo foi aplicado com 10 estudantes da disciplina Processos de Software da Universidade do Norte (UNINORTE). Em cada instituição, foram realizadas as duas etapas do experimento. Cada etapa durou aproximadamente 1h50.

No total, 26 alunos participaram do experimento. Na primeira etapa, os 26 participantes analisaram os modelos com o auxílio do Guia Inicial de Evolução, escolheram um dentre os dois modelos e fizeram as correções que acharam necessárias. Ao final da primeira etapa, os participantes devolveram os modelos já corrigidos. Na segunda etapa, a etapa de evolução dos modelos, os participantes foram divididos em dois grupos, cada grupo ficou em uma sala diferente e cada participante recebeu o seu respectivo modelo. Cada grupo tinha 13 participantes. Um grupo realizou a evolução com o auxílio da e-VOL BPMN e o outro grupo realizou a evolução com o auxílio do Pôster Oficial BPMN 2.0. A Figura 5.5 demonstra como ocorreu a distribuição dos participantes durante a execução do experimento.

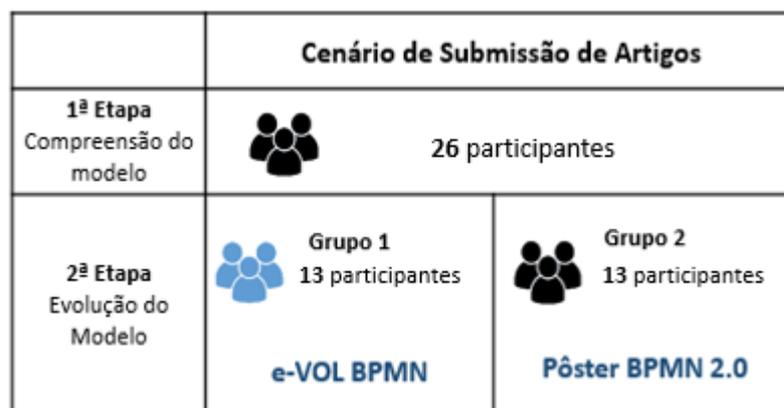


Figura 5.0.5 - Distribuição dos participantes e tratamentos durante o experimento

Após a evolução dos modelos, os participantes responderam aos questionários pós-estudo. No decorrer das duas etapas de execução do experimento, duas pesquisadoras observaram os participantes.

#### 5.1.4.3. Análise dos Dados

Os dados foram avaliados de forma quantitativa e qualitativa. Com relação à análise quantitativa, os modelos foram avaliados quanto à completude e corretude. A completude

define o quanto um artefato apresenta as informações necessárias de acordo com o seu contexto (Marques *et al.*, 2017). A corretude define quanto o artefato emprega os elementos e relacionamentos de acordo com a sintaxe de notação e descreve corretamente o domínio da aplicação de acordo com as informações disponíveis (Marques *et al.*, 2017). As técnicas também foram avaliadas segundo a pontuação obtida na análise do questionário TAM.

Quanto à análise qualitativa, foram verificados os aspectos subjetivos relacionados às técnicas, como pontos positivos e negativos, dificuldades, sugestões de melhorias, entre outros. Esses dados foram obtidos através de um questionário anexo ao questionário TAM.

### 5.1.5. Resultados do Estudo Experimental

Dos 26 participantes do estudo, 16 escolheram o modelo com menos defeitos dentre os dois modelos. A diferença entre os dois modelos era de 3 defeitos. Para avaliar a completude dos modelos, foi feita a avaliação das funcionalidades que deveriam estar representadas no modelo. Algumas funcionalidades que foram classificadas como complexas receberam peso 2. Quando uma funcionalidade não estava representada no modelo era atribuído um defeito de completude ao modelo. Quando uma funcionalidade estava representada, mas estava representada fora de ordem, incompleta ou com erro de sintaxe da notação era atribuído um defeito de corretude ao modelo. A partir disso, foi feita a avaliação da evolução de todos os modelos. Para avaliar a completude e corretude dos diagramas que foram evoluídos, foi feita a avaliação das funcionalidades que deveriam estar representadas no diagrama. Essas funcionalidades foram classificadas como:

- Básicas – funcionalidades que deveriam ser representadas com elementos básicos da notação BPMN. Essas funcionalidades receberam peso 1, normal.
- Complexas – funcionalidades que deveriam ser representadas com elementos avançados da notação BPMN. Essas funcionalidades receberam peso 2.

Para calcular a corretude e completude dos modelos, foi utilizada a mesma fórmula utilizada por Marques *et al.* (2017). A fórmula é detalhada a seguir:

indicador = 1- defeitos, onde:

$$\text{defeitos} = \left( \frac{\text{qtde\_func}}{\text{qtde\_func\_total}} + 2 * \left( \frac{\text{qtde\_func\_comp}}{\text{qtde\_func\_total}} \right) \right) / 3$$

qtde\_func = quantidade de funcionalidades básicas representadas no modelo

qtde\_func\_comp = quantidade de funcionalidades complexas representadas no modelo

qtde\_func\_total = quantidade total de funcionalidades do cenário.

A ideia dessa fórmula é calcular os defeitos, dando um peso maior para as funções mais complexas dos cenários apresentados. De acordo com a fórmula apresentada, a completude e a corretude de um artefato pode variar de 0 (pior resultado) até (1 melhor resultado). No final, foi feita a média da completude e corretude de todos os modelos, por grupos. O resultado pode ser visto na Figura 5.6 abaixo:

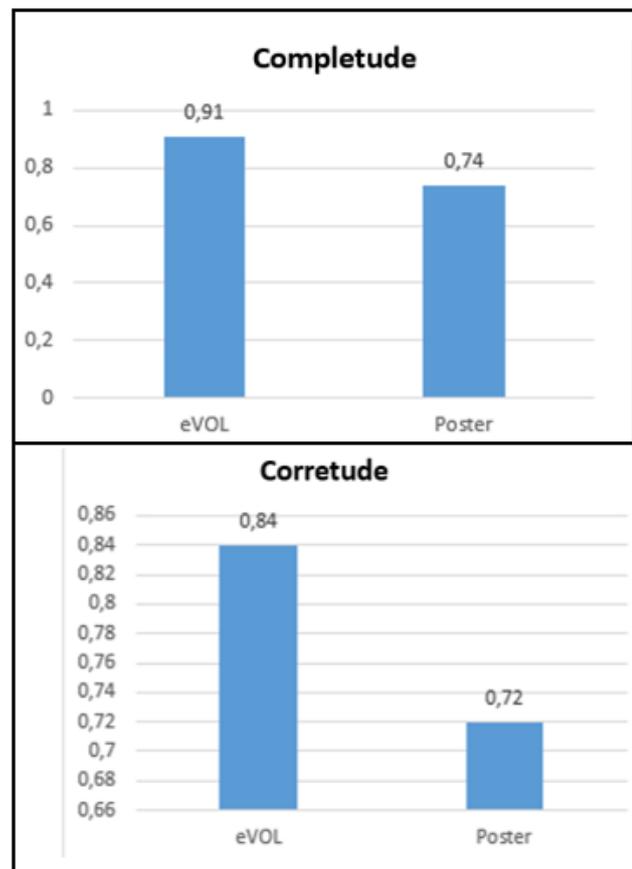


Figura 5.0.6 – Média da Completude e Corretude dos modelos

Através da Figura 5.6, é possível observar que o grupo que utilizou a e-VOL BPMN construiu modelos mais completos e corretos. Para analisar estatisticamente a completude e corretude dos modelos foi utilizada a ferramenta SPSS<sup>6</sup> v.23, e  $\alpha = 0.05$ . Foi utilizado o teste Shapiro Wilk (SHAPIRO, 1965) para verificar a normalidade.

De acordo com o resultado do teste Shapiro Wilk, os valores de completude dos modelos não seguiram uma distribuição normal ( $p$ -value para o Grupo que utilizou a e-VOL =

<sup>6</sup> <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/spss-statistics-software>

0.024,  $p$ -value para o Grupo que utilizou o Pôster = 0,156). Assim foi utilizado o teste de Mann Whitney (MANN E WHITNEY, 1946) para analisar a completude dos modelos dos dois grupos. O resultado do teste de Mann Whitney mostrou que houve diferença significativa entre os dois grupos ( $p = 0,000$ ).

De acordo com o resultado do teste Shapiro Wilk, os valores de corretude seguiram uma distribuição normal ( $p$ -value para o Grupo que utilizou a e-VOL = 0.903,  $p$ -value para o Grupo que utilizou o Pôster = 0,591). Assim, foi utilizado o teste T-test para analisar a corretude dos modelos dos dois grupos. O resultado do teste T-test mostrou que houve diferença significativa entre os dois grupos ( $p = 0,043$ ). A seguir, a Figura 5.7 apresenta os gráficos *boxplot* para completude e corretude dos modelos.

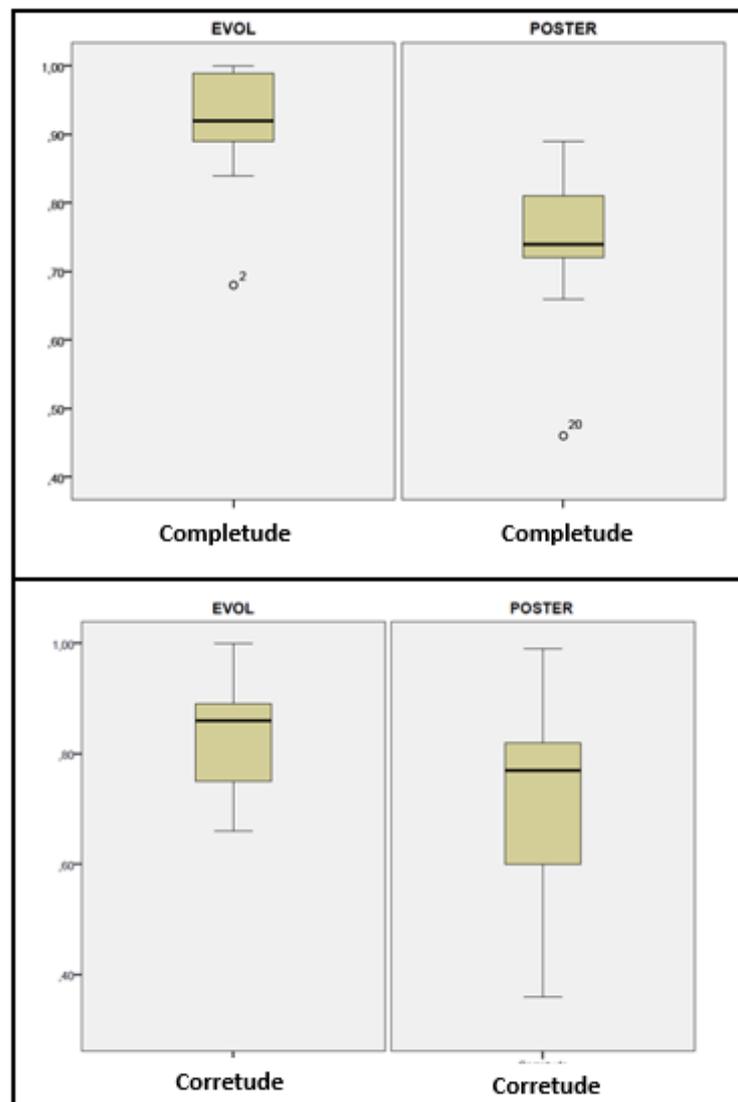


Figura 5.0.7 - Gráfico *boxplot* para completude e corretude dos modelos

Como é possível observar na Figura 5.7, através do gráfico *boxplot*, a mediana da completude e corretude dos modelos do grupo que utilizou a e-VOL BPMN está acima da mediana do grupo que utilizou o Pôster. A distribuição geral dos valores da completude e corretude do grupo que utilizou a e-VOL também está acima do grupo que utilizou o Pôster, o que indica que o grupo que utilizou a e-VOL BPMN apresentou modelos mais completos e corretos.

Com relação à análise qualitativa dos dados, os dados foram categorizados de acordo com as perguntas que foram feitas para os participantes. Os questionários possuíam 03 questões.

A partir das repostas dos formulários, considerando a resposta para a primeira questão do questionário “**A Técnica auxilia a evolução de Diagramas BPMN?**”, a Tabela 5.2 apresenta a síntese das repostas obtidas e quantidade de participantes que forneceram cada resposta:

**Tabela 5.2 – Síntese da primeira pergunta do questionário**

<b>A Técnica auxilia a evolução de Diagramas BPMN?</b>			
<b>e-VOL BPMN</b>		<b>Pôster BPMN</b>	
<b>Resposta</b>	<b>Quantidade de Respostas</b>	<b>Resposta</b>	<b>Quantidade de Respostas</b>
Sim. A e-VOL BPMN auxilia a evolução de modelos BPMN.	12	Sim. Porém, possui instruções pouco claras e por vezes serve meramente para lembrar a representação de um elemento.	9

Como resposta para a questão “**Quais pontos positivos e negativos você identificou na Técnica?**”, a Tabela 5.3 apresenta a síntese das repostas obtidas para a segunda pergunta do questionário:

Tabela 5.3 – Síntese da segunda pergunta do questionário

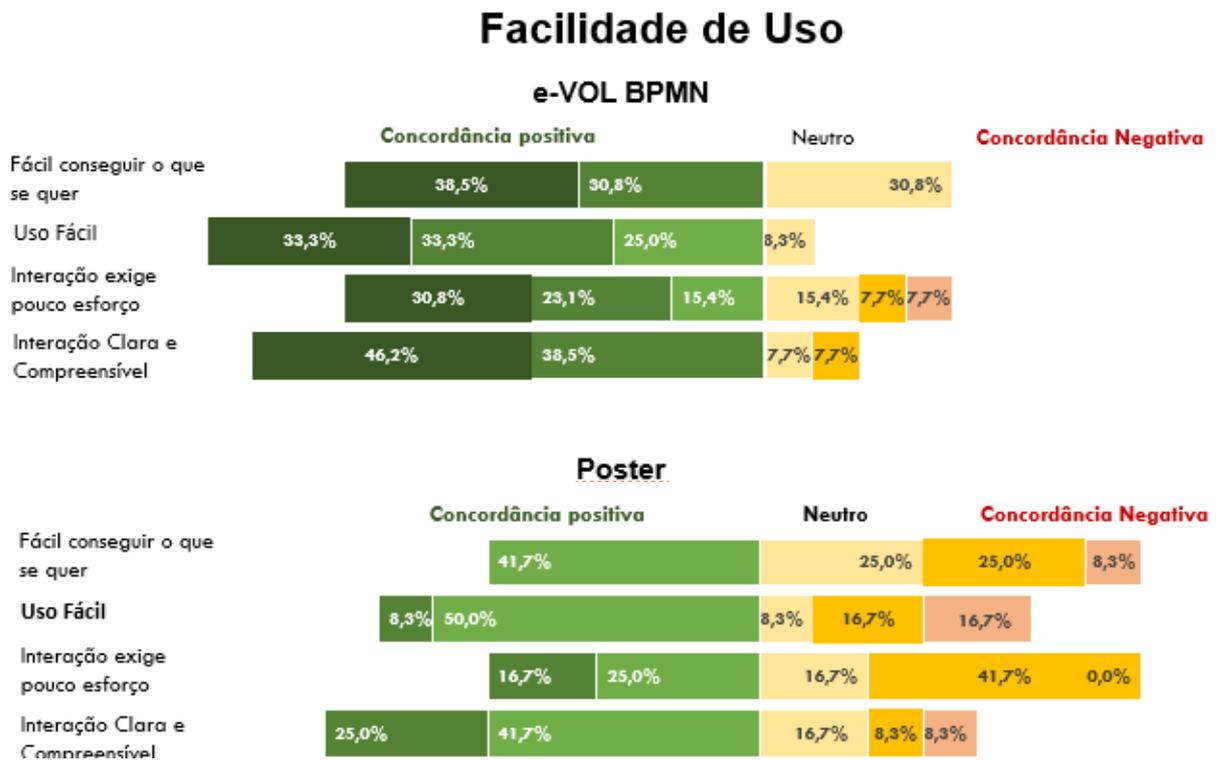
Quais pontos positivos e negativos você identificou na Técnica?	
e-VOL BPMN	Pôster BPMN
<p><b>Pontos positivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Útil</li> <li>- Abrange muitos casos comuns</li> <li>- Explica claramente e demonstra através de exemplos</li> <li>- Bem dividida, sendo fácil encontrar o se procura.</li> <li>- Torna o processo de modelagem mais ágil</li> <li>- Didática</li> </ul>	<p><b>Pontos positivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrição dos elementos</li> </ul>
<p><b>Ponto negativos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ainda está incompleta, poderia abranger mais cenários.</li> <li>- Exemplos pequenos, poderiam ser mais detalhados.</li> <li>- A disposição das informações poderia ser mais clara</li> </ul>	<p><b>Ponto negativos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparência poluída – informação em excesso.</li> <li>- Falta de clareza</li> <li>- Não possui exemplo prático</li> <li>- Informações desorganizadas e confusas</li> </ul>

Como resposta para a questão “**Quais dificuldades você encontrou durante a evolução dos modelos?**”, a Tabela 5.4 apresenta a síntese das respostas obtidas para a terceira pergunta do questionário.

**Tabela 5.4 – Síntese da terceira pergunta do questionário**

<b>Dificuldades Gerais Relatadas</b>	
<b>e-VOL BPMN</b>	<b>Pôster BPMN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de experiência na notação</li> <li>- Saber se o que foi modelado está sintaticamente correto.</li> <li>- Grande quantidade de atividade novas</li> <li>- O entendimento do contexto do problema</li> <li>- Identificar o que são atividades e o que são dados do processo</li> <li>- Identificar novas tarefas</li> <li>- Lidar com processos extensos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender o contexto do problema</li> <li>- Modelar à mão</li> <li>- Identificar informações que devem ser modeladas – não colocar informações desnecessárias no diagrama.</li> <li>- Corrigir o diagrama</li> <li>- Utilização de eventos de timer</li> <li>Entender as necessidades reais do cliente</li> </ul>

Para analisar o questionário TAM, foram criados gráficos de barras divergentes que ilustram as respostas para cada questão. A Figura 5.8 ilustra os resultados para a “Facilidade de Uso” percebida pelos participantes. Os resultados revelam principalmente percepções positivas sobre a e-VOL BPMN e não foi observada uma forte concordância com as afirmações negativas. Já com relação ao Pôster, os resultados revelam as percepções positivas um pouco menos acentuadas se comparadas à e-VOL BPMN e as percepções negativas mais acentuadas.



**Figura 5.0.8 – Gráfico para facilidade de uso percebida**

A Figura 5.9 ilustra os resultados para a “Utilidade de Uso” percebida pelos participantes. Os resultados revelam principalmente percepções positivas sobre a e-VOL BPMN e são poucas as concordâncias com as afirmações negativas. Já com relação ao Pôster, os resultados revelam as percepções positivas um pouco menos acentuadas se comparadas à e-VOL BPMN e as percepções negativas mais acentuadas.

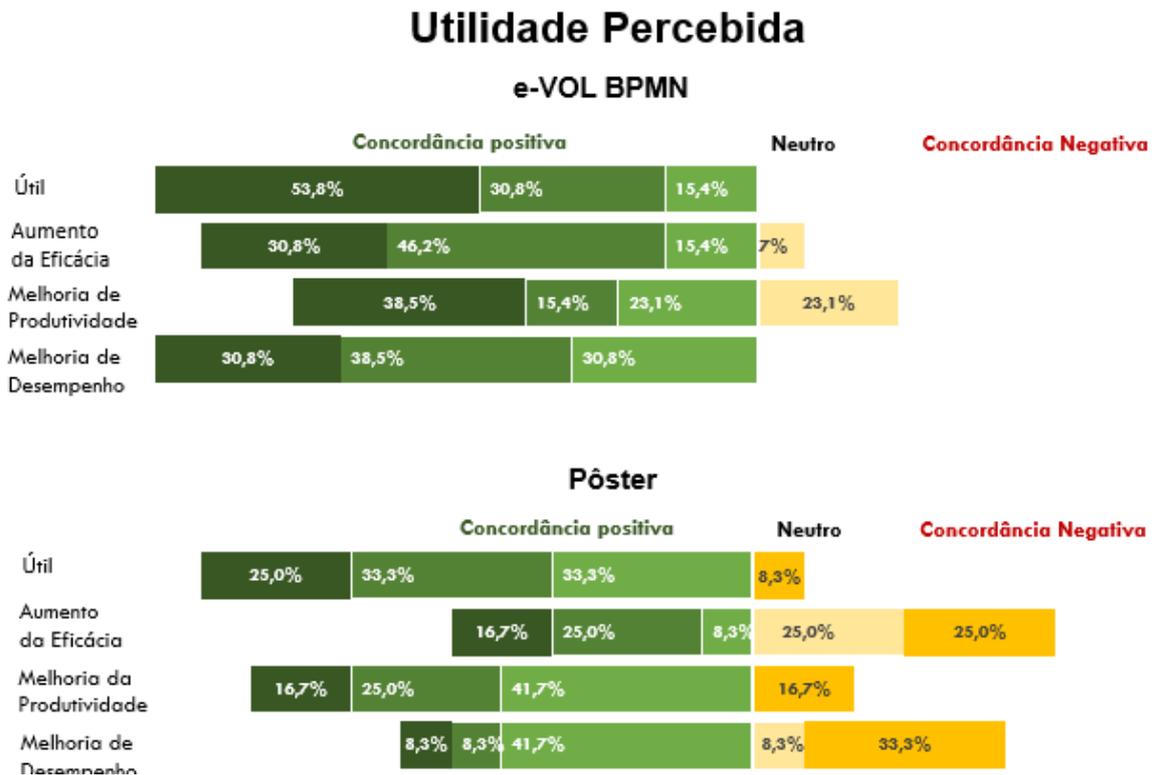


Figura 5.0.9 – Gráfico para utilidade percebida

A Figura 5.10 ilustra os resultados para a “Intenção de Uso” das técnicas pelos participantes. Os resultados revelam percepções positivas sobre a e-VOL BPMN e poucas concordâncias com as afirmações negativas. Já com relação ao Pôster, os resultados revelam as percepções positivas acentuadas e as percepções negativas mais acentuadas se comparadas à e-VOL BPMN.

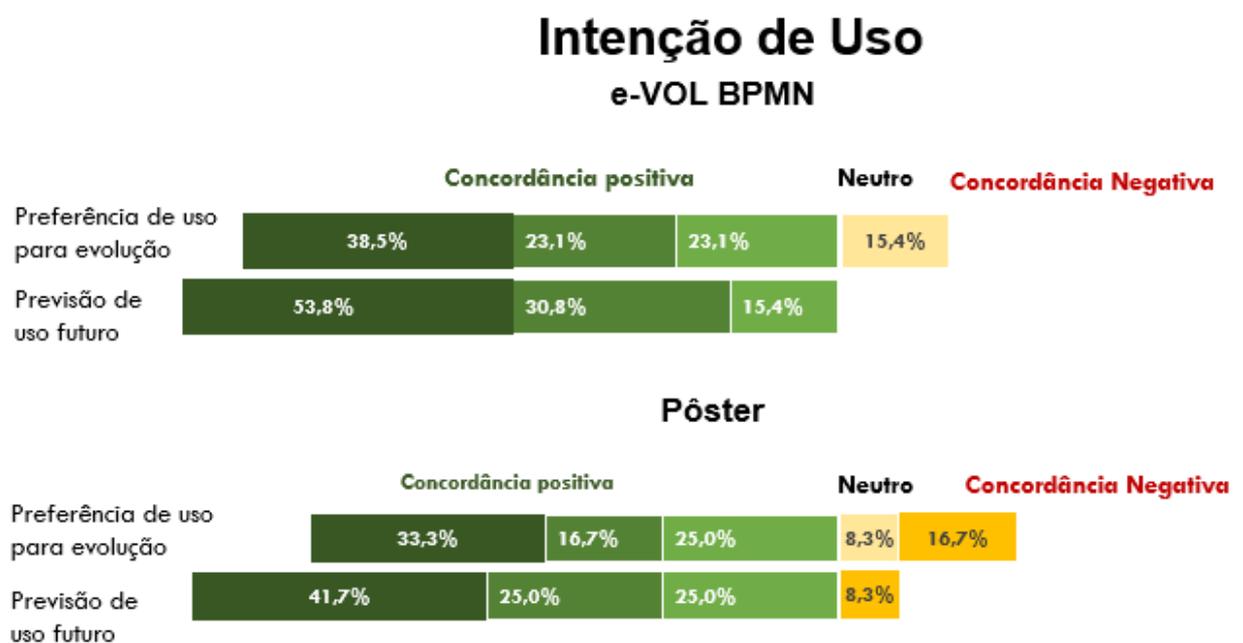


Figura 5.0.10 – Gráfico para intenção de uso

### 5.1.6. Discussão dos Resultados do Segundo Estudo Experimental

Na etapa inicial do segundo experimento controlado, os participantes deveriam utilizar o Guia Inicial de Evolução da e-VOL BPMN para auxiliá-los na tarefa de compreensão e, se necessário, correção do modelo. Os participantes deveriam escolher um dentre dois modelos. Um modelo com mais erros e outro com menos erros. Dos 26 participantes, 16 escolheram o modelo com menos defeitos para realizar a evolução. Este resultado fornece um indício inicial de que o questionário de compreensão da e-VOL BPMN auxiliou estes participantes na compreensão e identificação dos erros presentes nos modelos. O resultado sugere que após a identificação de mais defeitos em um dos modelos, os participantes optaram pelo modelo com menos defeitos para realizar a evolução.

Os resultados da análise dos modelos com relação à completude e corretude dos modelos, mostraram que o grupo que utilizou a e-VOL BPMN teve resultados superiores, com modelos mais completos e corretos do que os modelos do grupo que utilizou o Pôster BPMN. Esses resultados foram evidenciados através dos testes estatísticos que apresentaram uma diferença estatística significativa quando foram comparadas a completude e corretude dos modelos de ambos os grupos de participantes. Através destes resultados, pode-se afirmar que a e-VOL BPMN auxiliou os mantenedores na atividade de representar no modelo BPMN a mudança que ocorreu no ambiente real, pois os modelos que foram evoluídos pelo grupo que utilizou a e-VOL BPMN estavam mais completos e corretos em comparação com o grupo que utilizou o Pôster BPMN.

Com relação aos dados obtidos através do questionário para coletar as dificuldades enfrentadas pelos participantes, os resultados mostraram que a e-VOL BPMN e o Pôster BPMN auxiliam na evolução de diagramas BPMN, porém, alguns participantes apontaram que o Pôster possui instruções pouco claras e é útil somente para lembrar a descrição dos elementos. Os pontos positivos relatados pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN possuíam um valor muito maior quando comparados aos pontos positivos do Pôster. Os participantes apontaram pontos positivos relatando que a e-VOL BPMN é útil, que abrange cenários relevantes, que é didática, entre outros, enquanto que o único ponto positivo que os participantes apresentaram sobre o Pôster foi a descrição dos elementos. Com isso, pode-se concluir que, na percepção dos participantes, a e-VOL BPMN possui mais pontos positivos do que o Pôster BPMN. Com relação aos pontos negativos, os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN apontaram principalmente que a e-VOL pode ainda estar incompleta e que poderia conter mais cenários de utilização. Já os pontos negativos apontados pelos

participantes que utilizaram o Pôster são pontos mais impactantes, como por exemplo, aparência poluída, informações desorganizadas. Os pontos negativos que os participantes indicaram sobre o Pôster BPMN nos induzem a dizer que a e-VOL BPMN teve uma aceitação melhor e foi melhor avaliada pelos participantes do que o Pôster BPMN.

As dificuldades gerais que os participantes relataram mostram onde pesquisadores ou docentes da notação BPMN podem focar para diminuir as dificuldades dos participantes relacionadas à notação BPMN. Mas no geral, foram observadas dificuldades relacionadas à insegurança, falta de familiaridade com a notação ou com o contexto do problema.

Com relação à análise do questionário TAM, foram coletadas métricas para avaliar a facilidade de uso percebida, utilidade percebida e intenção de uso em relação à e-VOL BPMN e ao Pôster BPMN do ponto de vista dos participantes. Foram obtidos resultados positivos mais expressivos com relação à e-VOL BPMN, apesar de que o Pôster também teve uma boa concordância positiva no que diz respeito a esses quesitos. No entanto, podemos perceber que uma quantidade grande de participantes ainda tenderam à neutralidade, ou à concordância negativa ao avaliar a facilidade de uso e utilidade percebida do Pôster em comparação à avaliação dos mesmos quesitos pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN. Com isso, podemos concluir que as pessoas que utilizam a e-VOL BPMN a avaliam como útil, fácil de usar e demonstram interesse em utilizá-la futuramente.

Diante dos dados obtidos, pode-se concluir que a e-VOL BPMN auxiliou os participantes que a utilizaram durante a evolução dos modelos BPMN. Os participantes do experimento eram alunos do curso de Ciência da Computação e Engenharia de Software, portanto, tais participantes podem ser comparados aos profissionais (desenvolvedores ou engenheiros de software) com pouca experiência, podendo inclusive, ser comparados com a próxima geração desses profissionais (Kitchenham *et al.*, 2002). Assim, obteve-se evidências de que a técnica cumpre o objetivo para o qual foi proposta que é auxiliar a evolução de modelos BPMN. Com relação à questão de pesquisa “Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?”, obteve-se a seguinte resposta:

**A e-VOL BPMN fornece apoio à evolução de modelos BPMN por profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN,** pois a técnica colabora para a construção de um modelo mais completo e correto além de diminuir as dificuldades enfrentadas por esses profissionais ao inserir novas funcionalidades em modelos BPMN, sendo portanto, uma resposta para a questão de pesquisa.

## 5.2. Ameaças à validade dos experimentos controlados

Apesar dos resultados, em todos os estudos experimentais existem ameaças que podem afetar a validade dos resultados, foram analisadas as seguintes ameaças:

**Validade Interna:** as ameaças à validade interna podem ser devidas ao efeito de aprendizagem que os participantes experimentaram entre as sessões. Isso foi atenuado graças ao design do experimento, onde as duas etapas estavam relacionadas à evolução, mas os participantes não sabiam o que seria feito na próxima etapa do experimento, além do mais, os modelos foram recolhidos após a execução da primeira etapa do experimento e entregues novamente aos participantes na segunda etapa.

**Validade Externa:** foram consideradas as seguintes questões no experimento: (1) os participantes foram estudantes de graduação, para equipará-los à profissionais de empresas (2) o estudo foi conduzido em um ambiente acadêmico (3) a validade dos diagramas como artefatos representativos. Em relação à questão 1, sob certas condições, não há grande diferença entre este tipo de alunos e profissionais (Basili *et al.*, 1999; Carver *et al.*, 2003) e eles poderiam, portanto, ser considerados como a próxima geração de profissionais (Kitchenham *et al.*, 2002). Além disso, segundo Carver *et al.* (Carver *et al.*, 2003), os estudantes que não têm experiência na indústria podem ter habilidades semelhantes aos profissionais menos experientes. Em relação à questão 2, as descrições dos cenários utilizado era referentes a um processo real e também, o estudo procurou apresentar condições similares a manutenções / evoluções que são realizadas na indústria. Nestes cenários, normalmente, existe um sistema legado que é utilizado e com o tempo o sistema precisa se adequar às mudanças ocorridas no processo, dessa forma, é necessário realizar a evolução do software e conseqüentemente, dos seus diagramas de projeto. Com relação a questão (3), apesar da descrição da evolução do cenário ser de um processo real, não é possível afirmar que os diagramas referentes a estes cenários representam todos os tipos diagramas de processos.

**Validade de Conclusão:** o maior problema destes estudos é o tamanho da amostra. A quantidade de participantes não é o ideal do ponto de vista estatístico. Amostras reduzidas são um problema conhecido em estudos em Engenharia de Software (Fernandez *et al.*, 2012).

**Validade de Constructo:** foram utilizadas as métricas de corretude, completude, facilidade de uso, utilidade de uso e intenção de uso que são métricas utilizadas em experimentos na área de Engenharia de Software (Fernandez *et al.*, 2012; Marques *et al.*, 2017).

### **5.3. Conclusões e considerações finais sobre o segundo experimento controlado**

No segundo experimento controlado, a segunda versão da e-VOL BPMN foi comparada com o Pôster BPMN 2.0. O experimento foi realizado em duas etapas. Os modelos deste experimento foram avaliados de acordo com a completude e corretude. A análise dos dados mostrou que os modelos do grupo que utilizou a e-VOL BPMN estavam mais completos e corretos do que os modelos do grupo que utilizou o Poster BPMN. Desta vez, a análise estatística da completude e corretude entre os modelos dos dois grupos apresentou diferença estatística significativa. Portanto, a e-VOL BPMN auxilia os mantenedores de modelos, com pouca experiência na notação, na atividade de representar no modelo BPMN a mudança que ocorreu no ambiente real, pois os modelos dos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN durante a evolução dos modelos BPMN estavam mais completos e corretos em comparação com os modelos do grupo que utilizou o Pôster BPMN. Dessa forma, ter a e-VOL BPMN disponível em empresas, pode ajudar profissionais como engenheiros e desenvolvedores de software a manterem os modelos BPMN sempre atualizados, o que consequentemente, irá diminuir o tempo para compreensão do software e assim diminuir os custos e o tempo de manutenção do software.

Através de um questionário também foram coletados os pontos positivos e negativos e dificuldades enfrentadas durante a evolução. As respostas dos participantes para esse questionário beneficiaram a e-VOL BPMN sugerindo que a e-VOL BPMN se destaca positivamente em relação ao Pôster. Ainda foram coletadas as percepções relacionadas à “Facilidade de Uso”, “Utilidade Percebida” e “Intenção de Uso”. As percepções que foram coletadas, no geral, mostraram uma concordância positiva mais acentuada para a e-VOL BPMN do que para o Pôster, em relação aos quesitos que avaliamos.

## **CAPÍTULO 6- AVALIAÇÃO DA E-VOL BPMN QUANTO À EVOLUÇÃO DE DIAGRAMAS E A APRENDIZAGEM DA NOTAÇÃO BPMN**

*Este capítulo representa o 3º ciclo da aplicação da metodologia *Design Science Research* nesta pesquisa. Será apresentada a nova avaliação realizada da segunda versão da e-VOL BPMN. Esta nova avaliação, que foi realizada através de um terceiro experimento controlado, além de avaliar a e-VOL BPMN quanto ao auxílio à evolução, também inclui a avaliação quanto ao aprendizado proporcionado pela técnica aos seus utilizadores.*

Durante a análise dos dados dos experimentos controlados, juntamente com o feedback dado por alguns participantes após a execução dos experimentos, percebeu-se que a e-VOL BPMN influenciou também na aprendizagem da notação BPMN pelas pessoas que a utilizaram durante os experimentos. Houve inclusive, participantes que solicitaram a e-VOL BPMN para que pudessem estudar para as provas futuras das disciplinas sobre a notação. Diante dessa nova perspectiva, foi realizada a avaliação da e-VOL BPMN com relação à evolução e ao aprendizado da notação experimentado por seus utilizadores durante a evolução de modelos BPMN.

Conforme já foi abordado neste trabalho, é comum que os diagramas BPMN estejam desatualizados e isso pode ocorrer pela falta de conhecimento adequado de alguns profissionais sobre a notação. Assim, algumas empresas não tem se beneficiado da expressividade total do BPMN (Recker, 2010). Além do mais, Recker (2010) também aponta o fato de que aproximadamente 70% dos usuários BPMN são autodidatas, o que implica no risco de formas errôneas de uso do BPMN serem difundidas. Diante destes fatos, seria de grande valor uma técnica que além de auxiliar na evolução de modelos BPMN, também influenciasse positivamente na aprendizagem/conhecimento da notação BPMN por seus utilizadores. Assim, a e-VOL BPMN passou por uma nova avaliação, para que fosse possível avaliá-la neste contexto de evolução dos modelos BPMN e aprendizagem da notação BPMN por seus utilizadores. Diante deste contexto de avaliação, foi realizado um novo experimento controlado que comparou a e-VOL BPMN e o Pôster BPMN neste contexto de evolução + aprendizagem da notação BPMN. A seguir será feito o detalhamento desse experimento controlado.

### **6.1. Avaliação da e-VOL BPMN quanto à evolução de modelos BPMN e aprendizagem da notação BPMN neste contexto.**

Esse novo experimento controlado simulou novamente um cenário em que os participantes evoluíram um diagrama já existente. O experimento foi realizado com os seguintes objetivos: (1) comparar novamente a completude e a corretude dos diagramas apresentados pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN e os participantes que utilizaram o Pôster BPMN; (2) avaliar se a e-VOL BPMN impacta na aprendizagem da notação BPMN pelos estudantes (seus utilizadores); (3) avaliar através de uma prova escrita (que é o meio mais comum de avaliação de aprendizagem) se os participantes que utilizaram a e-VOL alcançariam maiores notas e (4) coletar as dificuldades enfrentadas pelos participantes durante a evolução dos diagramas.

### **6.2. Planejamento do terceiro experimento controlado**

O experimento foi realizado na Universidade Federal do Amazonas. Foram selecionados 55 estudantes para o experimento. Alguns desses participantes eram estudantes de graduação cursando a disciplina “Análise e Projeto de Sistemas” (APS) do Curso de Ciência da Computação e os outros participantes eram alunos de graduação cursando a disciplina “Processo de Desenvolvimento de Software (PSD)” do Curso de Engenharia de Software. Antes da execução do experimento, ambos os participantes receberam o mesmo treinamento sobre BPMN durante duas aulas, com a realização e correção de exercícios.

O experimento foi planejado em duas etapas. Na primeira etapa, foi planejado para os participantes realizarem a evolução de um diagrama BPMN. O diagrama BPMN era sobre um processo de produção de Mix de Cereais. Então, os participantes foram divididos em dois grupos, um grupo que utilizaria a e-VOL BPMN e outro grupo que utilizaria o Pôster BPMN. Nesta etapa, cada participante deveria receber o diagrama inicial, a descrição de evolução do processo e a e-VOL BPMN ou o Pôster BPMN, dependendo do grupo em que o participante estava inserido. Após a evolução dos diagramas os participantes deveriam receber um questionário pós-estudo com o propósito de obter a percepção de aprendizagem dos participantes e as principais dificuldades encontradas durante a evolução do diagrama.

Na segunda etapa, foi planejado para os participantes realizarem uma avaliação sobre conceitos e utilização dos elementos da notação BPMN e após a aplicação desta avaliação, foi planejada uma seção de *Focus Group* para obter a percepção dos participantes sobre a

utilidade das técnicas e se as técnicas os auxiliaram, ou não. *Focus Group* (FG) é um tipo de técnica qualitativa utilizada para coletar dados através de entrevistas em grupo para compreender opiniões e discussões sobre um determinado objeto de pesquisa (Franca et al., 2015). Para os FG, foram definidas questões para auxiliar na discussão dos participantes sobre as técnicas. Os artefatos utilizados neste terceiro experimento controlado estão disponíveis no APENDICE H.

### **6.3. Execução do terceiro experimento controlado**

O experimento foi realizado em dois dias, sendo cada etapa executada em um dia. De acordo com o horário de aula das disciplinas. Cada etapa do experimento durou aproximadamente 2h.

Dividimos cada turma em dois grupos - grupo controle e grupo experimental. Cada grupo ficou em uma sala específica, sendo acompanhado por uma pesquisadora. No momento inicial da primeira etapa, cada grupo recebeu um pequeno treinamento sobre o artefato recebido para auxiliar a evolução (e-VOL BPMN ou Pôster BPMN) correspondente ao grupo. Em seguida, cada participante recebeu os artefatos do estudo. Então, os participantes realizaram a evolução do diagrama. Apesar da divisão por grupos, a evolução foi realizada por cada participante de forma individual. Após a evolução do diagrama, os participantes responderam ao questionário pós-estudo. No questionário pós-estudo, foi feita a avaliação de percepção de aprendizagem, duas questões sobre a técnica utilizada e uma questão sobre as dificuldades gerais enfrentadas durante a evolução do diagrama.

No momento inicial da segunda etapa, cada participante recebeu a avaliação (prova escrita) e tiveram um tempo de aproximadamente 1h para responder a avaliação. Em seguida, foi iniciada a seção de *Focus Group*, onde os participantes puderam expor suas opiniões a respeito do artefato que utilizaram. Para a sessão de *Focus Group*, os participantes foram novamente divididos em salas separadas, de acordo com o artefato que tinham utilizado para realizar a evolução na etapa anterior (e-VOL BPMN ou Pôster BPMN). Duas pesquisadoras deste trabalho atuaram como moderadoras em ambos os grupos, encorajando os estudantes a participarem do FG. O FG teve uma duração de aproximadamente 35 minutos para o Grupo que utilizou a e-VOL BPMN e 30 minutos para o grupo que utilizou o Pôster BPMN. A Figura 6.1 a seguir, demonstra a distribuição de participantes nas duas etapas de execução do experimento.

<b><u>Etapa 1</u></b> Evolução dos modelos + Questionário Pós-Estudo	<b><u>Etapa 2</u></b> Avaliação + Focus Group
<b>Grupo 1</b> ( e-VOL BPMN)  28 participantes	<b>Grupo 1</b> ( e-VOL BPMN)  28 participantes
<b>Grupo 2</b> ( Pôster BPMN)  27 participantes	<b>Grupo 2</b> ( Pôster BPMN)  27 participantes

**Figura 6.0.1 – Distribuição dos participantes no experimento**

Como é possível observar, através da Figura 6.1, em ambas as etapas, tivemos 28 participantes no grupo que utilizou a e-VOL BPMN e 27 participantes no grupo que utilizou o Pôster BPMN.

#### **6.4. Resultados do experimento controlado**

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos para: a) Completude e Corretude dos diagramas de ambos os grupos de participantes, b) avaliação da Percepção de Aprendizagem, c) o resultado das notas obtidas na prova escrita, d) os achados com a seção de Focus *Group* e, por fim, e) o resultado de uma questão que incluímos no questionário pós-estudo sobre as dificuldades enfrentadas pelos participantes durante a evolução dos diagramas.

##### *A. Completude e Corretude dos Diagramas BPMN*

A completude e corretude foram avaliadas seguindo os mesmos critérios apresentados no segundo experimento controlado. A fórmula utilizada também foi a mesma. Para calcular a completude, foi contabilizada a quantidade de funcionalidades básicas e complexas com defeitos de completude. Para calcular a corretude, foi contabilizada a quantidade de funcionalidades básicas e complexas com defeitos de corretude. A fórmula é detalhada, novamente, a seguir:

indicador = 1- defeitos, onde:

defeitos =

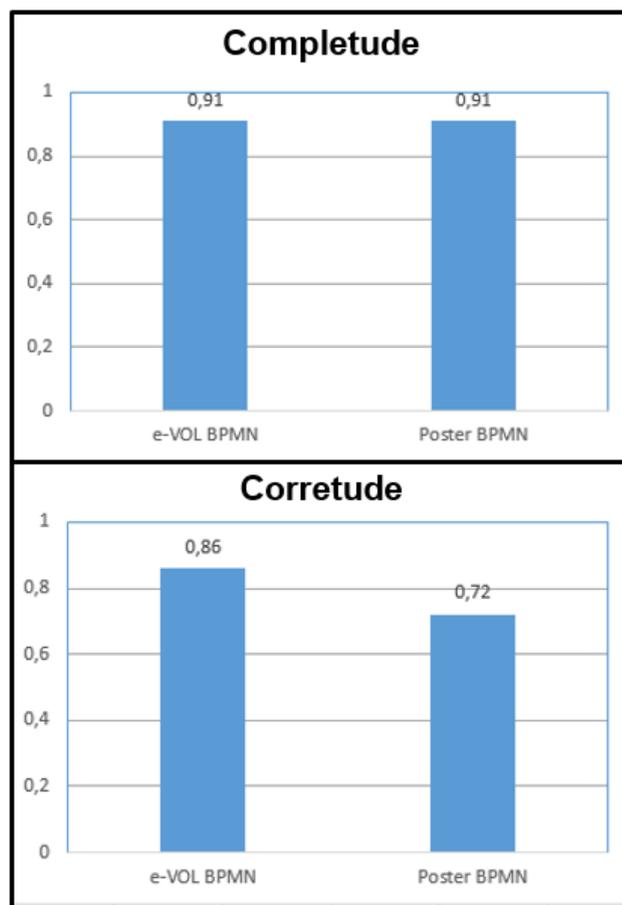
$$((qtde\_func/qtde\_func\_total) + 2* (qtde\_func\_comp/qtde\_func\_total))/3$$

qtde\_func = quantidade de funcionalidades normais com defeitos no diagrama

qtde\_func\_comp = quantidade de funcionalidades complexas com defeitos no diagrama

qtde\_func\_total = quantidade total de funcionalidades do cenário.

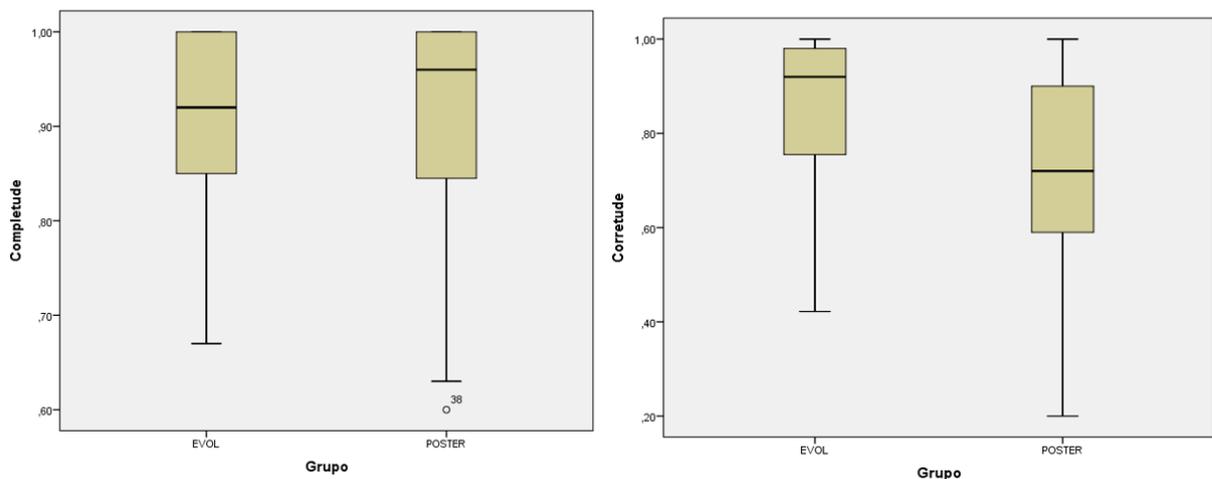
De acordo com a fórmula apresentada, a completude e a corretude de um artefato podem variar de 0 (pior resultado) até 1 (melhor resultado). No final, foi feita a média da completude e corretude de todos os diagramas, por grupos. O resultado pode ser visto na Figura 6.2.



**Figura 6.0.2 – Média da completude e corretude dos modelos, por grupos**

Através da Figura 6.2, é possível observar que a média da completude dos diagramas de ambos os grupos foi igual. Já com relação à corretude, é possível observar que o grupo que utilizou a e-VOL BPMN apresentou a média da corretude acima da média do grupo que

utilizou o Pôster BPMN. Para analisar estatisticamente a corretude e completude dos diagramas foi utilizada a ferramenta SPSS v.23, e  $\alpha = 0.05$ . Com relação à completude, o teste Shapiro Wilk (SHAPIRO, 1965) foi utilizado para verificar se a distribuição dos valores da amostra segue uma distribuição normal. O resultado do teste Shapiro Wilk mostrou que os valores de completude dos diagramas não seguiam uma distribuição normal ( $p$ -value para o Grupo que utilizou a e-VOL = 0,001,  $p$ -value para o Grupo que utilizou o Pôster = 0,000). Assim, foi utilizado o teste de Mann Whitney para analisar a completude dos diagramas dos dois grupos. O resultado do teste de Mann Whitney mostrou que não houve diferença significativa entre os dois grupos para a completude ( $p = 0,952$ ). Com relação a corretude, novamente, o teste Shapiro Wilk foi utilizado para verificar se a distribuição dos valores da amostra segue uma distribuição normal. O resultado do teste Shapiro Wilk mostrou que os valores de corretude dos diagramas não seguiam uma distribuição normal ( $p$ -value para o Grupo que utilizou a e-VOL = 0.000,  $p$ -value para o Grupo que utilizou o Pôster = 0,152). Assim, foi utilizado o teste de Mann Whitney para analisar a corretude dos diagramas dos dois grupos. O resultado do teste de Mann Whitney mostrou que houve diferença significativa entre os dois grupos para a corretude ( $p = 0,009$ ). A seguir, a Figura 5.3 apresenta o gráfico *boxplot* para a completude e corretude dos diagramas.



**Figura 6.0.3 – Gráfico boxplot para completude e corretude dos diagramas evoluídos**

Através do gráfico da Figura 6.3, é possível observar que com relação à completude a mediana do grupo que utilizou a e-VOL BPMN ficou abaixo da mediana do grupo que utilizou o Pôster, contudo, ao analisar a distribuição dos valores, o Pôster teve valores abaixo da distribuição dos valores do grupo que utilizou a e-VOL BPMN, além do participante 38 que se mostrou um *outlier* com o pior resultado dentre os grupos. Contudo, no geral, não há

diferença entre os grupos com relação à completude, conforme já foi explicitado pelo resultado do teste estatístico que não apresentou diferença estatística significativa para a completude.

Com relação à corretude dos diagramas evoluídos, ao analisar o gráfico *boxplot* de corretude da Figura 5.3, é possível observar que a mediana da corretude dos diagramas do grupo que utilizou a e-VOL BPMN ficou acima da mediana do grupo que utilizou o Pôster. A distribuição geral dos valores da corretude do grupo que utilizou a e-VOL também ficou acima do grupo que utilizou o Pôster, o que evidencia, juntamente com o resultado do teste estatístico que apresentou diferença estatística, que o grupo que utilizou a e-VOL apresentou modelos evoluídos mais corretos que o grupo que utilizou o Pôster BPMN.

#### B. Percepção de Aprendizagem

Para avaliar a percepção de aprendizagem, baseou-se no conceito de percepção de aprendizagem de acordo com Petri *et al.* (Petri *et al.*, 2018). Com base no trabalho de Petri *et al.*, foi feito o desenvolvimento do Questionário de Percepção de Aprendizagem a partir de uma adaptação da dimensão de percepção de aprendizagem para o contexto de aprendizagem da notação BPMN. Esta métrica foi avaliada através de respostas obtidas por meio de uma escala *Likert* de 5 pontos que vai de “Discordo Totalmente” até “Concordo Fortemente”. As respostas devem ser dadas para as seguintes proposições:

**A1.** A [técnica (e-VOL ou Pôster BPMN, respectivamente)] contribui para a minha aprendizagem da notação.

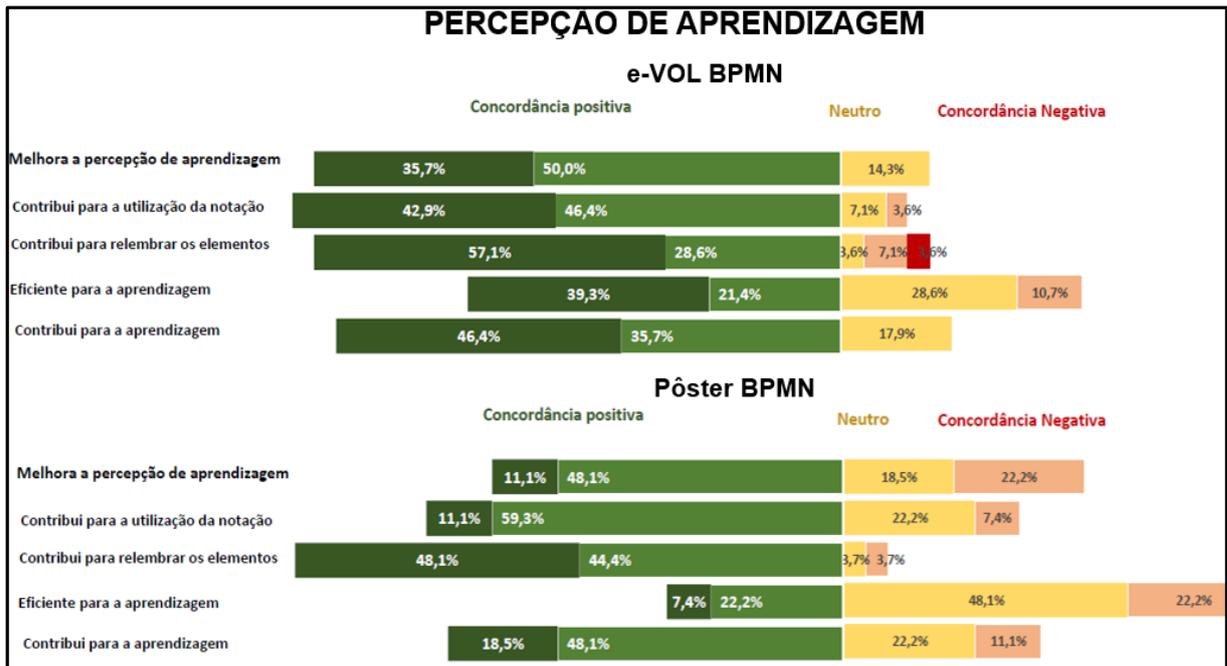
**A2.** A [técnica (e-VOL ou Pôster BPMN, respectivamente)] foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina

**A3.** A [técnica (e-VOL ou Pôster BPMN, respectivamente)] BPMN contribuiu para lembrar sobre a utilização de cada elemento do BPMN.

**A4.** A [técnica (e-VOL ou Pôster BPMN, respectivamente)] contribuiu para que eu utilizasse a notação corretamente

**A5.** A [técnica (e-VOL ou Pôster BPMN, respectivamente)] melhorou minha percepção de aprendizagem (o quanto que eu acho que sei sobre BPMN)

A Figura 6.4 ilustra os resultados para a “Percepção de Aprendizagem” percebida pelos participantes.



**Figura 6.0.4 – Percepção de Aprendizagem**

Os resultados apresentados na Figura 6.4 revelam principalmente percepções positivas mais acentuadas sobre a e-VOL BPMN e poucas percepções negativas, apesar de uma leve percepção acentuadamente negativa ser revelada, o que aponta que houve participantes que julgaram que a técnica não contribui para relembrar os elementos da notação BPMN, mas podemos observar que a percepção fortemente positiva domina. Assim, com relação aos utilizadores da e-VOL BPMN, podemos afirmar que a grande maioria concordou que a e-VOL BPMN contribui para o aprendizado na notação BPMN. Com relação ao Pôster BPMN, foi observado que há uma percepção positiva, mas há uma diminuição na percepção fortemente positiva quando comparado com a e-VOL BPMN. Também é possível observar uma quantidade maior de respostas que tendem à neutralidade em comparação com a e-VOL BPMN, acompanhado de um aumento de percepções negativas.

Como resultado do gráfico de percepção de aprendizagem, podemos notar que os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN apresentaram uma percepção de aprendizagem mais acentuada do que os participantes que utilizaram o Pôster BPMN, apesar de não poder ser descartada uma boa percepção de aprendizagem também com relação à utilização do Poster BPMN.

Ainda com relação à percepção dos estudantes sobre a técnica, avaliamos duas questões no questionário pós-estudo. A primeira pergunta foi a seguinte: “A técnica (e-VOL BPMN ou Pôster BPMN) auxiliou a evolução do diagrama BPMN?”.

As possíveis respostas para esta pergunta eram as seguintes respostas de múltipla escolha: “Sim. Auxiliou.”, “Auxiliou Pouco” e “Não auxiliou”. A Tabela 6.1 apresenta a quantidade de respostas obtidas para cada resposta de múltipla escolha.

**Tabela 6.1 – Quantidade de Respostas para a primeira questão do questionário**

<b>Pergunta</b>	A Técnica auxiliou a evolução do diagrama BPMN?		
<b>Resposta</b>	Sim. Auxiliou.	Auxiliou Pouco	Não auxiliou
<b>Quantidade de Respostas (e-VOL BPMN)</b>	<u>21</u>	7	0
<b>Quantidade de Respostas (Pôster BPMN)</b>	9	<u>13</u>	5

De acordo com a Tabela 6.1, dos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN, 21 marcaram a opção “Sim. Auxiliou.”, 7 marcaram a opção “Auxiliou Pouco” e nenhum participante marcou a opção “Não Auxiliou”. Dos participantes que utilizaram o Pôster BPMN, 9 marcaram a opção “Sim. Auxiliou.”, 13 marcaram a opção “Auxiliou Pouco” e 5 marcaram a opção “Não Auxiliou”. A resposta foi obtida através da opção com a maior quantidade de respostas para cada técnica. Assim foram obtidas as seguintes respostas, apresentadas na Tabela 6.2 para a e-VOL BPMN e Pôster BPMN.

**Tabela 6.2 – Resposta da primeira pergunta do questionário**

<b>Q1: A Técnica auxiliou a evolução de diagramas BPMN?</b>	
<b>e-VOL BPMN</b>	<b>Pôster BPMN</b>
Sim. Auxiliou.	Auxiliou Pouco

A segunda pergunta no questionário pós-estudo foi a seguinte: “Quais pontos positivos e negativos você identificou na Técnica?”. Os resultados desta pergunta estão sintetizados na Tabela 6.3 a seguir:

Tabela 6.3 - Síntese da segunda pergunta do questionário

<b>Q2: Quais pontos positivos e negativos você identificou na Técnica?</b>	
<b>e-VOL BPMN (Pontos Positivos)</b>	<b>Pôster BPMN (Pontos Positivos)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Útil</li> <li>- Ajuda a lembrar os elementos BPMN</li> <li>- Auxilia na aprendizagem da notação BPMN</li> <li>- Sumário que guia diretamente ao elemento desejado</li> <li>- Explica facilmente como utilizar os elementos BPMN</li> <li>- Bem organizada</li> <li>- Clara</li> <li>- Direta</li> <li>- De fácil entendimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auxilia a lembrar os elementos BPMN</li> <li>- Bem resumido</li> <li>- Simples</li> <li>- Direto</li> </ul>
<b>e-VOL BPMN (Pontos Negativos)</b>	<b>Pôster BPMN (Pontos Negativos)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poderia abranger mais cenários</li> <li>- Poderia ter uma breve descrição dos elementos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não possui informações sobre os elementos</li> <li>- Falta de exemplos de utilização da notação</li> </ul>

*C. Avaliação (prova escrita) sobre a notação BPMN*

Para avaliar o nível de aprendizagem dos participantes, foi aplicada uma prova sobre a notação BPMN. A avaliação continha questões de modelagem e também questões de múltipla escolha. A nota máxima da avaliação era 5. A média das notas das avaliações de ambos os grupos pode ser vista na Figura 6.5.

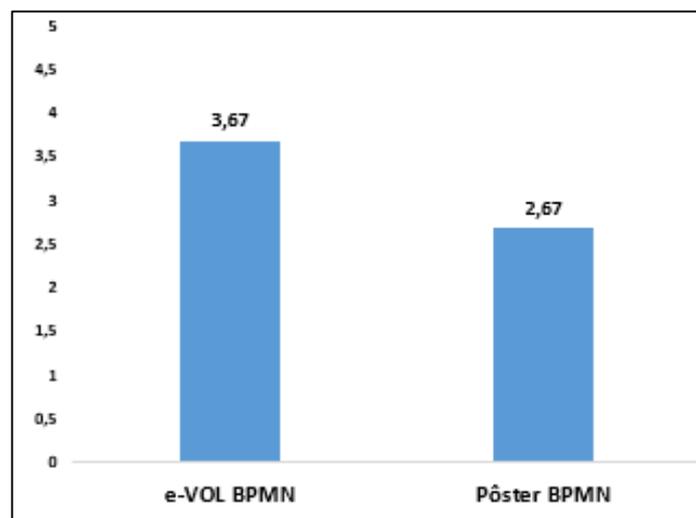
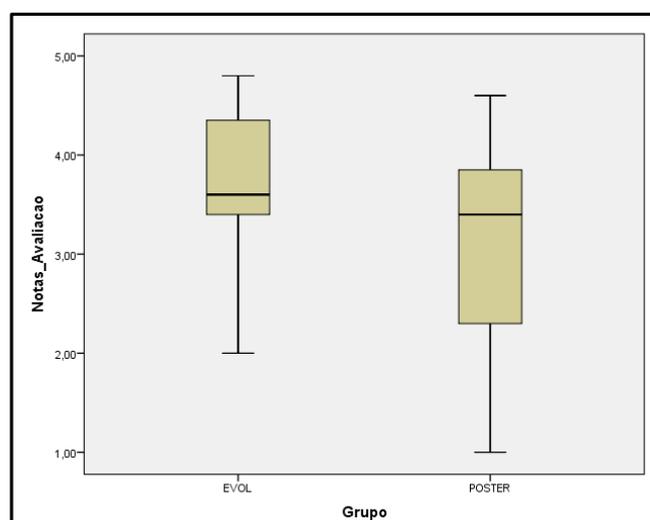


Figura 6.0.5 – Média das notas das avaliações, por grupo

Através da Figura 6.5, é possível observar que o grupo que utilizou a e-VOL BPMN apresentou a média das notas da avaliação acima da média do grupo que utilizou o Pôster BPMN. Para analisar estatisticamente as notas das avaliações de ambos os grupos, foi utilizado o teste Shapiro Wilk para verificar se os valores seguiam uma distribuição normal. O resultado do teste Shapiro Wilk mostrou que os valores das notas das avaliações seguiam uma distribuição normal ( $p$ -value para o Grupo que utilizou a e-VOL = 0,121,  $p$ -value para o Grupo que utilizou o Pôster = 0,199). Assim, foi utilizado o teste T-Test para analisar as notas das avaliações dos dois grupos. O resultado do teste T-Test mostrou que houve diferença significativa entre os dois grupos ( $p = 0,03$ ). A seguir, a Figura 6.6 apresenta o gráfico *boxplot* para as notas das avaliações.



**Figura 6.0.6 - Gráfico *boxplot* para as notas das provas escritas**

Como pode ser observado através da Figura 6.6, a distribuição das notas das avaliações do grupo que utilizou a e-VOL BPMN ficou acima do grupo que utilizou o Pôster. Assim, juntamente com o resultado do teste estatístico que foi significativo, a e-VOL BPMN parece ter contribuído mais para o aprendizado em comparação com o Pôster BPMN.

#### *D. Focus Group*

Para executar o Focus Group, duas pesquisadoras conduziram os grupos de participantes para salas separadas, de acordo com o artefato auxiliar utilizado (e-VOL BPMN ou Pôster BPMN). As sessões de Focus Group de ambos os grupos foram filmadas e os áudios gravados para posterior transcrição dos dados. As sessões de Focus Group de ambos os grupos foram conduzidas através das mesmas Perguntas-Guia (disponíveis no Apêndice H).

Conforme as pesquisadoras foram interagindo com os participantes, os mesmos foram expondo suas opiniões sobre os artefatos que utilizaram durante a evolução dos modelos BPMN. Foram obtidos os achados abaixo para a e-VOL BPMN e para o Pôster BPMN. Esses achados foram discutidos entre as pesquisadoras após uma análise das opiniões dos participantes sobre ambos os artefatos.

### 1. Focus Group – Achados para a e-VOL BPMN

Com relação aos achados sobre a e-VOL BPMN, os participantes relataram que tiveram uma **melhoria significativa na percepção de aprendizado da notação**, após o uso da e-VOL BPMN. Relataram também que **gostariam de ter acesso à e-VOL BPMN tanto para utilizar a notação em um ambiente de trabalho, quanto para ensinar a notação**, caso fossem incumbidos de ensinar a notação a alguém. A seguir algumas citações dos participantes sobre a e-VOL BPMN:

*“O diferencial da e-VOL BPMN é que ela explica detalhadamente como usar cada elemento e apresenta os exemplos de uso” – P8*

*“Sem a e-VOL eu não teria conseguido representar muitas funcionalidades no meu diagrama” – P12*

*“Eu só consegui utilizar eventos depois que usei a e-VOL BPMN” – P18*

*“Eu não tinha entendido como utilizar os eventos de timer, mas quando vi explicado na e-VOL BPMN, aí entendi e consegui usar” – P22*

*“Foi fácil utilizar a e-VOL BPMN, facilmente eu encontrei os exemplos que eu queria” – P22*

*“Eu só consegui utilizar a notação BPMN depois que tive acesso à e-VOL BPMN, antes eu estava com muitas dúvidas sobre quando utilizar cada elemento, principalmente eventos e gateways” - P25*

Após a análise dos dados do *Focus Group*, foram enumerados os seguintes achados sobre a e-VOL BPMN:

- Quando não se sabe como utilizar um determinado elemento, a e-VOL auxilia porque ela explica exatamente como utilizá-lo.

- A e-VOL auxilia a utilizar os elementos, considerando a sintaxe da notação.
- A e-VOL é útil porque mostra como utilizar os elementos da notação através de exemplos.
- O diferencial da e-VOL BPMN é a descrição do contexto de utilização do elemento, acompanhado do exemplo de utilização atrelado ao cenário de evolução de modelos.
- É simples utilizar a e-VOL BPMN, a técnica é intuitiva, bem organizada e sucinta.

## 2. Focus Group – Achados para o Pôster BPMN

Com relação aos achados sobre o Pôster BPMN, os participantes relataram que gostariam de ter acesso ao Pôster BPMN para utilizar a notação em um ambiente de trabalho, porém, seria necessário já possuir conhecimento sobre a notação para que o Pôster fosse realmente útil. A seguir algumas citações dos participantes sobre o Pôster BPMN:

*“O Pôster me ajudou a lembrar os elementos, mas algumas vezes eu demorei para achar o elemento que eu queria.” – P37*

*“Eu encontrei os elementos que eu queria utilizar, mas fiquei com algumas dúvidas sobre como utilizar os eventos, que o Pôster não me ajudou a resolver.” – P41*

*“O Pôster deve ser utilizado por alguém que já possui domínio da notação BPMN e precisa em algum momento somente lembrar de algo, ou analisar os elementos sobre os quais a pessoa já possui conhecimento a respeito.” – P45*

*“O Pôster foi útil, me auxiliou a utilizar os elementos da notação.” – P48*

Após a análise dos dados do *Focus Group*, foram enumerados os seguintes achados sobre a e-VOL BPMN:

- O Pôster possui detalhes muito pequenos e devido à grande quantidade de elementos é poluído e confuso de encontrar o que se deseja.
- Os poucos exemplos apresentados no Pôster são muito genéricos e não ajudam a trazer a utilização para o ambiente real.
- Não é possível identificar o contexto de utilização dos elementos.
- O Pôster não auxilia na aprendizagem da notação por uma pessoa que não tem conhecimento sobre a notação BPMN

### E. Dificuldades durante a evolução dos diagramas

Através do questionário pós-estudo aplicado na primeira etapa do experimento – a etapa de evolução, foi feita uma pergunta sobre as principais dificuldades relatadas pelos participantes durante a evolução. A pergunta presente no questionário era: “Quais dificuldades você encontrou durante a evolução do diagrama?” Após a análise das respostas dadas pelos participantes de ambos os grupos, foi obtido o resultado que é mostrado na Tabela 6.4.

**Tabela 6.4 - Dificuldades relatadas pelos participantes durante a evolução dos diagramas**

<b>Dificuldades Relatadas</b>	<b>Número de Citações</b>
- Utilização de eventos	13
- Troca de mensagens entre <i>Pools</i>	9
- Identificar quando usar eventos de mensagem ou tarefas de mensagem	8
- Utilizar gateways corretamente	6

Como pode ser observado na Tabela 6.4, o resultado para essa pergunta foi obtido considerando-se as respostas com maior número de citações. Através da Tabela 6.4, pode-se observar que, no geral, as dificuldades dos participantes concentram-se em dúvidas sobre como usar determinados tipos de elementos da notação.

## 6.5. Discussão

Com relação ao auxílio da e-VOL BPMN quanto à evolução dos diagramas BPMN, os modelos evoluídos foram avaliados quanto à completude e corretude, a comparação estatística da completude não apresentou diferença estatística significativa, portanto, podemos concluir que a e-VOL, apesar de apresentar o contexto de utilização dos elementos, não causou diferença quanto à representação das funcionalidades nos diagramas. Porém, a corretude apresentou diferença estatística significativa na comparação entre os grupos. Isso nos leva a concluir que mesmo que a e-VOL não tenha grande influência na completude do diagrama, as funcionalidades que são representadas nos diagramas, por mantenedores que utilizam a e-

VOL BPMN, são representadas de forma correta. Como resultado auxiliar para a evolução, teve a questão do questionário que foi aplicado na segunda etapa do experimento (**A [e-VOL BPMN] auxilia a evolução de diagramas BPMN?**), que teve como resultado para a e-VOL BPMN: **“Sim. A e-VOL BPMN auxilia a evolução de diagramas BPMN”**. Com isso, é possível entender que:

A e-VOL BPMN auxilia na evolução de diagramas BPMN de forma correta em relação à sintaxe, o que contribui para aprendizagem da notação BPMN.

Considerando-se a falta de técnicas ou ferramentas que auxiliem na evolução e aprendizagem da notação BPMN, este achado pode auxiliar esta lacuna da literatura, que foi evidenciada através do mapeamento sistemático. Este resultado induz à afirmação de que alunos, ou profissionais podem utilizar a e-VOL BPMN para evoluir diagramas de forma mais correta, mesmo quando eles não possuem muito conhecimento sobre a notação BPMN.

Em relação aos métodos utilizados para avaliar a aprendizagem por meio da técnica e-VOL BPMN, foram obtidos os seguintes resultados: o resultado do Questionário de Percepção de Aprendizagem estava com as concordâncias positivas mais acentuadas para e-VOL BPMN. O que indica que os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN estavam mais seguros sobre o seu aprendizado, achavam que sabiam mais sobre a notação BPMN do que as pessoas que utilizaram o Pôster BPMN. A questão do questionário pós-estudo que questionou os participantes sobre os pontos positivos e negativos da técnica e-VOL BPMN e do Pôster BPMN, mostraram resultados favoráveis para a e-VOL BPMN, apresentando mais pontos positivos do que negativos para a e-VOL BPMN em comparação com o Pôster BPMN. Além do mais, os pontos positivos da e-VOL se mostraram de maior valor. Também foi apresentado como resultado para avaliar o aprendizado, as notas das avaliações (prova escrita) sobre a notação BPMN. Com relação a esse quesito, o grupo que utilizou a e-VOL BPMN apresentou uma média das notas maior do que o grupo que utilizou o Pôster e a comparação estatística das notas dos grupos apresentou resultado estatístico significativo. Este resultado serve como um indicativo de que a e-VOL parece ter auxiliado para que os participantes tivessem um maior domínio sobre a notação. Ainda, o resultado do *Focus Group* mostrou opiniões e conclusões muito positivas dos participantes com relação à e-VOL BPMN. Portanto, chegamos à seguinte conclusão com relação à e-VOL BPMN:

Os resultados evidenciam que a e-VOL BPMN auxilia na aprendizagem da notação BPMN por seus utilizadores e tem uma aceitação positiva pelas pessoas que a utilizam.

Com isso, considerando-se o fato de que empresas não se beneficiam totalmente da expressividade da notação BPMN, a e-VOL BPMN auxilia na aprendizagem e utilização dos elementos desta notação BPMN de forma correta por seus utilizadores. Dessa forma, os profissionais que a utilizam podem construir modelos mais corretos e expressivos que podem alavancar o gerenciamento de processos de negócios em empresas.

Com relação à avaliação do Pôster BPMN, podemos afirmar que ele também é um bom artefato de apoio para usuários da notação BPMN. Sua aceitação pelos que a utilizam não foram totalmente negativas. Porém, ele não se mostrou uma boa ferramenta para a aprendizagem da notação e para auxiliar profissionais sem conhecimento da notação BPMN. O uso do Pôster se mostrou mais adequado em ambientes onde profissionais já possuem conhecimento sobre a notação e desejam ter um guia rápido e direto por perto, para relembrar os elementos da notação com uma descrição breve dos elementos.

Durante o experimento, também foram coletadas as principais dificuldades que os participantes tiveram durante a evolução do diagrama BPMN. Os resultados mostraram dificuldades principalmente relacionadas à troca de mensagens entre pools, utilização correta dos tipos de gateways, diferenciação entre eventos de mensagens e atividades de mensagens e a utilização dos tipos de eventos. Esse resultado pode auxiliar treinadores e professores da notação sobre quais pontos devem ser enfatizados em cursos e treinamentos sobre a notação BPMN.

## 6.6. Ameaças à validade

Apesar dos resultados, em todos os estudos experimentais existem ameaças que podem afetar a validade dos resultados, foram analisadas as seguintes ameaças:

**Validade Interna:** As ameaças à validade interna podem ser devidas ao efeito de aprendizagem que os participantes experimentaram entre as sessões. Isso foi atenuado perguntando aos participantes se os mesmos já haviam tido algum tipo de experiência com a utilização da notação BPMN. Os participantes alegaram que não tiveram conhecimento prévio

da notação. Antes da execução do experimento, todos os alunos participaram de um mesmo treinamento sobre BPMN, em duas aulas.

**Validade Externa:** foram consideradas as seguintes questões nos dois experimentos: (1) os participantes foram estudantes de graduação, para equipará-los à profissionais de empresas, apesar de estudantes também serem parte do foco do experimento, devido ao ambiente de aprendizagem, (2) o estudo foi conduzido em um ambiente acadêmico, (3) a validade dos diagramas como artefatos representativos. Em relação à questão 1, sob certas condições, não há grande diferença entre este tipo de alunos e profissionais (Basili *et al.*, 1999; Carver *et al.*, 2003) e eles poderiam, portanto, ser considerados como a próxima geração de profissionais (Kitchenham *et al.*, 2002). Além disso, segundo Carver *et al.* (Carver *et al.*, 2003), os estudantes que não têm experiência na indústria podem ter habilidades semelhantes aos profissionais menos experientes. Em relação à questão 2, a descrição do cenário utilizado era referente a um processo real e também, o estudo procurou apresentar condições similares a manutenções / evoluções que são realizadas na indústria. Neste cenário, normalmente, existe um sistema legado que é utilizado e com o tempo o sistema precisa se adequar às mudanças ocorridas no processo, dessa forma, é necessário realizar a evolução do software e conseqüentemente, dos seus diagramas de projeto. Com relação a questão (3), apesar da descrição da evolução do cenário ser de um processo real, não é possível afirmar que os diagramas referentes a estes cenários representam todos os tipos de diagramas de processos.

**Validade de Constructo:** Para avaliar o experimento com relação à evolução dos diagramas, foram utilizadas as métricas de corretude e completude que são métricas utilizadas para avaliação de diagramas (Marques *et al.*, 2017; Queiroz *et al.*, 2017). Já para avaliar a aprendizagem, foi feita a avaliação das notas de uma prova escrita, que é o meio comum de avaliar a aprendizagem de alunos sobre um determinado assunto. As notas das provas dos grupos avaliados, apresentou diferença estatística significativa. Como complemento para avaliar a aprendizagem, foi feita a adaptação do questionário que avalia o aprendizado de computação através de games (Petri *et al.*, 2017). Apesar da e-VOL BPMN não estar relacionada a games, acredita-se que as questões que avaliam a aprendizagem são úteis para avaliar a aprendizagem em contextos diferentes.

**Validade de Conclusão:** As principais ameaças para a validade de conclusão foram a coleta de dados e a homogeneidade da amostra. Com relação à coleta de dados, foi aplicado o mesmo procedimento para cada grupo de participantes e foi garantido que cada diagrama teve as métricas calculadas aplicando-se a mesma fórmula. Em relação à homogeneidade da

amostra, os participantes são todos estudantes da mesma instituição. Devido a esse fato, há uma limitação nos resultados, que devem ser considerados indicadores e não conclusivos.

## **6.7. Conclusões e Considerações Finais**

Avaliamos a e-VOL BPMN através de um estudo experimental que comparou a e-VOL BPMN com o Pôster BPMN 2.0, que é o artefato de apoio comumente adotado em empresas para apoio à notação BPMN. Os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN apresentaram diagramas mais corretos que os participantes que utilizaram o Pôster BPMN. A percepção de aprendizagem dos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN foi positiva e maior em comparação com a percepção de aprendizagem dos participantes que utilizaram o Pôster BPMN. As notas das avaliações dos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN foram maiores que as notas dos participantes que utilizaram o Pôster BPMN. O resultado do teste estatístico para comparar as notas das provas dos participantes apresentou diferença estatística significativa. As respostas dadas pelos participantes que utilizaram a e-VOL BPMN foram de aceitação positiva para a e-VOL BPMN e os participantes consideraram que ela foi essencial para a utilização correta dos elementos da notação durante a evolução do diagrama, bem como para aprendizagem da notação BPMN.

De posse dos resultados obtidos, podemos afirmar que a e-VOL BPMN auxilia seus usuários na evolução dos diagramas BPMN e na aprendizagem da notação BPMN, bem como na utilização correta dos seus elementos. Desta forma, a e-VOL BPMN pode contribuir dentro de empresas para que os profissionais que estejam responsáveis por criar, modificar ou evoluir diagramas BPMN possam construir diagramas mais corretos e expressivos. Tais diagramas podem auxiliar a comunicação correta do processo dentro da empresa e ainda impulsionar o gerenciamento dos processos de negócios. Com relação à engenharia de software, engenheiros e desenvolvedores de software podem se beneficiar durante a manutenção de software, através de diagramas BPMN atualizados com a versão em uso do software, visto que a e-VOL auxilia na tarefa de evolução de diagramas BPMN. Dessa forma, esses profissionais terão uma maior facilidade para entender o processo de negócios em que o software está inserido.

## CAPÍTULO 7- CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

*Neste capítulo serão apresentadas as conclusões e considerações finais sobre esta dissertação de mestrado e sobre a técnica proposta, a e-VOL BPMN. A e-VOL BPMN é uma técnica projetada para auxiliar profissionais pouco experientes na notação BPMN durante a evolução de modelos BPMN e, também, auxiliar na aprendizagem da notação BPMN.*

### 7.1. Conclusões

Essa dissertação foi guiada pela Questão de Pesquisa “**Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?**”. Para se chegar a essa questão de pesquisa foi feito um mapeamento sistemático da literatura para verificar o que existia na literatura sobre a manutenção de modelos BPMN. Através dos resultados do mapeamento sistemático, foi possível identificar várias lacunas neste campo de pesquisa, como, por exemplo, a falta de tecnologias e estudos experimentais que apoiem a tarefa de modificação da atividade de manutenção. A partir dos resultados obtidos no mapeamento e com o foco de contribuir para o preenchimento dessa lacuna específica, foi proposta uma versão inicial de uma técnica que tem como objetivo auxiliar os mantenedores de modelos BPMN na evolução desses modelos, a técnica e-VOL BPMN.

A versão inicial da e-VOL BPMN foi avaliada através de um experimento controlado. Os resultados mostraram-se satisfatórios, indicando que e-VOL BPMN corresponde bem ao objetivo para o qual foi proposta, mas, foi percebido que algumas melhorias ainda poderiam ser realizadas na técnica. Com isso, a e-VOL BPMN passou por uma fase de melhorias, gerando a segunda versão da e-VOL BPMN.

As melhorias na segunda versão da e-VOL BPMN referem-se ao conteúdo, a estrutura e a forma de apresentação para que ela seja mais fácil de usar e manusear. Também foi adicionado um questionário para auxiliar na compreensão e na correção do modelo que será evoluído. Esta nova versão da e-VOL BPMN foi avaliada através de outro experimento controlado. Nesse segundo experimento controlado, a e-VOL BPMN foi comparada com o Pôster BPMN, para avaliar o apoio de ambos quanto a evolução dos diagramas BPMN. O Pôster BPMN foi escolhido para essa comparação, devido à sua disponibilidade, facilidade de acesso e também por ser normalmente o artefato de apoio à notação BPMN que está

disponível em empresas, conforme foi relatado por dois profissionais da área em entrevistas. Os resultados desse experimento controlado mostraram que a e-VOL BPMN se sobressai ao Pôster BPMN quanto ao apoio à evolução de diagramas BPMN e alcança o objetivo para o qual foi desenvolvida pois auxilia profissionais (engenheiros e desenvolvedores de software) na evolução de modelos BPMN. Considerando-se que a avaliação da e-VOL BPMN foi realizada com alunos dos cursos de Ciência da Computação e Engenharia de Software, estes alunos podem representar esta classe de profissionais, com pouca experiência. Visto que serão a próxima geração desses profissionais. Ainda de posse dos resultados desse experimento controlado, foi verificado que a e-VOL BPMN também apresentava influência sobre a aprendizagem da notação BPMN, visto que os alunos que tiveram acesso ao uso da e-VOL BPMN apresentaram um maior domínio sobre a notação e também através do feedback positivo com relação à aprendizagem, dado por alguns estudantes nas aulas seguintes ao experimento. Com isso, foi realizado um terceiro experimento controlado para avaliar se a e-VOL BPMN proporciona melhorias no aprendizado da notação BPMN.

No terceiro experimento controlado a e-VOL foi novamente comparada com o Pôster BPMN, para avaliar tanto o apoio quanto a evolução dos diagramas, quanto a aprendizagem da notação pelos participantes. Os resultados mostraram que, com relação à evolução dos diagramas, os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN apresentaram modelos mais corretos, com resultados estatísticos significativos. Com relação à aprendizagem da notação, os participantes que utilizaram a e-VOL BPMN obtiveram notas maiores em uma avaliação sobre a notação BPMN e também tiveram uma percepção de aprendizagem maior, em comparação com os participantes que utilizaram o Pôster BPMN. Esses resultados se mostram de grande valia, considerando-se o fato de que as empresas não tem se beneficiado da expressividade do BPMN, devido à falta de conhecimento da notação pelos profissionais responsáveis pela manutenção dos modelos. Assim, a e-VOL BPMN além de auxiliar na evolução de modelos BPMN, contribui para o aprendizado da notação por seus utilizadores.

Como resposta final para a questão de pesquisa dessa dissertação de mestrado, é apresentada a seguinte resposta:

**RQ: Como auxiliar profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, na evolução de modelos BPMN?**

**A e-VOL BPMN fornece apoio à evolução de modelos BPMN por profissionais (engenheiros ou desenvolvedores de software), com pouco conhecimento em BPMN, pois a técnica colabora para a construção de um modelo mais completo e correto, diminui as dificuldades enfrentadas por esses profissionais ao inserir novas funcionalidades em modelos BPMN, além de auxiliar na aprendizagem da notação BPMN por seus utilizadores, sendo portanto, uma resposta para a questão de pesquisa.**

Visto que a e-VOL BPMN auxilia a evolução de diagramas BPMN, é possível avaliar os seus benefícios de uso com relação à engenharia de software. Nesse sentido, engenheiros e desenvolvedores de software podem se beneficiar durante a manutenção de software, através de diagramas BPMN atualizados com a versão em uso do software. Dessa forma, esses profissionais terão uma maior facilidade para entender o processo de negócios em que o software está inserido. Conseqüentemente, isso pode contribuir para manter o ciclo de manutenção dos diagramas BPMN para que os diagramas possam auxiliar em manutenções futuras.

Com o resultado apresentado até aqui, mostra-se que foi alcançado o objetivo principal desta dissertação. Com relação aos objetivos específicos, o aumento da qualidade dos modelos evoluídos pode ser alcançado também com a e-VOL BPMN através de modelos evoluídos mais corretamente. As principais dificuldades encontradas durante a evolução de modelos BPMN também foram disponibilizadas, através dos resultados dos questionários pós-estudo que foram aplicados no decorrer dos experimentos controlados. E por fim, o corpo de conhecimento sobre evidências experimentais em manutenção de modelos BPMN e o conjunto de fatores que influenciam a manutenção de modelos BPMN e que podem impactar na evolução do mesmo, foram alcançados através do mapeamento sistemático que foi apresentado no Capítulo 3. Com isso, finaliza-se com o alcance do objetivo principal e dos objetivos específicos desta dissertação.

## **7.2. Perspectivas Futuras**

Para um aprofundamento na análise da e-VOL BPMN, alguns trabalhos futuros ainda podem ser explorados:

- **Avaliação da técnica no ambiente de modelagem inicial de diagramas BPMN:** uma análise ainda avaa ser explorada sobre a e-VOL BPMN, seria a

análise da e-VOL BPMN quanto ao auxílio na modelagem inicial de diagramas BPMN, já que para a evolução dos diagramas, já foi avaliada a sua influência positiva.

- **Evolução da técnica proposta:** conforme o relato de alguns participantes do segundo experimento controlado, ainda é possível a inclusão de mais cenários de mudança na e-VOL BPMN, o que a faria abranger uma maior quantidade de elementos avançados.
- **Avaliações da técnica na indústria:** um trabalho futuro interessante, seria a avaliação da e-VOL BPMN em um cenário real de evolução dentro da indústria, por profissionais que devem evoluir modelos BPMN na prática, durante a manutenção do software, e avaliar os benefícios de ter os modelos BPMN atualizados.

## REFERÊNCIAS

- AALST, V., W.M.P., 1999. Formalization and verification of event-driven process chains. *Inf. Softw. Technol.* 41, 639–650.
- ALLINSON, C., HAYES, J., 1996. The cognitive style index: a measure of intuition-analysis for organizational research. *J. Manag. Stud.* 33, 119–135.
- ALLINSON, C., HAYES, J., 2012. *The Cognitive Style Index: Technical Manual and User Guide*. Pearson Education Ltd, London.
- AGUILAR, E., RUIZ, F., GARCIA, F., PIATTINI, M., 2006. “Evaluating Measures for Business Process Models”. *Proceedings of the 2006 ACM symposium on applied computing*, pp. 1567 – 1568.
- BASILI, V. R., & ROMBACH, H. D., 1988. The TAME project: Towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on software engineering*, 14(6), 758-773.
- BASILI, V. R., SHULL, F., LANUBILE, F., 1999. “Building knowledge through families of experiments”. In *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 25, pp. 456-473
- BEVAN, N., 1995. Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal*, v. 4, p. 115-150.
- BENNET, K., RAJLICH V., 2000. Software Maintenance and Evolution: a Roadmap, *Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering*, pp, 73-87.
- BHATT, P., SHROFF, G., MISRA, A.K., 2004. Dynamics of software maintenance, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v. 29, n. 5 (September), p. 1-5.
- BOCCO, M., MOODY, D., PIATTINI, M., 2005. “Assessing the capability of internal metrics as early indicators of maintenance effort through experimentation”, *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, pp. 225-245.
- BRERETON, P., KITCHENHAM, B., BUDGEN, D., TURNER, M., KHALIL, M., 2007. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain, *Journal of Systems and Software* 80 571–583.
- BUDGEN, D., BURN, A., BRERETON, P., KITCHENHAM, B., PRETORIUS, R., 2010. Empirical evidence about the UML: a systematic literature review, *Software: Practice and Experience*.
- BURLTON, R., 2004. *Effective Business Change Through Process Management: Strategies and Architectures for Integrated Change*. Process Renewal.
- CARVER, J., JACCHERI, L., MORASCA, S., SHULL, F., 2003. “Issues in Using Students in Empirical Studies in Software Engineering Education”. In *Proceedings of the 9th International Symposium on Software Metrics*, Sydney, Australia, 2003, pp. 239-249.
- COHEN, J., 1960. A coefficient of agreement of nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, v. 20, p.37-46.
- CRUZ, E., MACHADO R., SANTOS M., 2015. Bridging the Gap between a set of interrelated Business Process Models and Software Models, *17th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2015)*, pp.338 – 345.
- CUI, X., 2017. “An Approach Implementing Template-Based Process Development on BPMN”, *IEEE/ACIS 16th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, Wuhan, pp. 239-244.
- DAVENPORT, T., 2000 “Mission critical: realizing the promise of enterprise systems”. 1a. ed., Boston, Harvard Business School Press.
- DAVIS F., 1989. “Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology”. In *MIS Quarterly*, v. 13, n.3, pp. 319 – 339.
- DE SOUZA, C., CERQUEIRA, R., AFONSO, L., MELLO, R., FERREIRA, J., 2016. *Software Developers as Users: Semiotic Investigations in Human-Centered Software*

- Development. In Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-42831-4.
- DZIDEK, W., ARISHOLM E., BRIAND, L., 2008. A Realistic Empirical Evaluation of the Costs and Benefits of UML in Software Maintenance, in *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 34, no. 3, pp. 407-432.
- EICHELBERGER, H., SCHMID, K., 2009. Guidelines on the aesthetic quality of UML class diagrams. *Inf. Softw. Technol.* 51, 12 (December 2009), 1686-1698. DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2009.04.008>.
- ESPINDOLA, R., MAJDENBAUM, A., AUDY, J., 2004. Uma Análise Crítica dos Desafios para Engenharia de Requisitos em Manutenção de Software. In: VII Workshop on Requirements Engineering, 2004, Tandil, Argentina.
- FERNANDEZ, A., ABRAHÃO, S., INSFRAN, E., MATERA, M., 2012. "Further analysis on the validation of a usability inspection method for model-driven web development", International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2012), pp. 153-156.
- FERNANDEZ, A., INSFRAN, E., ABRAHÃO, S., 2011. Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Journal of Information and Software Technology*, v. 53, n. 8, p. 789-817.
- FERNÁNDEZ-SÁEZ, A., GENERO, M., CHAUDRON, M., 2013. Empirical studies concerning the maintenance of UML diagrams and their use in the maintenance of code: A systematic mapping study, *Information and Software Technology* 55, pp. 1119-1142.
- FERREIRA J., DE SOUZA C., CERQUEIRA R., 2015. Why and how to investigate interaction design of software development tools, *Journal on Interactive Systems*, vol. 6 (1), pp. 48-65.
- FIGUEIREDO, S., ROCHA, A.R., SANTOS, G., MONTONI, M. E NATALI, A.C., 2005. Apoio à Manutenção de Software através de Design Rationale em Ambientes de Manutenção de Software Tabá”, II Workshop de Manutenção de Software Moderna (WMSWM -05), Manaus, Brasil.
- FORWARD, A., BADREDDIN O., 2015. Perceptions of Software Modeling: A Survey of Software Practitioners, in: 5th Workshop From Code Centric to Model Centric: Evaluating the Effectiveness of MDD (C2M: EEMDD), Paris, France, 2010.
- FORWARD, A., LETHBRIDGE, T., BRESTOVANSKY, D., 2009. "Improving program comprehension by enhancing program constructs: An analysis of the Umple language," 2009 IEEE 17th International Conference on Program Comprehension, Vancouver, BC, pp. 311-312. DOI: 10.1109/ICPC.2009.5090073.
- GENERO M., CRUZ-LEMUS J.A., CAIVANO D., ABRAHÃO S., INSFRAN E., CARSI J.A., 2008. Assessing the Influence of Stereotypes on the Comprehension of UML Sequence Diagrams: A Controlled Experiment. In: Czarnecki K., Ober I., Bruel JM., Uhl A., Völter M. (eds) *Model Driven Engineering Languages and Systems. MODELS 2008. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5301. Springer, Berlin, Heidelberg.
- GONZÁLEZ, DE LA V., SANCHEZ, J., 2007. "Business process-driven requirements engineering: a goal-based approach", in *Proceedings of the 8th Workshop on Business Process Modeling*, Trondheim, Norway.
- HAIJACKL, C., SOFFER, P., LIM, S.Y. et al., 2018. *Softw Syst Model* 17: 655. <https://doi.org/10.1007/s10270-016-0563-8>
- HEVNER, A. R., 2007. A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, 19(2), 4.
- HEVNER, A. and CHATTERJEE, S., 2010. *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*. In *Integrated Series in Information Systems*, v. 22. Springer.

- HIRSCH, J. E., 2005. An index to quantify an individual's scientific research output. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS, v. 102, n. 46, p. 16.569-16.572.
- IEEE, 1998. Std 1219 – IEEE Standard for Software Maintenance, Institute of Electrical and Eletronic Engineers, New York, NY, USA.
- IENDRIKE, H. ARAÚJO, R. M. de., 2007. “Projeto de Processos de Negócios visando à automação em BPMS”. In: I WBPM - *Brazilian Workshop on Business Process Management*, Gramado, RS, 2007.
- JOŠT, G., HERIČKO, M. & POLANČIČ, G., 2017. *Softw Syst Model* (2017). <https://doi.org/10.1007/s10270-017-0618-5>
- KHLIF, W., BEN-ABDALLAH, H., 2015. “Integrating semantics and structural information for BPMN model refactoring”, IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS), pp. 656-660.
- KING, W., AND HE J., 2006. A meta-analysis of the technology acceptance model. *Inf Process Manag* 43, 6: 740-755.
- KITCHENHAM, B. e CHARTES, S., 2007. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. EBSE Technical Report – EBSE 2007, Durham.
- KITCHENHAM, B. A., PFLEEGER, S., HOAGLIN, D. C., EL EMAM, K., ROSENBERG, J., 2002. “Preliminary guidelines for empirical research in software engineering”. In IEEE Transactions on Software Engineering, 2002, v. 28 (8), pp. 721–734.
- LANDIS, J. R. e KOCH, G.G., 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, v. 33, p. 159.
- LANGE, C. F. J., WIJNS, M. A. M., & CHAUDRON, M. R. V. (2007). Supporting task-oriented modeling using interactive UML views. *Journal of Visual Languages and Computing*, 18(4), 399–419
- LEHMAN, M., 1996. Laws of Software Evolution Revisited. In: 5<sup>th</sup> European Workshop on Software Process Technology, Nancy, France, October.
- LOPES A., CAMPOS U., CONTE T., DE SOUZA, C., 2018. ComD2: Family of Techniques for Inspecting Defects in Models that Affect Team Communication. In Proceedings of the 30th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE '18). San Francisco Bay, California, USA.
- LÜBKE D., SCHNEIDER K., and WEIDLICH M., 2008. Visualizing Use Case Sets as BPMN Processes. *Requirements Engineering Visualization, REV '08*.
- MANN, H., WHITNEY, D., 1947. “On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other”. In *Annals of Mathematical Statistics*, v. 18, pp. 50-60.
- MANSO, P., M. E., Cruz-Lemus, J. A., Genero, M., & Piattini, M. (2009). Empirical validation of measures for UML class diagrams: A meta-analysis study. In the Proceedings of the International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS'09) (LNCS 5421 pp. 303–313).
- MARTINEZ, A. CASTRO, J. PASTOR, O. ESTRADA, H., 2003. “Closing the gap between Organizational Modeling and Information System Modeling”. In: *Anais do WER - Workshop de Engenharia de Requisitos*, Piracicaba, São Paulo-SP, 2003, pp. 93-108.
- MARQUES, A.B., BARBOSA S.D.J., CONTE T., 2017. Defining a notation for usability oriented interaction and navigation modeling for interactive systems. *SBC Journal on interactive systems* 8(2):35 – 49.
- MELLO, R., TEIXEIRA, E., SCHOTS M., WERNER C., TRAVASSOS, G., 2014. Verification of software product line artefacts: a checklist to support feature model inspections, *Journal of Universal Computer Science*, vol. 20(5), pp. 720-745.

- MEHO, L. I., & ROGERS, Y., 2008. Citation counting, citation ranking, and h-index of human-computer interaction researchers: a comparison of Scopus and Web of Science. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 59(11), 1711-1726.
- NAKAMURA, W. T., DE OLIVEIRA, E. H. T., CONTE, T., 2017. Usability and User Experience evaluation of Learning Management Systems: A systematic map-ping study. In *Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*, 10(1), 97-108.
- NEUBAUER M., STARY C., 2011. Situatedness - The Amalgam of Agile (S-)BPM. In: Schmidt W. (eds) *S-BPM ONE - Learning by Doing - Doing by Learning*. S-BPM ONE 2011. *Communications in Computer and Information Science*, vol 213. Springer, Berlin, Heidelberg
- NUGROHO, A. (2009). Level of detail in UML models and its impact on model comprehension: A controlled experiment. *Information and Software Technology*, 51(12), 1670–1685.
- OMG, 2014. Business Process Model and Notation (BPMN). Documents Associated with BPMN 2.0.2, Object Management Group. <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2>>
- OMG, 2015. The Unified Modeling Language. Documents Associated with UML Version 2.5, Object Management Group. <<http://www.omg.org/spec/UML/2.5>>
- PADUELLI, M.M., SANCHES, R., 2006. Problemas em Manutenção de Software: Caracterização e Evolução, In: *Anais do III Workshop de Manutenção de Software Moderna, V Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, Vila Velha, Brasil, pp. 1-13, Junho.
- PERSON, J.L., 1981. *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*. Prentice Hall, Englewood.
- PETRI G, CHRISTIANE GRESSE VON WANGENHEIM Y ADRIANO F. BORGATTO. MEEGA+, 2018. Systematic Model to Evaluate Educational Games. En: Newton Lee (eds) *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Springer, Cham.
- PFLEEGER, S. L., 2002. What software engineering can learn from soccer. *IEEE Software*, 19(6): 64-65, nov-dec.
- PIMENTEL, M., FILIPPO, D., SANTORO, F., 2019. Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In: JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA, Sean; BITTENCOURT, Ig. (Org.) *Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Concepção da Pesquisa*. Porto Alegre: SBC, 2019. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1) Disponível em: <<http://metodologia.ceie-br.org/livro-1/>>.
- POLO, M., PIATTINI, M., RUIZ, F., CALERO, C., 1999. Roles in the maintenance process, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v. 24, n. 4 (July), p. 84-86.
- QUEIROZ, R., MARQUES A. B., LOPES A., OLIVEIRA E., CONTE T., 2018. Evaluating Usability of IFML Models: How Usability is Perceived and Propagated. In *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2018)*. ACM, New York, NY, USA, Article 21, 10 pages.
- RECKER, J., DREILING, A., 2011. "The Effects of Content Presentation Format and User Characteristics on Novice Developers' Understanding of Process Models," *Communications of the Association for Information Systems: Vol. 28 Article 6*. Available at: <http://aisel.aisnet.org/cais/vol28/iss1/6>.
- REGGIO, G., LEOTTA, M., RICCA, F., CLERISSI, D., 2014. "What Are the Used Activity Diagram Constructs? A Survey", 2nd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD), pp. 87-98.

- RALPH, P., CHIASSON, M., KELLEY, H., 2016. Social theory for software engineering research, Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE '16), pp. 44-55.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ L., RUIZ, F., GARCÍA F., CARDOSO, J., 2011. Towards thresholds of control flow complexity measures for BPMN models. In Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing (SAC). ACM, New York, NY, USA, 1445-1450. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1982185.1982496>.
- SHAPIRO, M. WILK. 1965. "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)". In *Biometrika*, v.52, pp. 591-611.
- SHISHKOV, B., XIE, Z., LIU, K., AND DIETZ, J. L., 2002. Using norm analysis to derive use cases from business processes. In Proceedings of the 5th Workshop on Organizational Semiotics.
- SIMON, HEBERT A., 1996. *The Sciences of the Artificial*. 3. ed. Cambridge, MA: MIT Press.
- SNEED H. M., BROSSLER P., 2003. Critical success factors in software maintenance: a case study, *International Conference on Software Maintenance, 2003. ICSM 2003. Proceedings*. pp. 190-198.
- SOMMER, M., ZEITLICHE DARSTELLUNG, 2012. Modellierung von Prozessen mithilfe von Gantt-Diagrammen. Bachelors Thesis, Ulm University (2012)
- SOMMERVILLE, I., 2011. "Engenharia de Software", 9.ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- SOUZA, S., NEVES, W., ANQUETIL, N., OLIVEIRA, K., 2004. Documentação Essencial para Manutenção de Software II. I Workshop de Manutenção de Software Moderna (WMSWM), Brasília, Brasil.
- TURETKEN O., ROMPEN T., VANDERFEESTEN I., DIKICI A., VAN MOLL J., 2016. The Effect of Modularity Representation and Presentation Medium on the Understandability of Business Process Models in BPMN. In: La Rosa M., Loos P., Pastor O. (eds) *Business Process Management. BPM 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9850. Springer, Cham.
- VOJISLAV, B., LEON, J., 2000. "Evaluating the Quality of Reference Models", *International Conference on Conceptual Modeling - ER*, pp. 484-498.
- WEITLANER D., GUETTINGER A., KOHLBACHER M., 2013. Intuitive Comprehensibility of Process Models. In: Fischer H., Schneeberger J. (eds) *S-BPM ONE - Running Processes. S-BPM ONE 2013. Communications in Computer and Information Science*, vol 360. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 52-71.
- WIERINGA, R., 2014. *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- WIERINGA, R. (2009). Design science as nested problem solving. In Proceedings of the 4th international conference on design science research in information systems and technology (p. 8). ACM.
- WOHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., OHLSSON, M. C., REGNELL, B., & WESSLÉN, A., 2012. *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- WONG, K., TILLEY, S. R., MULLER, H. A., STOREY, M. A. D., 1995. Structural Redocumentation: A Case Study, *IEEE Software*, p. 46-54, Jan.
- YAHYA, F., BOUKADI, K., BEN-ABDALLAH, H. AND MAAMAR, Z., 2017. A Fuzzy Logic-based Approach for Assessing the Quality of Business Process Models., 12th International Conference on Software Technologies (ICSOF), Madrid, Spain, pp. 61-72.

## APÊNDICE A- FORMULÁRIO DE EXTRAÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

*Este apêndice apresenta o formulário para extração dos dados dos artigos selecionados no Mapeamento Sistemático da Literatura.*

ID:	Código	TÍTULO DA PUBLICAÇÃO	
<b>Autores:</b>			
<b>Fonte:</b>			
<b>Tipo de Publicação</b>	<input type="checkbox"/> Conferência <input type="checkbox"/> Workshop <input type="checkbox"/> Journal		
<b>Ano</b>			
<b>Objetivo do artigo:</b>			
<b>ESTADO DA ARTE</b>			
(SQ1 - Qual é o estado da arte em estudos experimentais sobre a manutenção de diagramas BPMN?)			
<b>Método Experimental:</b>	<input type="checkbox"/> Experimento Controlado <input type="checkbox"/> Estudo de Caso <input type="checkbox"/> Survey <input type="checkbox"/> Ação Pesquisa		
<b>Objetivo do Experimento:</b>			
<b>Contexto:</b>	<input type="checkbox"/> Indústria <input type="checkbox"/> Laboratório		
<b>Tipos de participantes:</b>	<input type="checkbox"/> Estudantes <input type="checkbox"/> Profissionais <input type="checkbox"/> Profissionais Acadêmicos		
<b>Quantidade de Participantes:</b>			
<b>Objeto foco da manutenção</b>	<input type="checkbox"/> Diagrama BPMN <input type="checkbox"/> Software / Código-fonte <input type="checkbox"/> Ambos		
<b>Tipo de Sistema:</b>	<input type="checkbox"/> Real <input type="checkbox"/> Fictício <input type="checkbox"/> Não especificado		
<b>Tratamentos</b>			
<b>Origem dos diagramas:</b>	<input type="checkbox"/> Processo de Desenvolvimento <input type="checkbox"/> Engenharia Reversa		
<b>VARIÁVEL DEPENDENTE</b>			
(SQ2 - Quais variáveis dependentes são investigadas nos estudos experimentais?)			
<b>ID experimento</b>	<b>Variável Dependente</b>	<b>Medida Utilizada</b>	
<b>FATORES</b>			
(SQ3 - Qual dos fatores encontrados influencia a capacidade de manutenção de um software - código fonte ou diagrama?)			
<b>Resultados obtidos</b>			
<b>TÉCNOLOGIAS</b>			
(SQ4 - Quais tecnologias apoiam a manutenção de modelos BPMN?)			
<b>O artigo apresenta alguma Tecnologia? Se sim, qual?</b>			

## APÊNDICE B- LISTA DE ARTIGOS SELECIONADOS NO 2º FILTRO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

*Este apêndice apresenta a relação de artigos que foram selecionados no 2º filtro do Mapeamento Sistemático da Literatura.*

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<b>P1</b>	<i>A Fuzzy Logic-based Approach for Assessing the Quality of Business Process Models</i>	Fadwa Yahya, Khouloud Boukadi, Hanene Ben Abdallah and Zakaria Maamar
<b>P2</b>	<i>The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in BPMN</i>	Turetken, O. and Rompen, T. and Vanderfeesten, I. and Dikici, A. and Van Moll, J.
<b>P3</b>	<i>Prediction Models for BPMN Usability and Maintainability</i>	Elvira Rolón, Laura Sánchez, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini, Danilo Caivano, Giuseppe Visaggio
<b>P4</b>	<i>An Experiment on Process Model Understandability Using Textual Work Instructions and BPMN Models</i>	Raphael de A. Rodrigues, Márcio de O. Barros, Kate Revoredo
<b>P5</b>	<i>Does cognitive overload matter in understanding bpmn models?</i>	Bera, P.
<b>P6</b>	<i>Cognitive Style and Business Process Model Understanding</i>	Oktay Turetken, Irene Vanderfeesten, and Jan Claes
<b>P7</b>	<i>Analysis and Validation of Control-Flow Complexity Measures with BPMN Process Models</i>	Elvira Rolón, Jorge Cardoso, Félix García, Francisco Ruiz, and Mario Piattini
<b>P8</b>	<i>EVALUATION OF BPMN MODELS QUALITY - A Family of Experiments</i>	Elvira Rolón, Jorge Cardoso, Félix García, Francisco Ruiz, and Mario Piattini
<b>P9</b>	<i>Towards thresholds of control flow complexity measures for BPMN models</i>	Sanchez-Gonzalez, L. and Ruiz, F. and Garcia, F. and Cardoso, J.
<b>P10</b>	<i>An Empirical Review of the Connection Between Model Viewer Characteristics and the Comprehension of Conceptual Process Models</i>	Jan Mendling · Jan Recker · Hajo A. Reijers · Henrik Leopold
<b>P11</b>	<i>How do humans inspect BPMN models: an exploratory study</i>	Cornelia Haisjackl · Pnina Soffer · Shao Yi Lim · Barbara Weber

---

<b>P12</b>	<i>The Effects of Content Presentation Format and User Characteristics on Novice Developers' Understanding of Process Models</i>	Jan Recker, Alexander Dreiling
<b>P13</b>	<i>Subject-Oriented Plural Method meets BPMN: A Case Study</i>	Van Den Hurk, H. and Turetken, O. and Van Moll, J.
<b>P14</b>	<i>Theoretical foundations and implementation of business process diagrams' complexity management technique based on highlights</i>	Gregor Jošt · Marjan Herick · Gregor Polancic
<b>P15</b>	<i>Identifying Quality Issues in BPMN Models: An Exploratory Study</i>	Cornelia Haisjackl, Jakob Pinggera, Pnina Soffer, Stefan Zugal, Shao Yi Lim, and Barbara Weber
<b>P16</b>	<i>Eye Tracking Experiments on Process Model Comprehension: Lessons Learned</i>	Michael Zimoch, Rüdiger Pryss, Johannes Schobel, and Manfred Reichert
<b>P17</b>	<i>Intuitive Comprehensibility of Process Models</i>	Doris Weitlaner, Annemarie Guettinger, and Markus Kohlbacher
<b>P18</b>	<i>Does Experience Matter? Factors Affecting the Understandability of the Business Process Modelling Notation</i>	Renata Gabryelczyka, Arkadiusz Jurczukb,*

---

## APÊNDICE C- GLOSSÁRIO COM AS FÓRMULAS DAS MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO

*Este apêndice apresenta um glossário com as métricas utilizadas para calcular as variáveis dependentes dos artigos selecionados no Mapeamento Sistemático da Literatura.*

<b>GLOSSÁRIO</b>		
<b>Métrica</b>	<b>Artigo: Como o autor nomeia</b>	<b>Fórmula</b>
<b><i>F-Measure</i></b>	P1	$\text{Precision} = \frac{\text{CorrectEntitiesFound}}{\text{TotalEntitiesFound}}$ $\text{Recall} = \frac{\text{CorrectEntitiesFound}}{\text{TotalCorrectEntities}}$ $\text{F-measure} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$
<b><i>GlobalErrorRate</i></b>	P1	$\text{GlobalErrorRate} = 1 - \frac{\text{CorrectEntitiesFound}}{\text{TotalEntities}}$
<b>Acurácia</b>	P2: Eficácia P4: Quantidade Respostas Corretas P6: Eficácia P12: Pontuação dos Testes P16: Quantidade de Respostas Corretas P17: Quantidade de Respostas Corretas	Quantidade de Respostas Corretas
<b>Eficiência</b>	P2, P3, P7, P8, P9, P10	Pontuação do Teste / Tempo gasto para respostas corretas
<b>Compreensão Percebida</b>	P2, P9	Medida subjetiva obtida através da resposta dos participantes de um questionário sobre compreensão em escala Likert. P2: Escala Likert de 7 pontos. P9: Escala Likert de 5 pontos.
<b>Complexidade Percebida</b>	P3: Avaliação Subjetiva, P7, P8: Avaliação Subjetiva	Medida subjetiva obtida através da resposta dos participantes de um questionário sobre complexidade em escala Likert. P3: Escala não especificada P7: Escala Likert de 5 pontos

		<p>Very <input type="checkbox"/> Rather <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Rather <input type="checkbox"/> Very <input type="checkbox"/>  Simple <input type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Complex <input type="checkbox"/> Complex <input type="checkbox"/></p> <p>P8: Escala Likert de 5 pontos</p>
<b>Tempo</b>	P5, P12	Tempo para responder as tarefas de compreensão
<b>Compleitude</b>	P13	Compleitude do modelo em associação com a completude percebida avaliada pelo TAM.
<b>Complexidade</b>	P14	Métricas de Complexidade
<b>Detecção de Erros</b>	P15	% de erros encontrados

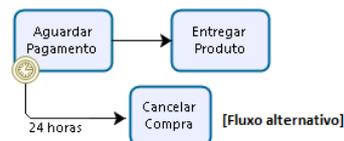
## APÊNDICE D - VERSÃO INICIAL DA E-VOL BPMN

*Este apêndice apresenta a versão inicial completa da e-VOL BPMN.*

### e-VOL BPMN – VERSÃO INICIAL

A partir do cenário da modelagem do processo de negócio, sublinhe as mudanças no cenário.

3. Para as atividades que já estão no modelo, a partir do novo cenário, faça:
  - A. Se for uma atividade manual que passou a ser realizada por um ator via sistema, insira o símbolo de usuário na atividade. [Atividade Usuário]
  - B. Se a atividade agora possui um tempo máximo de espera para ser realizada e caso esse tempo máximo seja alcançado, então o fluxo alternativo deve ser seguido. Assim, crie um evento de timer e coloque-o anexado à atividade; crie também um fluxo de sequência saindo deste evento de timer e as atividades deste fluxo alternativo.



**Figura 7.1 - Tarefa “Aguardar Pagamento” com evento de timer anexado.**

- i. Se este fluxo alternativo encerrar o processo, insira um evento de fim após a atividade. Lembre-se: Pode haver mais um evento de fim por processo!
  - C. Se for uma atividade realizada via sistema que precisava ser inicializada por um usuário e agora ocorre automaticamente, insira o símbolo de serviço da atividade. [Atividade de serviço]
  - D. Se a atividade já existia e mudou de nome, ou foi substituída por outra atividade, apenas renomeie a atividade.
    - a. Se esta atividade, que foi renomeada ou substituída, envolve uma decisão em que um caminho ou outro devem ser seguidos, então crie um gateway exclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
    - b. Se esta atividade, que foi renomeada ou substituída, envolve uma decisão em que diferentes caminhos podem ser seguidos, então crie um gateway inclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.

Se esta atividade, que foi renomeada ou substituída, envolve uma decisão em que diferentes caminhos devem ser seguidos obrigatoriamente, então crie um gateway paralelo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.

4. Para as novas atividades a partir do novo cenário, que não estão no modelo, faça:
  - B. Se o ator que realiza a atividade não está representado no diagrama:

- i. Então, crie uma nova Lane.
- ii. Dê nome a esta nova Lane de acordo com o cargo ou função do ator que a executa.
- iii. Crie a nova atividade na respectiva Lane.
- iv. Identifique a atividade ou evento que ocorre antes e depois da atividade criada e conecte-os através de fluxos de sequência [fluxo de sequência].
  - a. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que um caminho ou outro devem ser seguidos, então crie um gateway exclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - b. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que diferentes caminhos podem ser seguidos, então crie um gateway inclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - c. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que diferentes caminhos devem ser seguidos obrigatoriamente, então crie um gateway paralelo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - d. Se você considera que esta atividade que foi criada é composta por outras tarefas, então adicione o símbolo de subprocesso à tarefa.
  - e. Se esta tarefa criada encerrar o processo, coloque um evento de fim após a atividade. Lembre-se: Pode haver mais um evento de fim por processo!
- v. Vá para “[Considerações para atividades criadas]”.

C. Se o ator que realiza a atividade já está representado no diagrama:

- i. Então, crie a nova atividade na Lane correspondente ao ator.
- ii. Identifique a atividade ou evento que ocorre antes da atividade criada.
- iii. Identifique a atividade ou evento que ocorre depois da atividade criada
- iv. Conecte-os através de fluxos de sequência.
  - a. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que um caminho ou outro devem ser seguidos, então crie um gateway exclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - b. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que diferentes caminhos podem ser seguidos, então crie um gateway inclusivo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - c. Se esta atividade que foi criada, envolve uma decisão em que diferentes caminhos devem ser seguidos obrigatoriamente, então, crie um gateway paralelo após a atividade. Vá para “[Passos para gateways criados]”.
  - d. Se você considera que esta atividade que foi criada é composta por outras tarefas, então adicione o símbolo de subprocesso à tarefa.

- e. Se esta tarefa criada encerrar o processo, coloque um evento de fim após a atividade. Lembre-se: Pode haver mais um evento de fim por processo!
  - v. Vá para “[**Considerações para atividades criadas**]”.
5. Se você identificar que um processo não está representado no diagrama, crie uma nova Pool e dê o nome deste novo processo para esta Pool.
  6. Se você identificar que um novo ator, cargo ou papel não está representado no diagrama.
    - i. Identifique a Pool a que essa Lane pertence.
    - ii. Crie uma nova Lane.
    - iii. Dê o nome a essa nova Lane.
  7. Se você verificar que uma sequência de atividades de diferentes Lanes (atores) ocorre em paralelo, insira um gateway paralelo e conecte as tarefas iniciais de cada Lane ao gateway.

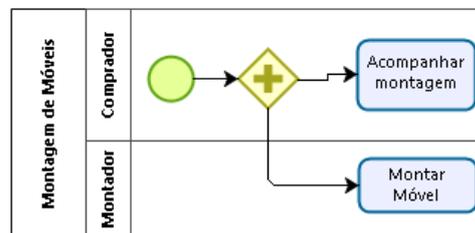


Figura 7.2 - Atividades paralelas em diferentes Lanes

8. Se você identificar que uma determinada Lane ou atividade recebe o resultado de apenas um dos caminhos de um gateway, insira um gateway exclusivo para fazer a junção dos caminhos.

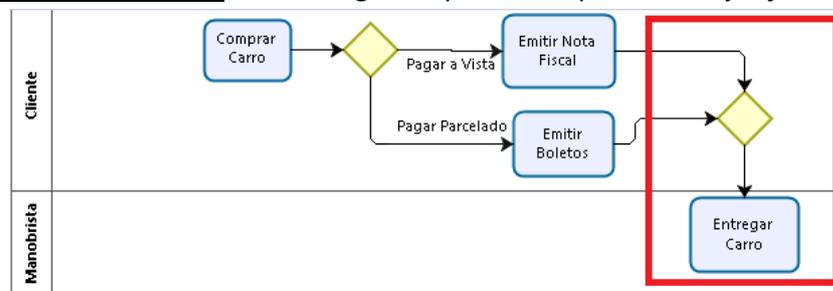


Figura 7.3- Junção de Atividades com gateway exclusivo

9. Se você identificar que uma determinada atividade só ocorre obrigatoriamente após a execução de duas ou mais tarefas ou eventos, crie um gateway paralelo para fazer a junção das tarefas ou eventos.

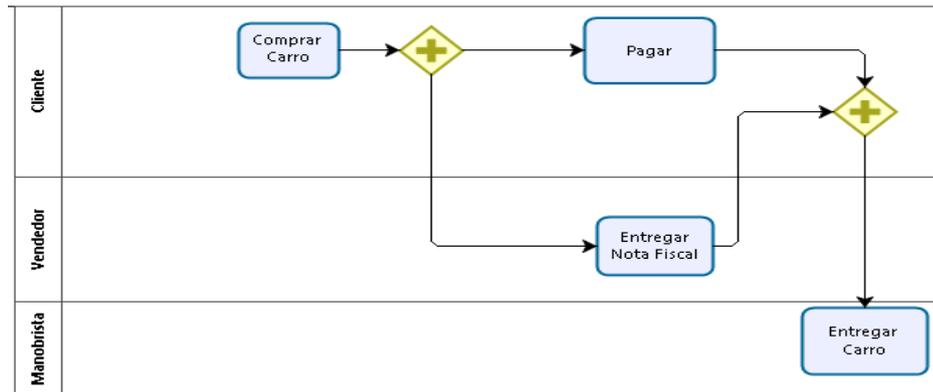


Figura 7.4 - Junção de gateway paralelo

10. Se você identificar que o processo de um novo ator (Lane) inicia após o recebimento de autorização, documento, notificação. Crie um evento inicial ou intermediário (Ex.: Compra realizada, autorização recebida).

#### [Passos para gateways criados]

- Se uma das saídas deste gateway levar a uma atividade ou sequência de atividades que já existia anteriormente, então ligue esta saída do gateway à primeira atividade da sequência, ou à atividade que já existia anteriormente.
- Se uma das saídas deste gateway levar a uma atividade ou sequência de atividades que ainda não existe no diagrama:
  - a. Se essa nova sequência de atividades for realizada por um ator que já existe, então crie a atividade ou sequência de atividades na Lane correspondente ao ator e conecte a saída do gateway à nova atividade ou à primeira atividade da sequência.
  - b. Se essa nova atividade ou sequência de atividades for realizada por um ator que não existe no diagrama.
    - i. Então, crie uma nova Lane
    - ii. Dê nome a esta nova Lane de acordo com o cargo ou função do ator que a executa.
    - iii. Crie a atividade ou sequência de atividades na Lane correspondente ao ator.
    - iv. Conecte a saída do gateway à nova atividade ou à primeira atividade da sequência.

#### [Considerações para as atividades criadas]

- Se a atividade for realizada por um usuário, utilizando o sistema, coloque o símbolo de usuário na atividade. [Atividade usuário]
- Se a atividade for realizada automaticamente pelo sistema, coloque o símbolo de serviço na atividade. [Atividade de serviço]
- Se a atividade for realizada manualmente, coloque o símbolo de manual na atividade. [Atividade Manual]
- Se você não achar necessário, ou não estiver claro no cenário qual o tipo da atividade, crie uma atividade abstrata. [Padrão - Sem símbolos]

## **APÊNDICE E- ARTEFATOS DO ESTUDO EXPERIMENTAL DA VERSÃO INICIAL DA E-VOL BPMN**

*Este apêndice apresenta os artefatos utilizados no experimento controlado realizado para avaliar a versão inicial da e-VOL BPMN.*

### **CENÁRIO A**

#### **Processo de desenvolvimento de modificação de Software – Cenário Inicial**

O processo inicia quando um funcionário deseja uma modificação no sistema porque o sistema não se adequa a sua realidade durante suas atividades diárias na empresa, ou porque o seu processo mudou.

O funcionário deve primeiramente informar ao chefe imediato sobre a necessidade da modificação e solicitar autorização para que a modificação seja feita.

Ao receber a solicitação, o chefe imediato avalia a solicitação e caso julgue que a modificação não é necessária, comunica o funcionário e o processo se encerra.

Caso a modificação seja realmente necessária, então o chefe emite pelo sistema uma autorização de modificação do sistema que deve ser assinada pelo Gerente, e o funcionário deve preencher um documento de modificação do sistema que detalha superficialmente a modificação que está sendo solicitada.

De posse da autorização assinada e do documento preenchido, o funcionário deve entregar esses documentos para o setor de TI, mais especificamente para o chefe do TI.

O chefe de TI analisa a modificação e encaminha a modificação para o analista que será responsável pelo desenvolvimento da modificação.

O Analista recebe a modificação para desenvolver, faz a avaliação da modificação, marca reunião com o funcionário para tirar dúvidas e abre um novo ticket de desenvolvimento de requisito com os dados da modificação (escopo, setor solicitante, previsão de entrega...) no sistema. O ticket pode ser visualizado pelo setores envolvidos no processo. Quando a modificação estiver pronta, o analista faz a implantação da modificação, finaliza o ticket no sistema e o processo se encerra.

## **Processo de desenvolvimento de modificação de Software – Cenário de Evolução**

Algumas fases do processo sofreram mudanças.

O funcionário faz a solicitação de mudança via sistema. A solicitação de mudança criada no sistema possui um prazo de até 48h para ser aprovada pelo chefe imediato, caso não seja aprovada neste período, é automaticamente cancelada e o processo se encerra. O chefe pode também escolher a opção de reprovar a solicitação, nesse caso o processo também se encerra.

Caso a solicitação seja aprovada, permanece o processo anterior.

Porém, o setor de TI também teve o seu processo modificado.

Ao receber a solicitação de modificação, o chefe do TI avalia o tipo de modificação se a modificação é urgente, ou se pode seguir o fluxo normal do setor.

Se o fluxo normal for escolhido, então segue o processo descrito anteriormente.

Se o fluxo selecionado for o urgente, então, o chefe do setor de TI encaminha a solicitação para o Analista de Negócios.

O Analista de Negócios recebe a solicitação de mudança, preenche o ticket de desenvolvimento externo no sistema e faz a cotação do desenvolvimento de software com as empresas desenvolvedoras conveniadas, seleciona a melhor empresa desenvolvedora, preenche a documentação de contrato de desenvolvimento externo que deve ser assinada pelo chefe de TI e pelo gerente de TI.

O Analista de negócios deve lançar no ticket de desenvolvimento externo as informações sobre o desenvolvimento (empresa que vai realizar o desenvolvimento, data prevista de entrega, etc) e aguardar a empresa desenvolver o sistema.

Quando a modificação estiver pronta o analista de negócios faz a publicação/implantação da modificação, finaliza o ticket no sistema e o processo se encerra.

## **CENÁRIO B**

### **Processo de Vendas de Peças de Hardware – Cenário Inicial**

A loja possui uma unidade física e disponibiliza a venda de suas peças também através de uma loja virtual.

- O cliente acessa a loja virtual, busca no site a peça que deseja, seleciona o tipo de entrega e realiza a compra.

- O financeiro, então, recebe a notificação de compra realizada e verifica se o pagamento foi aprovado.

- Se o pagamento não estiver aprovado, a compra é cancelada e o processo encerrado.

- Se o pagamento estiver aprovado, o financeiro notifica o cliente sobre a confirmação do pagamento, emite a autorização de envio da peça que é entregue ao funcionário do balcão para que siga com os trâmites de envio da peça. (A autorização de envio é emitida via sistema)

A loja possui contrato com uma transportadora padrão que realiza a entrega de suas peças.

O balconista entrega uma via da autorização para o funcionário do depósito, para que ele siga com o seu processo.

O balconista da loja verifica a necessidade de contratar a garantia extra da transportadora, ele faz essa verificação utilizando um Checklist de garantia.

- Caso exista necessidade de garantia extra, o balconista envia ao Gerente de Logística a necessidade de contratar a garantia extra. O gerente executa a contratação via sistema; feita a contratação da garantia extra, o balconista deve preencher a etiqueta de garantia extra da transportadora para que seja anexada à peça pelo funcionário do depósito.

- O balconista sempre deve preparar a documentação que acompanha a peça durante o transporte (nota fiscal, manual, garantia, etiqueta com endereço de entrega, etiqueta de garantia extra...)

- Ao mesmo tempo em que o balconista executa suas atividades, um Funcionário do Depósito empacota as peças a serem enviadas;

- Após empacotar as peças e o balconista preparar a documentação, o funcionário do depósito anexa a documentação às peças.

- Em seguida, o Funcionário do Depósito coloca o pacote na área de entrega e o processo se encerra.

## Processo de Vendas de Peças de Hardware – Cenário de Evolução

O processo de vendas da loja foi modificado:

1. Agora, quando o Analista financeiro verifica que o pagamento não foi aprovado, ele aguarda um prazo de até 48 horas para que o cliente realize um novo pagamento, caso não ocorra a confirmação de um novo pagamento nesse prazo, então a compra é cancelada e o processo é encerrado.
2. Foram criados os tipos de entrega **Transportadora Premium** e **Sedex**. Agora, o balconista primeiramente deve analisar qual o tipo de entrega da peça, se **Normal**, **Transportadora Premium** ou **Sedex**.

Se for do tipo:

### **Normal:**

O processo anterior de entrega permanece quase o mesmo.

O transporte continua sendo feito pela transportadora padrão que possui contrato com a loja. Contudo, a etiqueta de garantia extra foi modificada e se transformou em uma etiqueta padrão que é **sempre** preenchida pelo balconista - havendo ou não a contratação da garantia extra.

**Transportadora Premium:** a peça é entregue por uma transportadora que é escolhida após a solicitação de cotação a um conjunto de transportadoras. O balconista solicita as cotações das transportadoras, seleciona a melhor e preenche a documentação da transportadora escolhida.

**Sedex:** a peça é entregue pelo serviço de Sedex dos correios. Neste caso, o balconista aciona um motoboy que leva a peça até os correios; o balconista também preenche uma autorização de retirada da peça pelo motoboy; essa autorização deve ser assinada pelo Gerente Logístico e é um dos documentos que devem ser anexados à peça.

Os tipos de entrega **Transportadora Premium** e **Sedex** já possuem garantia extra por padrão, portanto, não é preciso fazer essa verificação.

Todos os documentos gerados (documentação da transportadora, autorização de saída ou etiqueta padrão) são entregues ao funcionário do depósito pelo balconista e são anexados à peça pelo Funcionário do Depósito.

O processo do funcionário do depósito continua o mesmo – suas atividades ocorrem em paralelo com as atividades do balconista.

## QUESTIONÁRIO PÓS-ESTUDO

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a compreender a evolução de diagramas BPMN. Por favor, responda as questões a seguir considerando sua experiência durante a evolução do diagrama. Todas as respostas coletadas serão utilizadas anonimamente no contexto de pesquisa.

Nome:

---

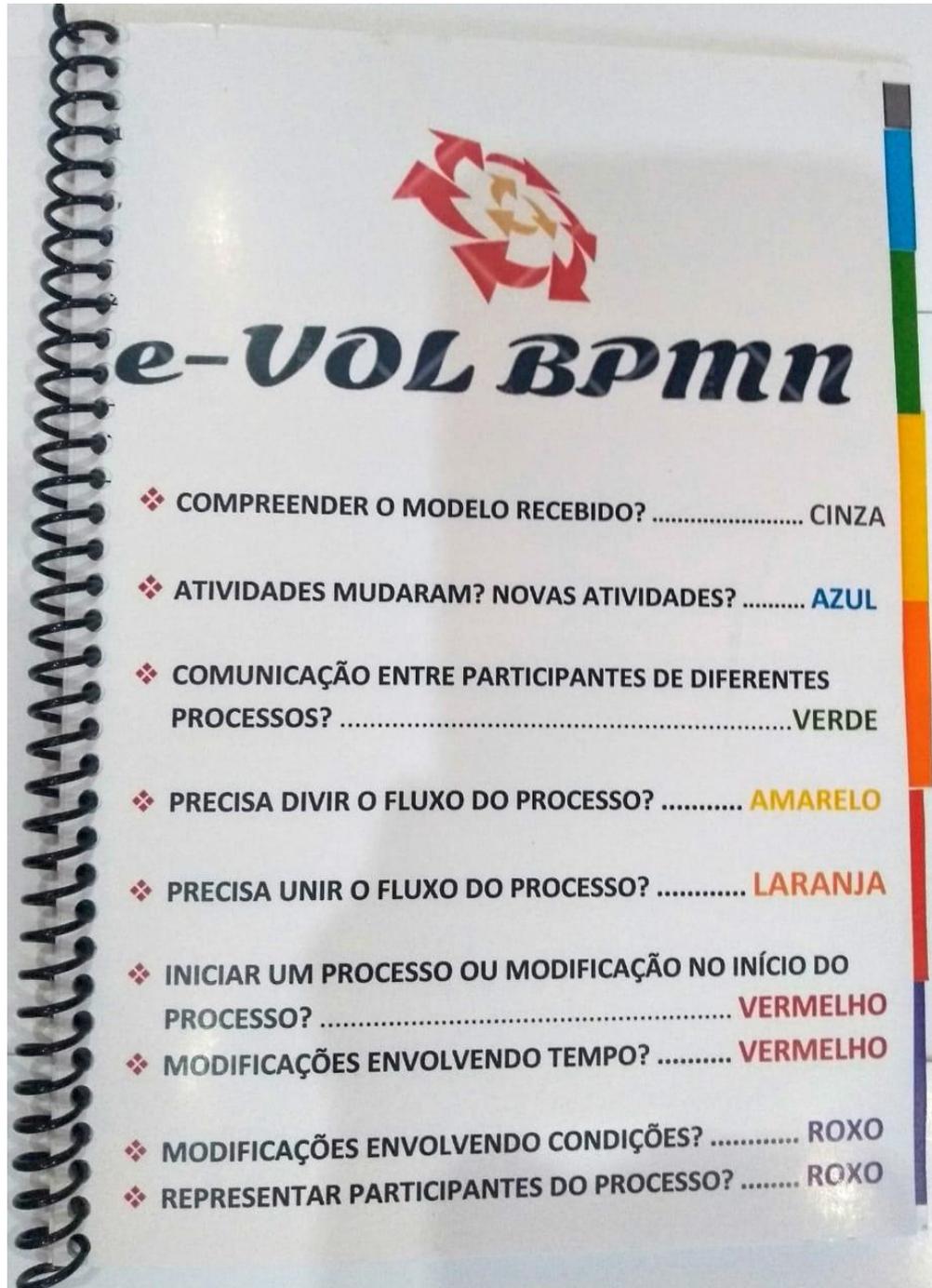
1°. Quais dificuldades você encontrou para **evoluir** o diagrama?

2°. Quais problemas você identificou que **dificultaram a compreensão** do diagrama?

3°. **Como** você evoluiu o diagrama (que passos você seguiu)?

## APÊNDICE F- SEGUNDA VERSÃO COMPLETA DA E-VOL BPMN

- Forma de apresentação em formato de Livreto da e-VOL BPMN :



- Conteúdo da segunda versão da e-VOL BPMN (Livreto e versão digital):



- ❖ **COMPREENDER O MODELO RECEBIDO? ..... CINZA**
- ❖ **ATIVIDADES MUDARAM? NOVAS ATIVIDADES? ..... AZUL**
- ❖ **COMUNICAÇÃO ENTRE PARTICIPANTES DE DIFERENTES  
PROCESSOS? ..... VERDE**
- ❖ **PRECISA DIVIR O FLUXO DO PROCESSO? ..... AMARELO**
- ❖ **PRECISA UNIR O FLUXO DO PROCESSO? ..... LARANJA**
- ❖ **INICIAR UM PROCESSO OU MODIFICAÇÃO NO INÍCIO DO  
PROCESSO? ..... VERMELHO**
- ❖ **MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO TEMPO? ..... VERMELHO**
- ❖ **MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO CONDIÇÕES? ..... ROXO**
- ❖ **REPRESENTAR PARTICIPANTES DO PROCESSO? ..... ROXO**

GUIA INICIAL DE EVOLUÇÃO	
1. As informações necessárias que estão descritas no cenário estão representadas no diagrama?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não. Neste caso, adicione as informações faltantes do cenário no diagrama.
2. Existem informações desnecessárias no diagrama?	
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim. Retire as informações desnecessárias para que o diagrama tenha conteúdo objetivo.
3. As atividades estão representadas de maneira lógica e coerente? Você identifica com facilidade qual é o próximo passo que deve ser dado em cada ponto do diagrama?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não. Organize as informações de maneira lógica para que o diagrama apresente informações com coerência.
4. As atividades estão representadas de forma clara? Você identifica claramente no diagrama quem são os atores responsáveis pelas atividades? As atividades estão nomeadas de maneira clara? Você identifica claramente o início e o fim do processo?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não. Realize as correções necessárias para deixar o diagrama com informações claras.
<p><b>Todas as correções foram realizadas?</b>  <b>As respostas acima são todas VERDES?</b>  <b>Então, vamos evoluir o diagrama!</b></p>	

ATIVIDADES MUDARAM? NOVAS ATIVIDADES?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
C1. Se uma nova atividade for realizada manualmente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade</li> <li>2. Crie a atividade na Lane correspondente</li> <li>3. Coloque o símbolo manual na atividade</li> </ol>		
C2. Uma atividade realizada via sistema que precisava ser inicializada por um usuário agora ocorre automaticamente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade</li> <li>2. Insira o símbolo de serviço na atividade</li> </ol>		
C3. Uma atividade feita manualmente por uma pessoa passa a estar no contexto do sistema.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade</li> <li>2. Insira o símbolo de usuário na atividade</li> </ol>	<p>A autorização era dada através da assinatura manual de um documento</p>	<p>Agora a autorização é dada pelo chefe através de uma função do sistema.</p>
C4. Se uma nova atividade é composta por outras tarefas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifique a Lane correspondente ao ator da atividade</li> <li>2. Crie uma atividade na Lane correspondente</li> <li>3. Adicione o símbolo de subprocesso à atividade</li> <li>4. Conecte a atividade através de fluxos de sequência ao elemento anterior e posterior a atividade</li> </ol>	<b>Como era</b>	
		<b>Como passa a ser</b>	
		<p>Se as atividades do subprocesso forem conhecidas, então crie um processo com as atividades deste subprocesso (exploda o subprocesso):</p>	

COMUNICAÇÃO ENTRE PARTICIPANTES DE DIFERENTES PROCESSOS?		
Cenário de Mudança	Modificação	Como era
<p><b>C5.</b> Se a atividade é enviada para um participante através de uma mensagem</p>	<p>1. Identifique a Pool e a Lane correspondente ao ator que envia a mensagem</p> <p>2. Crie a atividade de envio de mensagem</p> <p>3. Identifique a Pool e a Lane correspondente ao ator que recebe a mensagem</p> <p>4. Crie a atividade de recebimento mensagem na Lane correspondente</p> <p>5. Conecte as atividades de envio e recebimento através de um fluxo de mensagem</p>	
<p><b>C6.</b> Se ocorre uma notificação ou comunicação entre participantes de diferentes processos</p>	<p>1. Inclua um evento de envio de mensagem onde a comunicação é iniciada.</p> <p>2. Inclua um evento de recebimento de mensagem onde a comunicação é recebida</p> <p>3. Conecte o evento de envio com o evento de recebimento com um fluxo de mensagem</p>	<p><b>Como era</b></p>
		<p><b>Como passa a ser</b></p>

PRECISA DIVIDIR O FLUXO DO PROCESSO?		
Cenário de Mudança	Modificação	Como era
<p><b>C7.</b> Se agora é preciso realizar uma divisão de fluxo em que <u>apenas um caminho deve ser seguido</u>.</p>	<p>1. Crie um gateway exclusivo após a atividade que divide o fluxo. 2. Crie os fluxos de atividades após o gateway criado.</p>	<p>Como era</p> <pre> graph LR     A[Analisar Preço] --&gt; B[Calcular frete]     B --&gt; C[Enviar Produto]             </pre>
		<p>Como passa a ser</p> <pre> graph LR     A[Analisar Preço] --&gt; G{ }     G -- "Acima de 300,00" --&gt; B[Enviar Produto]     G -- "Abaixo de 300,00" --&gt; C[Calcular frete]     C --&gt; D[Enviar Produto]             </pre>
<p><b>C8.</b> Se agora é preciso realizar uma divisão de fluxo em que <u>diferentes caminhos podem ser seguidos</u>.</p>	<p>1. Crie um gateway inclusivo após a atividade. 2. Crie os fluxos de atividades após o gateway criado.</p>	<p>Como era</p> <pre> graph LR     A[Obter Dados] --&gt; B[Realizar Reserva do Hotel]             </pre>
		<p>Como passa a ser</p> <pre> graph LR     A[Obter Dados] --&gt; B[Realizar Reservas]     B --&gt; G{ }     G --&gt; C[Reservar Hotel]     G --&gt; D[Alugar Carro]     G --&gt; E[Reservar Passado]             </pre>
<p><b>C9.</b> Se agora é preciso realizar uma divisão de fluxo em que <u>diferentes caminhos devem ser seguidos ao mesmo tempo</u>.</p>	<p>1. Crie um gateway paralelo após a atividade. 2. Crie os fluxos de atividades após o gateway criado.</p>	<p>Como era</p> <pre> graph TD     subgraph Cliente         A[Realizar Pagamento]     end     subgraph Vendedor         B[Emitir Nota Fiscal]     end     subgraph Manobrista         C[Colocar carro na área de entrega]     end     A --&gt; B     B --&gt; C             </pre>
		<p>Como passa a ser</p> <pre> graph TD     subgraph Cliente         A[Realizar Pagamento]     end     subgraph Vendedor         B[Emitir Nota Fiscal]         C[Preparar Documentação]     end     subgraph Manobrista         D[Colocar carro na área de entrega]     end     A --&gt; G{+}     G --&gt; B     B --&gt; C     G --&gt; D             </pre>

PRECISA UNIR O FLUXO DO PROCESSO?		
Cenário de Mudança	Modificação	Exemplo de Utilização
<p><b>C10.</b> Se uma atividade for realizada somente após a execução de um dos fluxos de atividades anteriores.</p>	<p>- Insira um gateway exclusivo para fazer a junção dos fluxos</p>	<p>O manobrista só pode entregar o carro após o cliente receber a nota fiscal <b>OU</b> receber os boletos.</p>
<p><b>C11.</b> Se uma atividade for realizada somente após a execução de todos os fluxos de atividades anteriores.</p>	<p>1. Insira um gateway paralelo para fazer a junção dos fluxos.</p>	<p>O manobrista só pode entregar o carro após o cliente pagar <b>E</b> o vendedor entregar a nota fiscal.</p>

INICIAR UM PROCESSO? MODIFICAÇÃO NO INÍCIO DO PROCESSO?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
<b>C12.</b> Se um processo inicia sempre em um determinado dia do mês.	- Troque o evento inicial padrão por um evento inicial temporal		
<b>C13.</b> Se um determinado processo inicia quando uma condição é satisfeita	- Troque o evento inicial padrão por um evento inicial condicional		
<b>C14.</b> Se um determinado processo inicia a partir do recebimento de uma mensagem	- Troque o evento inicial por um evento inicial de mensagem		
MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO TEMPO?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
<b>C15.</b> Se ocorre uma pausa entre uma atividade e outra	- Insira um evento intermediário temporal entre as duas atividades		
<b>C16.</b> Se uma atividade se repete durante um período de tempo	- Anexe um evento intermediário temporal à atividade		
<b>C17.</b> Se uma atividade fica ativa por até um período de tempo e se esse período de tempo for atingido outro fluxo de atividades deve acontecer	1. Anexe um evento intermediário temporal à atividade 2. Crie o fluxo alternativo de atividade após o evento temporal		

MODIFICAÇÕES ENVOLVENDO CONDIÇÕES?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
<b>C18.</b> Se uma atividade só inicia se uma determinada condição for satisfeita	- Inclua um evento condicional para representar a condição antes da atividade.		
<b>C19.</b> Se um erro na atividade acionar um fluxo alternativo de atividades	- Anexe um evento de erro à atividade - Conecte o evento ao fluxo alternativo		
REPRESENTAR PARTICIPANTES DO PROCESSO?			
Cenário de Mudança	Modificação	Como era	Como passa a ser
<b>C20.</b> Se uma nova atividade é realizada por um ator que não está representado no diagrama	1. Crie uma nova Lane. 2. Dê nome a esta nova Lane de acordo com o cargo do ator que a executa. 3. Crie a nova atividade na respectiva Lane		
<b>C21.</b> Se um novo processo deve ser criado para interagir com o processo antigo	1. Crie uma nova Pool 2. Dê um nome a esta nova Pool 3. Adicione as atividades dessa nova Pool.		
<b>C22.</b> Se um participante externo passou a se envolver com o processo modelado, mas as atividades desse participante externo não são conhecidas	1. Crie uma Pool abstrata 2. Dê um nome a esta nova Pool de acordo com o participante externo que ela representa 3. Conecte as pools através de fluxos de mensagem		

O SPC participa do processo "Concessão de Empréstimo", mas suas atividades são desconhecidas. O processo recebe o nome do participante (SPC).

## APÊNDICE G- ARTEFATOS UTILIZADOS NO SEGUNDO EXPERIMENTO CONTROLADO

*Este apêndice apresenta os artefatos utilizados no segundo experimento controlado para avaliar a segunda versão da e-VOL BPMN.*

### ETAPA 1 DO EXPERIMENTO CONTROLADO

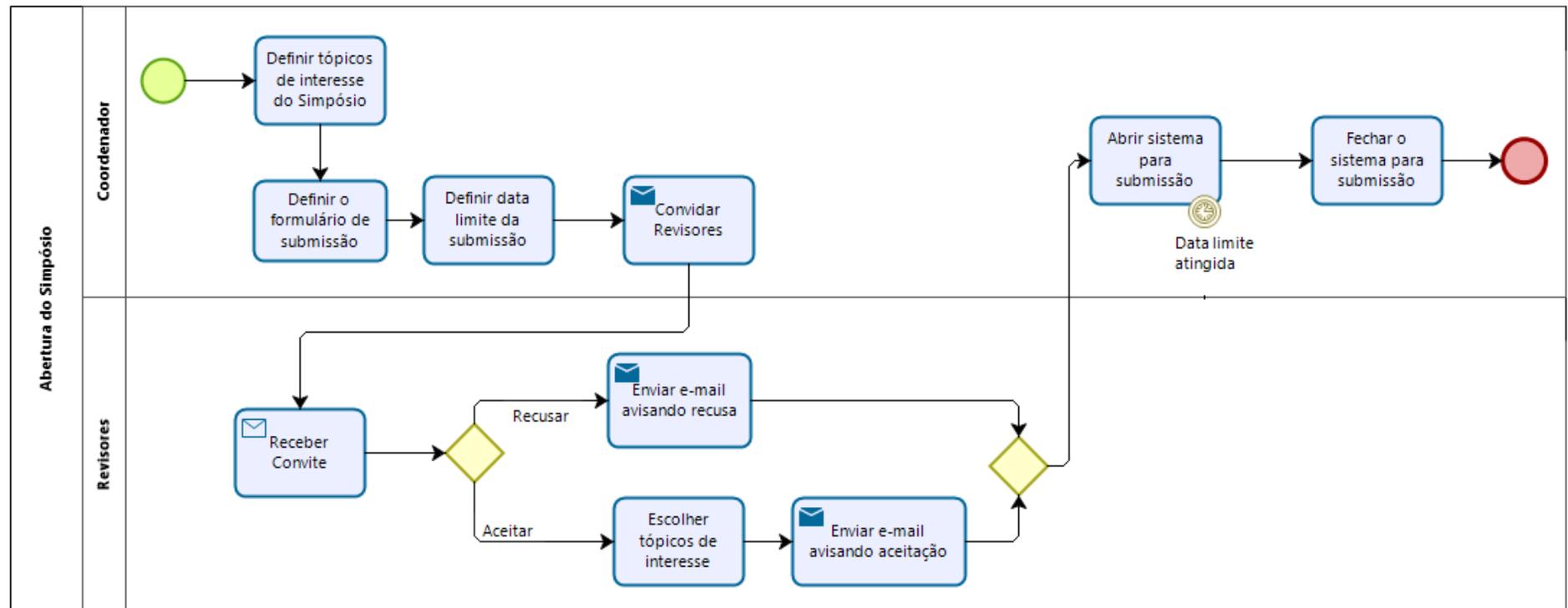
#### Proposta 1

O Coordenador do Comitê de Programa de um Simpósio de Qualidade de Software precisa de um sistema para gerenciar a submissão de artigos. É possível submeter dois tipos de artigos para este simpósio:

- Trabalhos técnicos: artigos de alta qualidade descrevendo resultados pioneiros de pesquisa na área de qualidade de software com contribuição acadêmica.
- Relatos de experiência: artigos de alta qualidade descrevendo e analisando a aplicação de processos, métodos ou ferramentas de qualidade de software, contextualizando a experiência, mostrando os resultados obtidos e lições aprendidas de uma experiência prática com contribuição para a indústria de software.

**No desenvolvimento deste sistema, foi realizado até o momento o desenvolvimento das funcionalidades a partir do seguintes cenário:** O Coordenador do Comitê de Programa deverá inicialmente definir os tópicos de interesse do simpósio (válidos para os dois tipos de artigos), definir os campos dos formulários para avaliação dos artigos e definir a data limite para submissão dos artigos. Após isso, ele convida os revisores que irão compor o Comitê de Programa (pessoas que avaliam os artigos submetidos). Os revisores podem aceitar ou não o convite. Caso aceitem, os revisores devem definir seus tópicos de interesse em relação aos artigos submetidos para o Simpósio.

Após as atividades iniciais (cadastro de tópicos e formulários de avaliação, convite a revisores e definição da data limite que os artigos devem ser submetidos), o Coordenador cadastra os revisores no sistema e “abre” o sistema para a submissão de artigos. A partir da data atual até a data limite de submissão de artigos, os autores podem submeter seus artigos para o Simpósio.



**Observação:** O Coordenador recolhe os artigos enviados e distribui estes para os revisores por e-mail sem o uso do sistema.

## Proposta 2

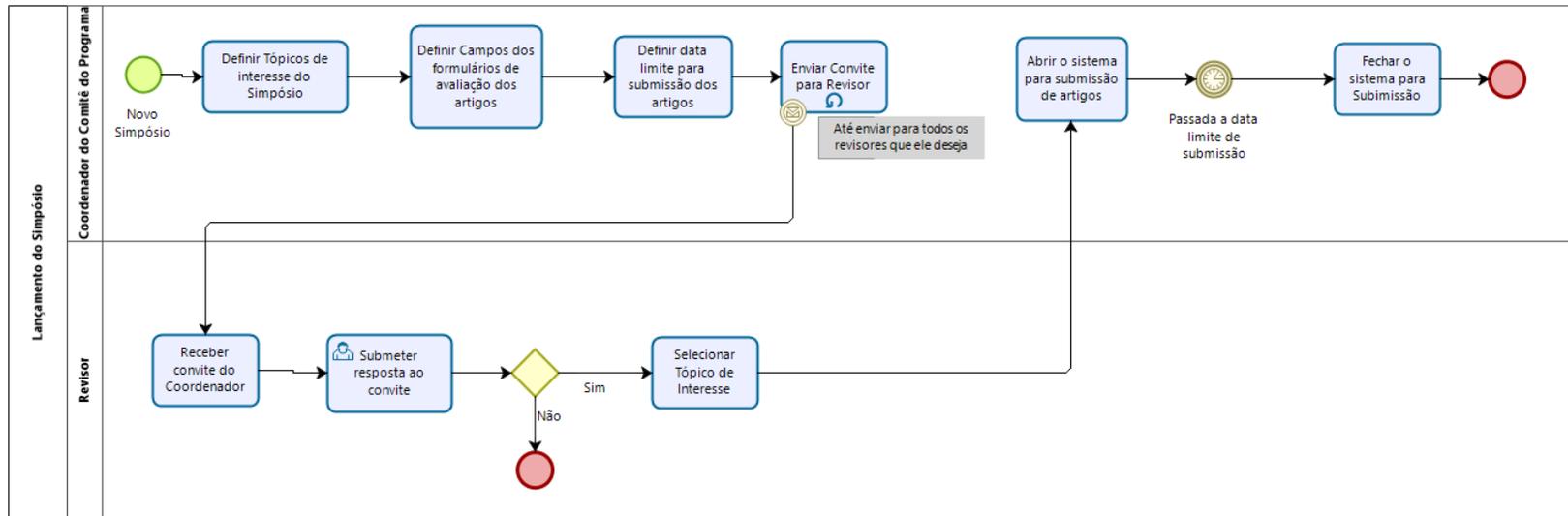
O Coordenador do Comitê de Programa de um Simpósio de Qualidade de Software precisa de um sistema para gerenciar a submissão de artigos. É possível submeter dois tipos de artigos para este simpósio:

- Trabalhos técnicos: artigos de alta qualidade descrevendo resultados pioneiros de pesquisa na área de qualidade de software com contribuição acadêmica.

- Relatos de experiência: artigos de alta qualidade descrevendo e analisando a aplicação de processos, métodos ou ferramentas de qualidade de software, contextualizando a experiência, mostrando os resultados obtidos e lições aprendidas de uma experiência prática com contribuição para a indústria de software.

**No desenvolvimento deste sistema, foi realizado até o momento o desenvolvimento das funcionalidades a partir do seguintes cenário:** O Coordenador do Comitê de Programa deverá inicialmente definir os tópicos de interesse do simpósio (válidos para os dois tipos de artigos), definir os campos dos formulários para avaliação dos artigos e definir a data limite para submissão dos artigos. Após isso, ele convida os revisores que irão compor o Comitê de Programa (pessoas que avaliam os artigos submetidos). Os revisores podem aceitar ou não o convite. Caso aceitem, os revisores devem definir seus tópicos de interesse em relação aos artigos submetidos para o Simpósio.

Após as atividades iniciais (cadastro de tópicos e formulários de avaliação, convite a revisores e definição da data limite que os artigos devem ser submetidos), o Coordenador cadastra os revisores no sistema e “abre” o sistema para a submissão de artigos. A partir da data atual até a data limite de submissão de artigos, os autores podem submeter seus artigos para o Simpósio.



**Observação:** O Coordenador recolhe os artigos enviados e distribui estes para os revisores por e-mail sem o uso do sistema.

Nome: \_\_\_\_\_

**QUESTIONÁRIO DE JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DA PROPOSTA DE  
MODELAGEM BPMN**

1. Em relação à proposta 1 e 2 dos modelos BPMN, qual destes você escolheria para realizar a manutenção do modelo? Considere as tarefas relacionadas à correção e evolução da modelagem do sistema para gerenciar a submissão de artigos.
  
2. Por favor, justifique os motivos que fizeram você escolher tal proposta.

## ETAPA 2 DO SEGUNDO EXPERIMENTO CONTROLADO

### Cenário de Evolução do Sistema

O Coordenador do Comitê de Programa, precisa evoluir o sistema de lançamento do simpósio. Agora, ele precisa que o sistema também apoie o processo de submissão dos artigos pelos autores e a revisão dos artigos. Os autores devem realizar as submissões dos artigos até a data limite de submissão. Cada autor deve informar os dados do artigo: o título do artigo, nome, e-mail e afiliação de cada autor, o tipo de artigo (se é relato de experiência ou trabalho técnico) e os tópicos da conferência relacionados com o artigo, além de fazer o *upload* do arquivo do artigo em formato PDF.

Logo após a data limite para submissão, cada artigo deve ser avaliado por três revisores do Comitê de Programa. O **sistema** deve automaticamente sugerir uma atribuição de artigos aos revisores a partir dos tópicos de interesse escolhidos por cada revisor (definidos no momento da aceitação do convite para compor o Comitê). O Coordenador deve verificar a atribuição realizada automaticamente pelo sistema e se não aceitar, ele pode alterar a atribuição de artigos. Após fechar a atribuição de todos os artigos, o Coordenador deve acionar uma opção do sistema para avisar cada revisor por e-mail de quais foram os artigos atribuídos a ele e qual o prazo para a revisão, normalmente 30 dias.

Após o aviso recebido, os revisores devem acessar o sistema para obter o arquivo PDF de cada artigo e visualizar o formulário de avaliação. Cada revisor deve realizar a revisão dos artigos atribuídos, marcar suas notas e comentários (pontos fortes, pontos fracos e sugestões de melhoria) sobre cada artigo nos itens cadastrados no formulário de avaliação.

Após os 30 dias de prazo de revisão, o Coordenador acessa as avaliações de cada artigo e solicita ao sistema um “**Relatório de Avaliações dos Artigos**”. Este relatório mostra todos os artigos ordenados pelas notas (do maior para o menor). Este relatório deve apresentar para cada artigo: o título do artigo, o tipo, os autores, além dos comentários de cada revisor. Analisando este relatório, o Coordenador classifica cada artigo (“Aprovado” ou “Não Aprovado”). Ao finalizar esta classificação, o Coordenador cadastra os textos de e-mails parabenizando os autores de artigos aprovados e informando os autores de artigos não aprovados da sua situação. O Coordenador dispara o envio destes e-mails pelo próprio sistema.

O autor recebe o e-mail, se o artigo não estiver sido aprovado, o processo se encerra. Se o artigo estiver sido aprovado, então, o autor deve preparar uma nova versão do artigo, chamada “*Camera Ready*”, no qual ele busca melhorar o artigo de acordo com as sugestões dos revisores. O autor deve fazer um novo upload da versão *Camera Ready* no sistema até a data limite informada pelo Coordenador. Por fim, o Coordenador coleta a versão *Camera Ready* dos artigos, inclui os *Camera Ready* nos anais do evento e o processo se encerra.

### QUESTIONÁRIO PÓS-ESTUDO (e-VOL BPMN)

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a avaliar a e-VOL BPMN e a evolução de diagramas BPMN. Por favor, responda as questões a seguir considerando sua experiência durante a evolução do diagrama. Todas as respostas coletadas serão utilizadas anonimamente no contexto de pesquisa.

Nome:

---

1. A e-VOL BPMN auxilia a evolução de diagramas BPMN?
2. Quais pontos positivos e negativos você identificou na Técnica? Seja sincero.
3. Quais as principais dificuldades encontradas durante a evolução de modelos

### Formulário para avaliar a experiência do usuário após a utilização da e-VOL BPMN

Facilidade de Uso Percebida							
	Discordo Totalmente	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Nem Concordo nem Discordo	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente	Concordo Totalmente
<b>F1.</b> Minha interação (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações no diagrama) com a e-VOL BPMN é clara e compreensível							
<b>F2.</b> Interagir (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações) com a e-VOL BPMN não exige muito do meu esforço.							
<b>F3.</b> Considero a e-VOL BPMN de uso fácil (tanto para identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN como para realizar estas modificações)							
<b>F4.</b> Eu acho fácil conseguir o que eu quero com a e-VOL BPMN (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações)							
Utilidade Percebida							
<b>U1.</b> Usar a e-VOL BPMN torna o meu desempenho melhor na evolução de diagramas BPMN (considerando a realização da evolução de diagramas BPMN sem o uso de uma técnica)							
<b>U2.</b> Usar a e-VOL BPMN para a evolução de diagramas BPMN melhorou a minha produtividade na realização de tal atividade.							
<b>U3.</b> Usar a e-VOL BPMN aumenta a minha eficácia em relação à evolução de diagramas BPMN.							
<b>U4.</b> Eu considero a e-VOL BPMN útil para evoluir diagramas BPMN.							
Intenção de Uso							
<b>I1.</b> Supondo que eu tenho tempo suficiente para evoluir diagramas BPMN, eu utilizarei a e-VOL BPMN.							
<b>I2.</b> Levando em conta que eu tenho domínio para escolher qualquer método para evoluir diagramas BPMN, eu prevejo que eu irei usar a e-VOL BPMN.							

### QUESTIONÁRIO PÓS-ESTUDO (POSTER OFICIAL BPMN 2.0)

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a avaliar o Pôster BPMN 2.0 e a evolução de diagramas BPMN. Por favor, responda as questões a seguir considerando sua experiência durante a evolução do diagrama. Todas as respostas coletadas serão utilizadas anonimamente no contexto de pesquisa.

Nome: \_\_\_\_\_

3. O Pôster BPMN 2.0 auxilia a evolução de diagramas BPMN?

4. Quais pontos positivos e negativos você identificou no Pôster BPMN 2.0? Seja sincero.

3. Quais as principais dificuldades encontradas durante a evolução de modelos?

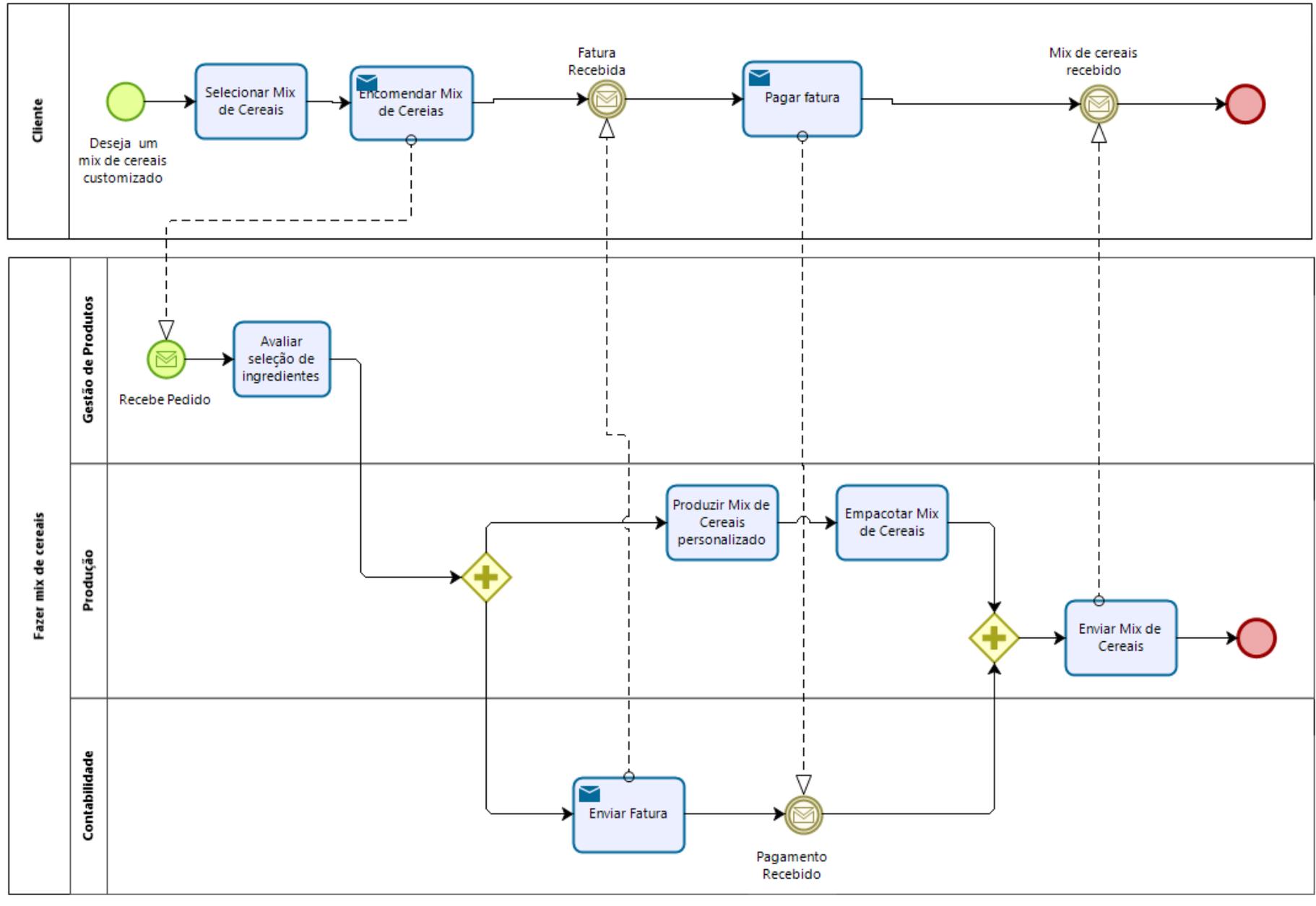
### Formulário para avaliar a experiência do usuário após a utilização do Pôster BPMN 2.0

Facilidade de Uso Percebida							
	Discordo Totalmente	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Nem Concordo nem Discordo	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente	Concordo Totalmente
<b>F1.</b> Minha interação (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações no diagrama) com o Pôster BPMN 2.0 é clara e compreensível							
<b>F2.</b> Interagir (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações) com o Pôster BPMN 2.0 não exige muito do meu esforço.							
<b>F3.</b> Considero o Pôster BPMN 2.0 de uso fácil (tanto para identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN como para realizar estas modificações)							
<b>F4.</b> Eu acho fácil conseguir o que eu quero com o Pôster BPMN 2.0 (Identificar as modificações que devem ser feitas no diagrama BPMN e realizar estas modificações)							
Utilidade Percebida							
<b>U1.</b> Usar o Pôster BPMN 2.0 torna o meu desempenho melhor na evolução de diagramas BPMN (considerando a realização da evolução de diagramas BPMN sem o uso de uma técnica)							
<b>U2.</b> Usar o Pôster BPMN 2.0 para a evolução de diagramas BPMN melhorou a minha produtividade na realização de tal atividade.							
<b>U3.</b> Usar o Pôster BPMN 2.0 aumenta a minha eficácia em relação à evolução de diagramas BPMN.							
<b>U4.</b> Eu considero o Pôster BPMN 2.0 útil para evoluir diagramas BPMN.							
Intenção de Uso							
<b>I1.</b> Supondo que eu tenho tempo suficiente para evoluir diagramas BPMN, eu utilizarei o Pôster BPMN 2.0							
<b>I2.</b> Levando em conta que eu tenho domínio para escolher qualquer método para evoluir diagramas BPMN, eu prevejo que eu irei usar o Pôster BPMN 2.0.							

## **APÊNDICE H- ARTEFATOS UTILIZADOS NO TERCEIRO EXPERIMENTO CONTROLADO**

### **ETAPA 1 DO EXPERIMENTO CONTROLADO**

**Diagrama inicial a ser evoluído:**



### Descrição da Evolução do Processo de Mix de Cereais

O processo MixYourMix passou por algumas modificações que devem ser representadas no modelo:

**Gestão de Produtos**, ao receber o pedido do Mix avalia a seleção de ingredientes que foi realizada pelo cliente. Porém, ocorre que muitas vezes a seleção realizada pelo cliente não é adequada. Os ingredientes selecionados não combinam. Para evitar a desvalorização da marca, agora, após a avaliação da seleção de ingredientes, é feita a análise se a seleção realizada pelo cliente é adequada (vai resultar em um bom produto?). **Se não**, é enviada uma notificação para o cliente e o processo da Gestão de Processo se encerra. Ao receber a notificação, o processo do cliente é abortado.

O processo da **Produção** também foi modificado. Agora, a fatura não é mais enviada ao mesmo tempo que a Produção do Mix inicia, pois ocorria que, às vezes, a Produção não conseguia os produtos solicitados pelo Cliente. Desta forma, após a avaliação da seleção dos ingredientes, a Produção começa a produzir o Mix. Se a produção conseguir produzir o Mix, então permanece como antes e o Mix será empacotado.

Se em um prazo de 24 horas o Mix não for produzido, então, a produção deve oferecer um Mix pré-pronto com 300g a mais do produto e enviar uma notificação para o cliente oferecendo o Mix pré-pronto. Após enviar a notificação, a produção aguarda por três acontecimentos, dependendo do que ocorrer primeiro.

1. Se for recebido um e-mail de recusa do cliente, então o processo é abortado.
2. Se em um prazo de 18 horas o cliente não recusar, então segue-se o processo, para a atividade de Empacotar Mix de Cereais.
3. Se for recebido um e-mail de aceitação, então, também segue-se o processo, para a atividade de Empacotar Mix de Cereais.

Agora, somente neste momento, ao mesmo tempo em que o Mix está sendo empacotado, é que a Contabilidade realiza a atividade de Enviar Fatura para o cliente através de um e-mail.

Neste ponto, **o processo da Contabilidade também foi modificado**. Após enviar a fatura, a contabilidade espera por uma das duas seguintes opções:

1. Se o pagamento for recebido, então, segue-se o processo anterior, para a atividade de Enviar Mix de Cereais.
2. Se passar um período de 36 horas e o pagamento não for recebido, então, a contabilidade deve realizar a atividade de Relembrar o cliente do Pagamento, através de uma notificação de lembrete de pagamento.

Ao receber o lembrete, o cliente pode seguir para atividade “Pagar Fatura” ou pode desistir do pedido e o processo do cliente se encerra.

- Lembre-se de adequar o processo do cliente para todas as interações (troca de mensagens) que são realizadas com ele.

**Questionário pós-estudo da primeira etapa do experimento (grupo que utilizou a e-VOL BPMN)**

Nome: \_\_\_\_\_

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a avaliar a e-VOL BPMN e a evolução de diagramas BPMN. Todas as respostas coletadas serão utilizadas anonimamente no contexto de pesquisa.

<b>Percepção da Aprendizagem</b>					
<b>Afirmações</b>	<b>Marque uma opção conforme sua avaliação</b>				
	<b>Discordo Totalmente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Nem discordo, nem concordo</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Fortemente</b>
<b>A1.</b> A e-VOL BPMN contribuiu para a minha aprendizagem da notação BPMN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A2.</b> O e-VOL BPMN foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A3.</b> A e-VOL BPMN contribuiu para lembrar sobre a utilização de cada elemento do BPMN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A4.</b> A e-VOL BPMN contribuiu para que eu utilizasse a notação BPMN corretamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A5.</b> A e-VOL BPMN melhorou a minha percepção de aprendizagem (o quanto que eu acho que sei sobre BPMN)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. Você acha que a e-VOL BPMN auxiliou durante a evolução do modelo?

( ) Sim. Auxiliou      ( ) Auxiliou Pouco      ( ) Não Auxiliou

2. Quais pontos positivos e negativos você identificou na e-VOL BPMN? Seja sincero.

3. Quais dificuldades você teve durante a evolução do modelo BPMN?

**Questionário pós-estudo da primeira etapa do experimento (grupo que utilizou o Pôster BPMN)**

Nome:

---

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a avaliar o Pôster e a evolução de diagramas BPMN. Todas as respostas coletadas serão utilizadas anonimamente no contexto de pesquisa.

<b>Percepção da Aprendizagem</b>					
<b>Afirmações</b>	<b>Marque uma opção conforme sua avaliação</b>				
	<b>Discordo Totalmente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Nem discordo, nem concordo</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Fortemente</b>
<b>A1.</b> O Pôster contribuiu para a minha aprendizagem da notação BPMN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A2.</b> O Pôster foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A3.</b> O Pôster contribuiu para lembrar sobre a utilização de cada elemento do BPMN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A4.</b> O Pôster contribuiu para que eu utilizasse a notação BPMN corretamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>A5.</b> O Pôster melhorou a minha percepção de aprendizagem (o quanto que eu acho que sei sobre BPMN)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. Você acha que o Pôster auxiliou durante a evolução do modelo?

( ) Sim. Auxiliou      ( ) Auxiliou Pouco      ( ) Não Auxiliou

2. Quais pontos positivos e negativos você identificou no Pôster? Seja sincero.

3. Quais dificuldades você teve durante a evolução do modelo BPMN?

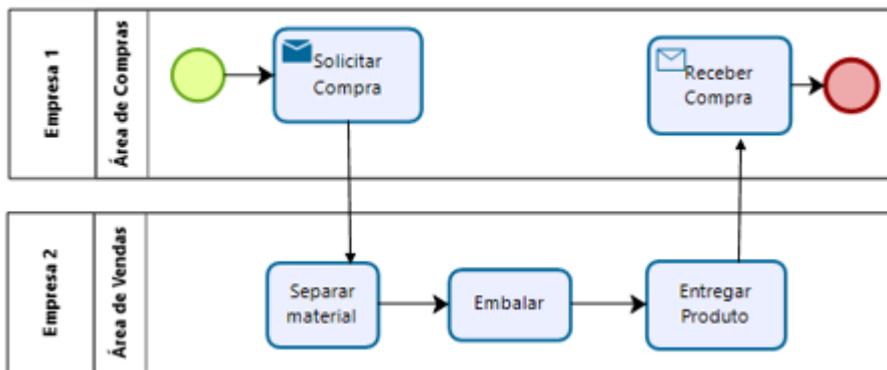
**ETAPA 2 DO EXPERIMENTO CONTROLADO**  
**(PROVA ESCRITA + FOCUS GROUP)**

**Avaliação sobre a notação BPMN**

**Aluno:** \_\_\_\_\_

1. Represente o seguinte processo: Se a validade do produto for menor que 3 meses, elaborar campanha de promoção, reduzir custo do produto e o processo se encerra.

2. Corrija os erros do seguinte diagrama BPMN:



3. [Cesgranrio -2010 – Eletrobras] Na especificação BPMN, existem três tipos de objetos que representam a conexão entre objetos de um diagrama de processos. São eles:

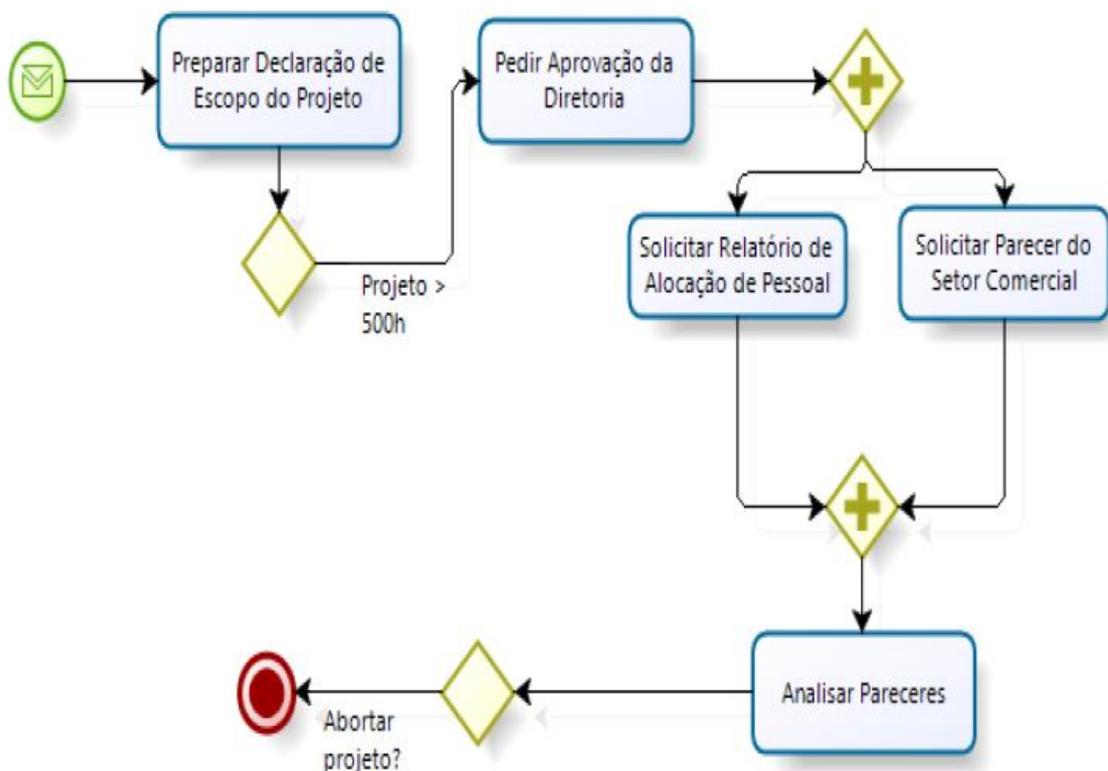
- a) associação, fluxo de sequência e fluxo paralelo.
- b) associação, fluxo de sequência e fluxo de mensagem.
- c) fluxo de sequência, fluxo de controle e fluxo de mensagem
- d) fluxo de sequência, fluxo paralelo e fluxo de controle.
- e) fluxo de sequência, fluxo paralelo e fluxo de mensagem.

4. [FCC – 2015 – TRT] O analista de TI Matheus, do TRT da 3a Região, durante o desenho de um processo utilizando a BPMN, deparou-se com a seguinte situação: em um ponto do processo em que a decisão seria tomada com base em um evento existiam dois possíveis eventos: (I) que o cliente entregasse os documentos no prazo estabelecido ou (II) que não os

entregasse e o prazo de 5 dias expiraria. O primeiro evento que ocorresse determinaria o caminho do fluxo. No seu desenho ele utilizou, corretamente, o objeto BPMN Gateway

- a) Exclusivo Paralelo
- b) Exclusivo baseado em eventos
- c) Paralelo
- d) Exclusivo baseado em dados
- e) Inclusivo com Eventos

5. [FGV-2014 – DPE-RJ] Ao analisar um dos processos relacionados a projetos de software da organização em que trabalha, você se depara com o fragmento de processo, modelado utilizando a notação BPMN, apresentado abaixo.



O diagrama não está completo ou usando todo o formalismo da notação. Contudo, é correto afirmar que:

- a) O pedido de preparação da declaração de escopo para um novo projeto é feito por e-mail.
- b) Apenas uma das atividades “Solicitar Relatório de Alocação de Pessoal” e “Solicitar Parecer do Setor Comercial” pode ser executada ao mesmo tempo.

- c) Ambas as atividades "Solicitar Relatório de Alocação de Pessoal" e "Solicitar Parecer do Setor Comercial" precisam ser executadas e terminadas para que a atividade "Analisar Pareceres" possa ser executada.
- d) Ambas as atividades "Solicitar Relatório de Alocação de Pessoal" e "Solicitar Parecer do Setor Comercial" precisam ser executadas, mas não precisam estar terminadas, para que a atividade "Analisar Pareceres" possa ser executada.
- e) A preparação da declaração de escopo para um novo projeto é de responsabilidade da diretoria da empresa.

**Perguntas-Guia do Focus Group (e-VOL BPMN)**

1. Vocês acham que a e-VOL BPMN ajudou durante a Evolução? Por quê?
2. Como a e-VOL ajudou? Foi simples?
3. Você acha que a e-VOL BPMN facilitou a aprendizagem? Por quê?
4. Você acha que com a utilização da e-VOL BPMN você melhorou o que sabia sobre BPMN?
5. Vocês gostariam de ter a e-VOL BPMN disponível no ambiente de trabalho de vocês?
6. Se vocês tivessem que ensinar BPMN a alguém, você utilizaria a e-VOL para lhe apoiar?
7. Que dificuldades vocês tiveram durante a evolução?

**Perguntas-Guia do Focus Group (Pôster BPMN)**

1. Vocês acham que o Pôster BPMN ajudou durante a Evolução? Por quê?
2. Como o Pôster BPMN ajudou? Foi simples?
3. Você acha que o Pôster BPMN facilitou a aprendizagem? Por quê?
4. Você acha que com a utilização do Pôster BPMN você melhorou o que sabia sobre BPMN?
5. Vocês gostariam de ter o Pôster BPMN disponível no ambiente de trabalho de vocês?
6. Se vocês tivessem que ensinar BPMN a alguém, você utilizaria o Pôster BPMN para lhe apoiar?
7. Que dificuldades vocês tiveram durante a evolução?

# ANEXO A – PÔSTER BPMN 2.0

**BPMN 2.0 - Notação e Modelo de Processo de Negócio**
<http://bpmb.de/poster>

Traduzido por Lucinéia Heloisa Thom, Crano Iochpe

### Atividades

**Tarefa**  
Uma Tarefa é uma unidade de trabalho, a tarefa a ser executada. O símbolo em uma tarefa, indica um subprocesso, uma atividade que pode ser decomposta em (sub)tarefas.

**Transação**  
Uma Transação é um conjunto de atividades, logicamente relacionadas; ela pode seguir um protocolo transacional específico.

**Subprocesso de Evento**  
Um Subprocesso de Evento se situa no interior de outro (sub)processo. Ele é ativado quando um evento de início é disparado e executa até seu final ou enquanto o processo que o contém estiver ativo. Ele pode ignorar ou cancelar o processo que o contém ou executar em paralelo a este (sem interrupção), dependendo do evento de início.

**Atividade de Chamada**  
A Atividade de Chamada é uma referência a um Subprocesso ou Tarefa definido globalmente e reutilizado no processo atual.

**Tipos de Tarefas**  
Tipos descrevem a natureza da execução, oferecendo tipos de atividades:

- Tarefa de Evento
- Tarefa de Recorrência
- Tarefa de Trabalho
- Tarefa Manual
- Tarefa de Integração de Serviço
- Tarefa de Execução de Script

**Tipos de Fluxos**

- Fluxo de Sequência: define a ordem de execução das atividades.
- Fluxo Padrão: é o caminho padrão a ser seguido, caso todas as outras condições retornem falso.
- Fluxo Condicional: possui uma condição associada, a qual define se o caminho será seguido ou não.

### Conversações

Um símbolo de Conversação define um conjunto de fluxos de mensagens logicamente relacionados. Quando inserido com o símbolo indica uma sub-conversação, um elemento de conversação composto.

Um Linha de Conversação conecta Conversações e Conversações.

Um Linha de Conversação Reticulada conecta Conversações e múltiplas Participantes.

#### Diagrama de Conversação

### Coreografias

Uma Tarefa de Coreografia representa uma interação (fluxo de mensagens) entre dois Participantes.

Uma Marca de Participantes Múltiplos indica um conjunto de Participantes de um mesmo tipo.

Uma Coreografia de Subprocesso contém uma coreografia referida em interações.

#### Diagrama de Coreografia

### Eventos

	Evento de Início	Eventos Intermediários				Evento de Fim
<b>Simples:</b> Eventos sem tipo indicam pontos de início, de fim e mudanças de estado.						
<b>Mensagens:</b> Recebimento e envio de mensagens.						
<b>Temporais:</b> prazos (tempo), intervalo de tempo, limite de tempo. Podem ser usados apenas em eventos de início.						
<b>Exceções:</b> ativa instância para um caso mais alto de responsabilidade.						
<b>Condição:</b> reação a alterações nas condições de negócio ou a regras de negócio.						
<b>Cancelamento:</b> reação ao cancelamento de uma transação ou a uma conversação.						
<b>Compensação:</b> Tratamento ou atribuição de ação de compensação.						
<b>Sinal:</b> Estímulos dentro deste processo. Um sinal vital pode ser capturado várias vezes.						
<b>Objeto de Dado:</b> Tratamento de um conjunto de eventos, ou ligação um ou mais eventos de entrada para um único evento de saída.						
<b>Fluxo:</b> Ativação e terminação beneficiada de um processo.						

### Diagrama de Colaboração

### Desvios

**Desvio Condicional Exclusivo (X)**  
Em um ponto de identificação, seleciona exatamente um caminho de saída dentre as alternativas existentes. Em um ponto de convergência, basta a ocorrência de um dos eventos no fluxo de entrada para que seja ativado o fluxo de saída.

**Desvio Condicionado por Sinal**  
Em um fluxo de saída só são permitidos eventos ou tarefas de recepção, após o evento de saída, cujo evento ou mensagem ocorrer antes.

**Atribuição Incondicional em Paralelo**  
Em um ponto de identificação, todos os fluxos de saída são ativados simultaneamente. Em um ponto de convergência de fluxos, espera que todos os caminhos de entrada completos, antes de disparar o fluxo de saída.

**Atribuição Inclusiva Condicional**  
É um ponto de identificação, após avaliar condições, um ou mais caminhos são ativados. Em um ponto de convergência de fluxos, espera que todos os fluxos de entrada ativos tenham completado para ativar o fluxo de saída.

**Desvio Exclusivo baseado em Eventos (gestor de instâncias)**  
Em cada ocorrência de um dos eventos subsequentes, indica uma nova instância do processo.

**Desvio Paralelo baseado em Eventos (gestor de instâncias)**  
Em ocorrência de todos os eventos subsequentes, se cria uma nova instância do processo.

### Divisões

**Divisão e Compartilhamento de Responsabilidade** representam as atividades, ou seja os participantes do processo, podendo ser uma organização, um país, um ator humano ou um sistema automatizado. Compartilhamos atividades chamadas **Divisões**.

**Fluxo de Mensagens** distribui fluxos de informação que integram fronteiras internas e externas de uma organização. Podem ser comunicadas e chamadas, atividades ou eventos de mensagens.

**A Ordem de Tarefa de Mensagem** no processo pode ser aplicada através de combinações de fluxos de mensagens e fluxos de saída.

### Dados

Um Dado de Entrada é um evento externo ao processo. Pode ser lido por uma atividade.

Um Dado de Saída é uma variável disponível como resultado de execução de um processo completo.

Um Objeto de Dado representa informação que flui para o longo do processo, tal como documentos, correio eletrônico ou cartas.

Uma Coleção de Objetos de Dado representa uma coleção de informações como, por exemplo, uma lista de lista de compra.

Um Repositório de Dados é um local onde o processo pode ler e escrever dados como, por exemplo, uma base de dados ou um sistema de arquivos. O repositório de dados persiste além do tempo de vida do processo que o aciona.

Um objeto do tipo Mensagem é usado para representar o conteúdo de uma comunicação entre dois Participantes do processo.