

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

Uso de *Business Process Model* como apoio à condução e à replicação de experimentos controlados em Engenharia de Software

RELATÓRIO CIENTÍFICO FINAL  
(Pedido de renovação da bolsa)

---

**Bolsista:** Leandro Ungari Cayres

**Orientador:** Prof. Dr. Rogério Eduardo Garcia

**Processo:** 2016/17477-2

**Período do relatório:** 01/06/2017 a 30/09/2017

**Vigência:** 01/12/2016 a 30/11/2017

---

# Sumário

	Sumário	ii
	Lista de ilustrações	iv
	Lista de tabelas	vi
Resumo		vii
1	INTRODUÇÃO	1
2	ENGENHARIA DE SOFTWARE EXPERIMENTAL	3
2.1	Estudos Experimentais	3
2.2	Processo de Experimentação	5
2.3	Processo de Replicação	9
2.4	Considerações Finais	11
3	PACOTES DE LABORATÓRIO	13
3.1	Modelo para Melhoria da Experimentação	13
3.2	<i>ExperOntology</i>	15
3.3	Bancos de Dados Não-Relacionais	18
3.4	Considerações Finais	20
4	MODELAGEM DE PROCESSO DE NEGÓCIO	21
4.1	<i>Business Process Modeling and Notation</i>	22
4.2	Protocolos de experimentação usando BPM	24
4.3	Considerações Finais	29
5	FERRAMENTA DE APOIO DE PROTOCOLOS DE EXPERIMENTAÇÃO	31
5.1	Estrutura da Ferramenta	31
5.2	Arquitetura da Ferramenta	32
5.3	Diagramas de Sequência	33
5.3.1	Caso de Uso - Abrir Protocolo	33
5.3.2	Caso de Uso - Salvar Protocolo	33
5.3.3	Caso de Uso - Abrir Pacote	33
5.3.4	Caso de Uso - Salvar Pacote	34
5.3.5	Caso de Uso - Exportar Imagem	35
5.4	Diagramas de Classes	35

5.5	Implementação da Ferramenta . . . . .	38
5.6	Interface da Ferramenta . . . . .	39
5.7	Considerações Finais . . . . .	40
6	CONSTRUÇÃO DE PROTOCOLO DE EXPERIMENTAÇÃO . . . .	41
6.1	Experimento de Demonstração: Avaliação da <i>SofVisOAH</i> . . . . .	41
6.2	Elaboração do Protocolo de Experimentação . . . . .	42
6.2.1	Fase de Definição . . . . .	42
6.2.2	Fase de Planejamento . . . . .	43
6.2.3	Fase de Operação . . . . .	46
6.2.4	Fase de Análise e Interpretação . . . . .	47
6.2.5	Fase de Empacotamento e Apresentação . . . . .	48
6.3	Considerações Finais . . . . .	49
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	51
7.1	Cronograma Inicial . . . . .	51
7.2	Atividades Realizadas . . . . .	51
7.3	Contribuições . . . . .	53
7.4	Trabalhos Futuros . . . . .	53
7.5	Proposta de Renovação . . . . .	54
7.5.1	Contexto, Motivação e Justificativa . . . . .	54
7.5.2	Formulação do Problema e Objetivo do Projeto . . . . .	54
7.5.3	Metodologia e Plano de Trabalho . . . . .	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	57

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Processo de Experimentação – adaptado de Wohlin et al. (2012).	6
Figura 2 – Fase de Definição (GARCIA, 2006).	6
Figura 3 – Fase de Planejamento (GARCIA, 2006).	7
Figura 4 – Fase de Operação (GARCIA, 2006).	8
Figura 5 – Fase de Análise e Interpretação (GARCIA, 2006).	9
Figura 6 – Replicações de um experimento e o Pacote de Laboratório (GARCIA, 2006).	11
Figura 7 – Ciclos do processo <i>FIRE</i> (MENDONÇA et al., 2008).	14
Figura 8 – Ontologia para Experimentos Controlados (GARCIA et al., 2008).	16
Figura 9 – Ontologia para Pacotes de Laboratório (GARCIA et al., 2008).	17
Figura 10 – Metamodelo da modelagem de processo de negócio (WESKE, 2012).	23
Figura 11 – Exemplo de diagrama BPMN – adaptado de (WESKE, 2012).	24
Figura 12 – Conjunto de elementos que compõem a versão BPMN 2.0 (COMMIT-TEE et al., 2016).	25
Figura 13 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Definição.	26
Figura 14 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Planejamento.	27
Figura 15 – Atribuição de participantes aos grupos.	27
Figura 16 – Diagrama BPM referente às atividades dos participantes do primeiro grupo.	28
Figura 17 – Diagrama BPM referente às atividades dos participantes do segundo grupo.	28
Figura 18 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Análise e Interpretação.	29
Figura 19 – Sequência de atividades para a concepção e construção de protocolos de experimentação.	31
Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso.	32
Figura 21 – Diagrama de Sequência – Abrir Protocolo.	33
Figura 22 – Diagrama de Sequência – Salvar Protocolo.	34
Figura 23 – Diagrama de Sequência – Abrir Pacote.	34
Figura 24 – Diagrama de Sequência – Salvar Pacote.	35
Figura 25 – Diagrama de Sequência – Exportar Imagem.	36
Figura 26 – Diagrama de Classes do Experimento – Simplificado.	36
Figura 27 – Diagrama de Classes do Modelo de Processo – Simplificado.	37
Figura 28 – Instantâneo da ferramenta de construção de protocolo de experimentação.	40
Figura 29 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Definição.	42
Figura 30 – Questões e Métricas elaboradas na Atividade Planejamento (D’ARCE, 2012).	43

Figura 31 – Hipóteses elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012). . . .	43
Figura 32 – Variáveis Independentes elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	43
Figura 33 – Variáveis Dependentes elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	44
Figura 34 – Instrumentação – Ferramentas Informatizadas – Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	44
Figura 35 – Instrumentação – Materiais de Realizacao de Testes – Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	45
Figura 36 – Instrumentação – Materiais de Treinamento – Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	45
Figura 37 – Instrumentação – Questionários – Planejamento (D'ARCE, 2012). . . .	45
Figura 38 – Instrumentação – Formulários – Planejamento (D'ARCE, 2012). . . . .	46
Figura 39 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Planejamento. . . . .	46
Figura 40 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Operação. . . . .	47
Figura 41 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Análise e Interpretação. .	48
Figura 42 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Empacotamento e Apresentação. . . . .	49

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Banco de Dados Não-Relacional e sua tecnologia de armazenamento. . .	19
Tabela 2 – Análise Comparativa do Modelo Relacional e Não-Relacional (BRITO, 2010). . . . .	20
Tabela 3 – Cronograma de Atividades . . . . .	52
Tabela 4 – Cronograma de Atividades . . . . .	55

# Resumo

O conjunto de dados relativos aos procedimentos, artefatos, resultados e conclusões de um experimento controlado deve ser mantido em Pacotes de Laboratório. Contudo, há relatos na literatura de dificuldades de compreensão em relação ao plano de execução do experimento, devido à ausência de informações explícitas de sua estrutura, mesmo quando baseada na ontologia *ExperOntology*. Tal fato impacta negativamente a replicação ou mesmo a condução de um experimento, não permitindo uma visão geral sobre o estudo. Nesse contexto, o presente estudo propõe a utilização de modelos de processo de negócio para a modelagem de protocolos de experimentação, utilizando a notação gráfica BPMN, e sua incorporação ao Pacote de Laboratório. Assim, neste relatório são apresentadas as atividades para adequar uma ferramenta de modo a permitir a construção de modelos de processo de negócio para a representação do protocolo do experimento em um Pacote de Laboratório. Adicionalmente, a ferramenta contribui para a portabilidade e transferência de instâncias de Pacotes de Laboratório, facilitando a legibilidade e integração por utilizar de um modelo não-relacional orientado a documentos (XML). Neste texto também é apresentada a proposta para renovação da bolsa de iniciação científica.

# 1 Introdução

Este relatório tem como objetivo apresentar as atividades desenvolvidas pelo bolsista Leandro Ungari Cayres referente ao projeto registrado junto à FAPESP com número 2016/17477-2, sob orientação do Prof. Dr. Rogério E. Garcia, período compreendido entre dezembro de 2016 a setembro de 2017.

O objetivo geral deste projeto consiste em prover uma interface capaz de apresentar visualmente o protocolo de um experimento, utilizando a notação BPM (*Business Process Modeling*). Ou seja, deve-se: (1) prover ao experimentador a possibilidade de planejar seu experimento utilizando a notação BPM e; (2) prover ao replicador a possibilidade de visualizar o protocolo contido em um pacote de laboratório, também utilizando a notação BPM.

Como objetivo específico, considera-se a modificação da camada de apresentação (interface) da ferramenta *OntoExpTool*, incorporando o modelo gráfico BPM à ferramenta, assim como as adequações necessárias na camada de controle. É importante ressaltar que o objetivo é constituir um sistema de software que permita a concepção e a troca de pacotes de laboratórios, para apoiar a condução de experimentos controlados.

Como questões de investigação (em nível de Iniciação Científica), tem-se: o uso de BPM contribui para a definição do protocolo de experimentos? Quais recursos devem ser utilizados para o uso da tecnologia? Como suplantam limitações para a tecnologia a ser utilizada?

Para apresentar as atividades desenvolvidas, este relatório encontra-se dividido em 6 capítulos, além desta introdução:

- No Capítulo 2 é apresentada uma breve revisão sobre Engenharia de Software Experimental, com foco em experimentos controlados, para contextualização do projeto de pesquisa.
- No Capítulo 3, é descrita a utilização de pacotes de laboratório para o armazenamento e compartilhamento de dados relativos a experimentos controlados, assim como uso de modelos não-relacionais de gerenciadores de banco de dados em detrimento a modelos relacionais.
- No Capítulo 4 é descrito um breve histórico da notação BPM, assim como, apresentando os elementos que compõem a notação.
- No Capítulo 5 são apresentadas as atividades de implementação da interface de modelagem.



- No Capítulo 6 é apresentado a condução para o desenvolvimento de um protocolo de experimentação, na categoria de experimentos controlados, definindo a modelagem para o conjunto de atividades de cada fase de processo experimental.
- Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais do presente relatório, assim como o plano de atividades inicial e uma visão geral da execução das atividades previstas.

## 2 Engenharia de Software Experimental

A Engenharia de Software Experimental busca medir e avaliar modelos e tecnologias em contextos práticos, objetivando a obtenção de um corpo de conhecimento. Porém, resultados oriundos de um único experimento não são suficientes para estabelecer tal corpo de conhecimento, de modo a determinar fatos sobre um dado fenômeno devido às mais diversas variações que podem ser introduzidas no processo experimental (BASILI; SHULL; LANUBILE, 1999; MILLER, 2005; SHULL et al., 2003). Estudos demonstram que, para a avaliação, não basta considerar somente a técnica em questão, é preciso considerar também o contexto de sua utilização, por exemplo, o tipo de software e o ambiente de aplicação (CARVER, 2004). Perante a isto, se faz necessário que dados sobre estudos independentes sejam armazenados e compartilhados.

Neste contexto, a realização de estudos experimentais surgem como uma alternativa para avaliação de técnicas em diferentes contextos, assim como, a replicação de experimentos, embora não seja trivial, também auxilia na composição de um corpo de conhecimento capaz de apoiar análises consistentes das técnicas (SHULL et al., 2002).

### 2.1 Estudos Experimentais

O ato de experimentação consiste no centro do processo científico, a qual representa uma atividade na área de pesquisa científica e se utiliza de métodos de investigação experimental para a condução de experimentos (TRAVASSOS; GUROV; AMARAL, 2002).

Segundo Basili, Shull e Lanubile (1999), a experimentação ajuda a determinar a eficácia de métodos e de teorias propostas. Somente experimentos verificam as teorias, podem explorar os fatores críticos, e dar luz ao fenômeno novo para que as teorias possam ser formuladas e corrigidas.

Como apoio, os estudos experimentais atuam como ferramentas para obtenção dos dados necessários ao longo de todo o processo de desenvolvimento de software, almejando resultados objetivos e significativos para alcançar melhorias no processo. Segundo Wohlin et al. (2012), tais estudos podem ser divididos nas seguintes categorias: **pesquisa de opinião, estudo de caso e experimento controlado**.

Nesta primeira categoria – Pesquisa de Opinião – busca-se obter dados a respeito de uma técnica ou ferramenta específica, seja uma análise qualitativa ou quantitativa, em que a realização entrevistas ou aplicação de questionários a uma amostra capaz de representar uma determinada população, em que não são realizados quaisquer controles de

execução ou medidas. Em geral, modelo é aplicado em pesquisas descritivas, explicativas ou exploratórias.

A segunda categoria – Estudo de Caso – tem como foco o monitoramento de atividades, projetos ou tarefas visando a observar um atributo específico, ou estabelecer relações entre alguns deles, a qual se prolonga por um determinado período de tempo. Por se tratar uma atividade observacional, o nível de controle é mais elevado do que o anterior.

Por fim, na terceira categoria – Experimentos Controlados – o estudo experimental tem sua execução manipulada de forma direta e sistemática, a fim de se ter controle sob todos os elementos que o compõem. Diversos objetos representativos são selecionados, os quais compõem as variáveis analisadas no estudo. Podem ser efetuados experimentos controlados em ambiente universitário, de forma a reduzir custos e riscos do que aplicá-los diretamente na indústria.

A definição sobre abordagem de estudo experimental a ser escolhida está atrelada a diversos fatores. Um dos principais consiste no nível de controle necessário para avaliar a questão investigada. Mesmo sendo possível controlar as variáveis, deve-se considerar o nível de dificuldade, custo e risco envolvidos. Adicionalmente, deve-se considerar a viabilidade de replicação da situação básica investigada. Caso não haja possibilidade, sendo o custo um fator limitante, então um experimento controlado pode não ser recomendado (KITCHENHAM; LINKMAN; LAW, 1997).

O uso de uma taxonomia pode auxiliar a generalização de resultados experimentais. Inicialmente, a taxonomia para estudos experimentais considerava estudos *in vivo* e *in vitro*. Estudos experimentais *in vivo* envolvem pessoas em seu ambiente, e no caso de Engenharia de Software, trata-se de experimentos executados em organizações de desenvolvimento de software durante todo o processo de desenvolvimento e sob circunstâncias reais. Estudos de caso para a monitoração de projetos, que coletam dados ao longo do desenvolvimento, são exemplos dessa categoria, dada a característica essencialmente observacional. A dificuldade de isolar e controlar influências externas dificulta a análise e a validação de hipóteses (WOHLIN et al., 2012). Em contraponto, experimentos *in vitro* são executados em laboratórios, o que permite um alto grau de controle. Quando não é possível executar a associação aleatória de participantes a diferentes tratamentos, o estudo se enquadra na categoria de *quasi-experimentação* (WOHLIN et al., 2012). Em Engenharia de Software, experimentos dessa classe são normalmente executados em universidades e entre grupos selecionados de organizações de desenvolvimento de software (TRAVASSOS; BARROS, 2003).

Adicionalmente, uma extensão foi proposta por Travassos e Barros (2003), incluindo duas outras categorias – *in virtuo* e *in silico* – para acomodar estudos experimentais realizados com o apoio de modelos computacionais. A execução de experimentos *in virtuo* envolvem a interação entre os participantes e modelos computacionais da realidade. Em tais

experimentos o comportamento do ambiente é modelado e representado por programas de computadores, sendo descrito por um conjunto de valores de variáveis ou predicados, com os quais o participante interage reproduzindo o comportamento do sistema. Essa categoria de experimentação tem se destacado por seu baixo custo, em comparação aos modelos anteriores e sua facilidade de aplicação em situações reais (não laboratoriais). Entretanto, possui uma forte restrição: a qualidade do modelo computacional e, indiretamente, a sua implementação. A qualidade de um modelo está relacionada à capacidade de representar fielmente o comportamento de elementos do mundo real. Além disso, o treinamento dos participantes quanto ao uso dos recursos computacionais implementados é outro importante fator de risco (TRAVASSOS; BARROS, 2003).

Por sua vez, o termo *in silico* pode caracterizar estudos executados completamente por meio de modelos computacionais, em que ambiente, objetos e participantes têm seus comportamentos representados por modelos que simulam características relevantes em estudo. Pode-se projetar ambientes de experimentação compostos de modelos numéricos que não requerem qualquer forma de interação humana. Em relação à validade, a obtenção de um modelo que represente o comportamento do participante deve ser considerado com um dos pontos de maior dificuldade. Diversas variáveis podem influenciar tal comportamento, como experiência, seriedade, aspectos culturais, dentre outros e sua construção requer completo conhecimento sobre as variáveis envolvidas (TRAVASSOS; BARROS, 2003).

Segundo Travassos, Gurov e Amaral (2002), somente experimentos verificam as teorias, podem explorar os fatores críticos e dar luz ao fenômeno novo para que as teorias possam ser formuladas e corrigidas. O processo experimental deve ser conduzido de modo sistemático, disciplinado, controlando a avaliação de processos e de atividades humanas.

## 2.2 Processo de Experimentação

A avaliação de uma relação causa-efeito pode ser realizada por meio da verificação de uma hipótese em um experimento controlado. Em sua execução, manipula-se, de modo controlado, as variáveis independentes com o objetivo de observar o efeito das mudanças sobre as variáveis dependentes. Busca-se isolar quaisquer fatores que possam interferir nas relações de causa-efeito, por meio da definição de um conjunto de variáveis independentes que mapeiam possíveis relações, no âmbito do objeto de avaliação (GARCIA, 2006).

Desse modo, a execução de um estudo requer uma sequência de atividades estabelecidas previamente, pelas quais seja possível conduzir um processo experimental de modo preciso e sistemático.

Na Figura 1 é apresentado um gráfico com o processo de experimentação, adaptado de Wohlin et al. (2012), é possível observar as etapas, assim como o conjunto de tarefas associado a cada uma. Cada etapa é descrita detalhadamente a seguir.

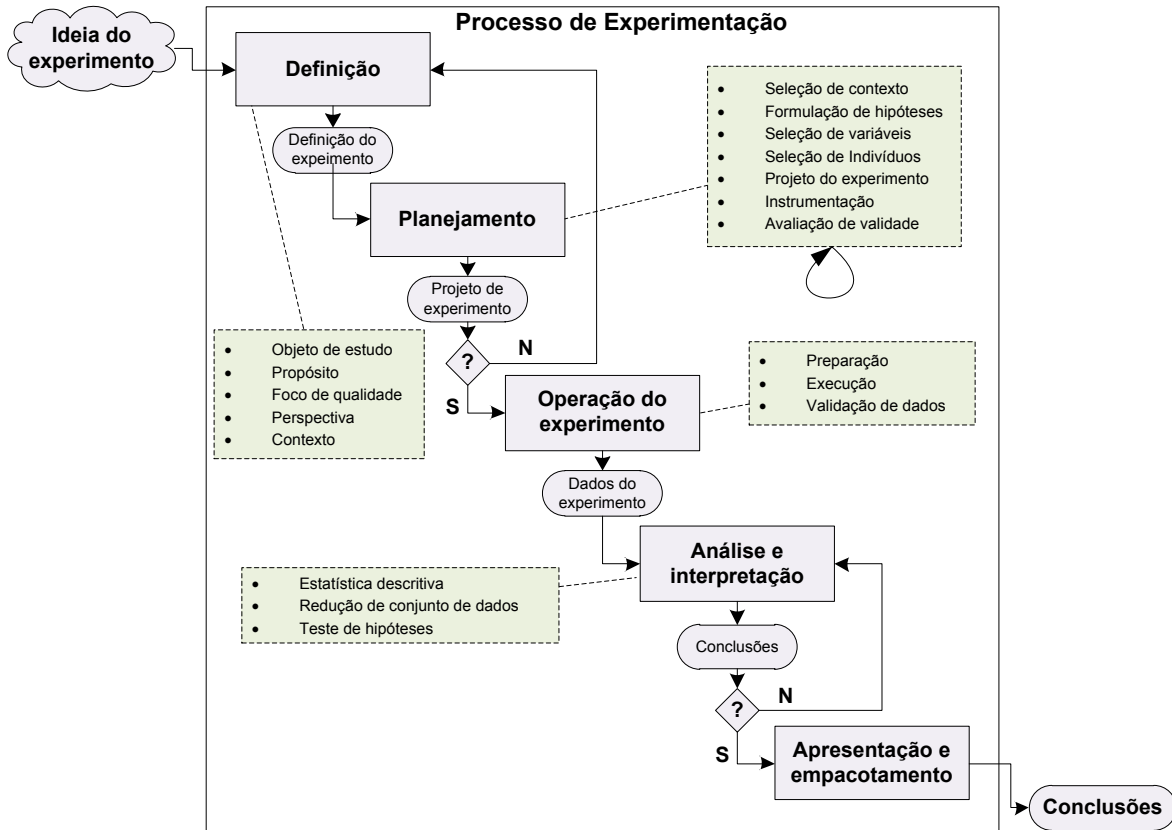


Figura 1 – Processo de Experimentação – adaptado de Wohlin et al. (2012).

A Fase de Definição, apresentada na Figura 2, a partir do reconhecimento de uma necessidade, é estabelecida uma sentença com a fundamentação do experimento declarando o problema a ser considerado. Deve-se estabelecer: o Objeto do Estudo (produtos, processos, recursos, etc), o Propósito (a intenção do experimento), o Foco (efetividade, custo, confiabilidade, etc), a Perspectiva (desenvolvedor, cliente, pesquisador, etc) e o Contexto (ambiente do experimento) (GARCIA, 2006).

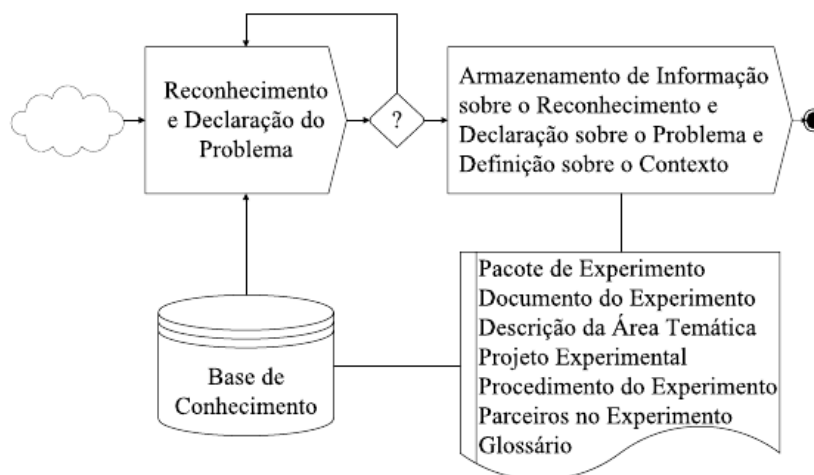


Figura 2 – Fase de Definição (GARCIA, 2006).

Em seguida, na Fase de Planejamento, descrita na Figura 3, deve-se determinar o Contexto de Experimentação considerando custos e riscos envolvidos, que em geral, induz à escolha de ambientes educacionais. Deve-se, também, formular as Hipóteses a serem testadas e selecionar as variáveis independentes e dependentes. A partir da Seleção dos Participantes, pode-se, então, realizar o Projeto do Experimento, elaborando o plano de condução e a submissão dos participantes aos tratamentos estabelecidos. Os métodos de análise estatística a serem aplicados aos dados devem ser estabelecidos, considerando as medidas e escalas adotadas. A elaboração do conjunto de artefatos de software, diretrizes para os participantes e questionários consiste na etapa de Instrumentação. Por exemplo, o questionário para coleta de dados relativos ao perfil de cada participante é preparado considerando as hipóteses que se deseja verificar e o mesmo se aplica a outros documentos de apoio (GARCIA, 2006).

Ao término dessa fase, deve ser efetuada uma análise de adequação do conjunto de dados definido, artefatos criados e elementos selecionados, e, se necessário, de modo repetido, até que se alcance a completitude necessária.

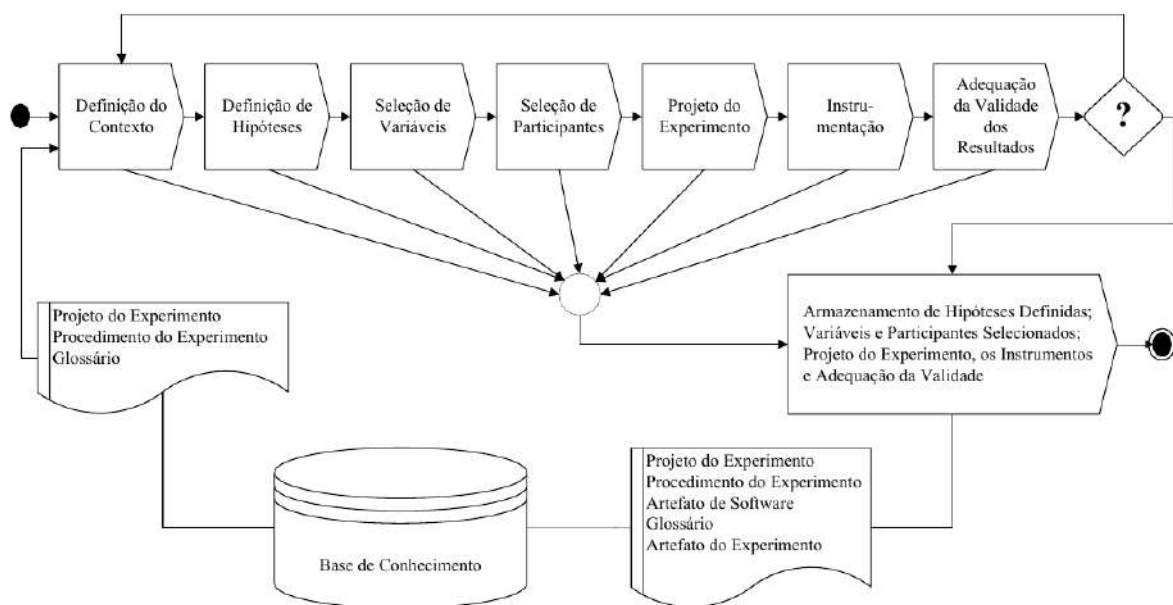


Figura 3 – Fase de Planejamento (GARCIA, 2006).

A Fase de Operação, apresentada na Figura 4, consiste na execução do experimento propriamente dita. Nessa fase, documentos gerados pelas atividades das fases anteriores, são utilizados para a condução do experimento. No final dessa fase observa-se um ponto de controle, que permite o retorno às etapas anteriores. Assim, encerra-se a execução apenas se os dados coletados forem aprovados em uma validação formal. O objetivo consiste em evitar inconsistência de dados, tais como dados incompletos, inexistentes ou incoerentes que possam dificultar a verificação das hipóteses. Vale ressaltar que, caso a coleta de

dados seja apoiado por formulários eletrônicos, é possível implementar a validação dos dados, tornando desnecessário esse ponto de controle (GARCIA, 2006).

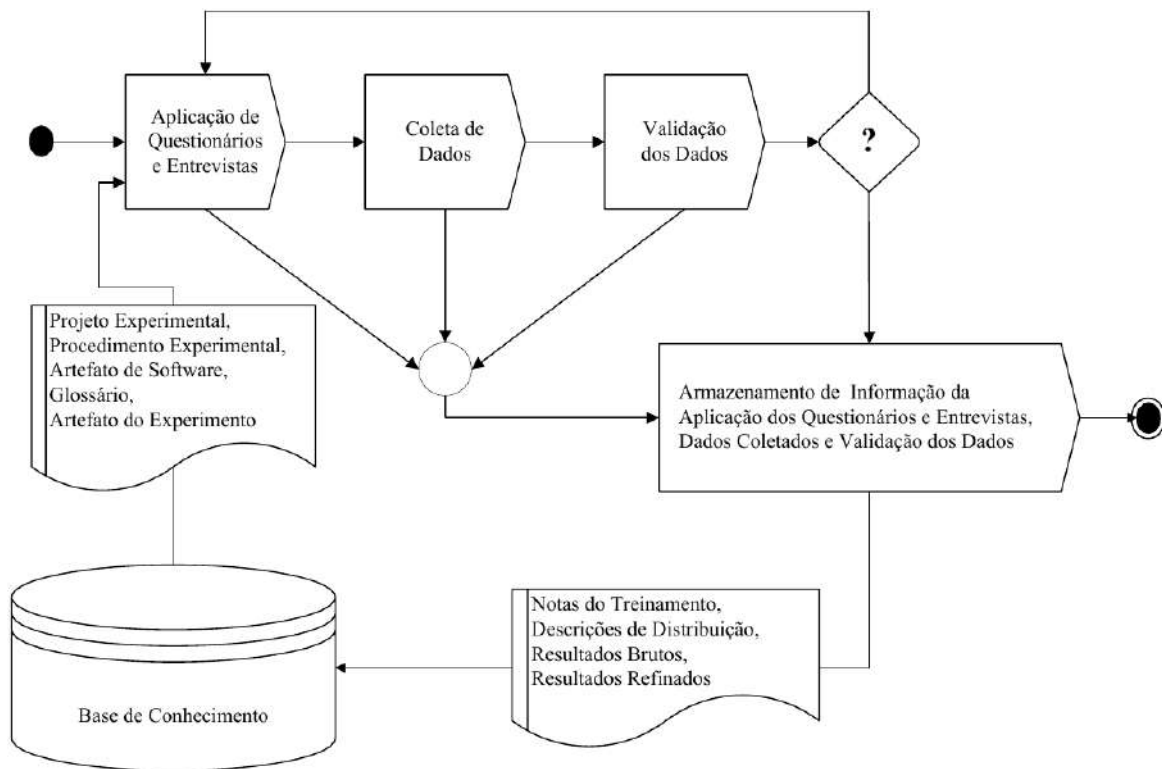


Figura 4 – Fase de Operação (GARCIA, 2006).

Por fim, a Fase de Análise e Interpretação, representada pela Figura 5 consiste em classificar os dados coletados e aplicar técnicas estatísticas, como medidas de dispersão e análise de variância. O objetivo de testar uma hipótese é verificar se é possível rejeitá-la, ou não, com base em amostra de alguma distribuição estatística, considerando uma dada margem de erro. Como os resultados dependem diretamente dos dados de entrada, o conjunto deve ser refinado e avaliado de forma a adequar-se à análise, desse modo, eliminando elementos não-confiáveis, discrepantes ou redundantes, caso existam (GARCIA, 2006). Por fim, os dados do experimento, resultados e conclusões devem ser registrados, assim como possíveis recomendações para utilização em trabalhos futuros.

Apesar de toda a relevância que um estudo experimental pode adquirir, faz-se necessária a execução em um contexto diferente, de modo a expor o dado conjunto de variáveis a fatores sociais, culturais, econômicos e tecnológicos diferentes, para solidificar o corpo de conhecimento. Tal execução pode ser realizada com a replicação do experimento.

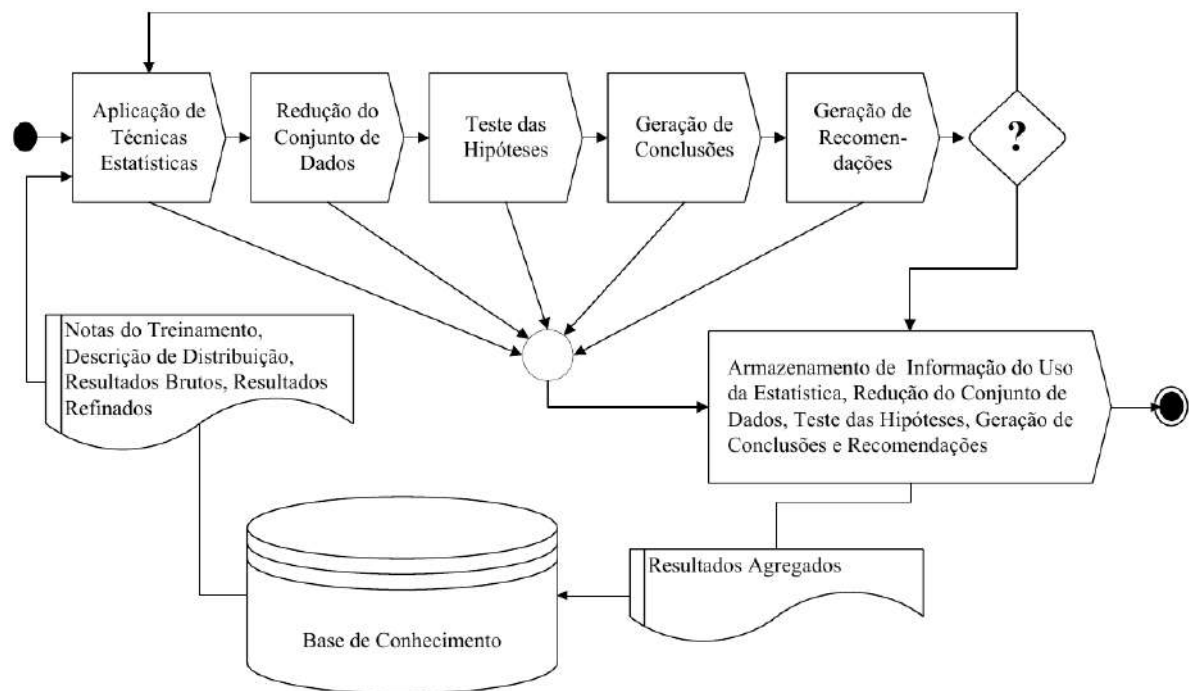


Figura 5 – Fase de Análise e Interpretação (GARCIA, 2006).

## 2.3 Processo de Replicação

Segundo Basili, Shull e Lanubile (1999), a construção de um corpo de conhecimento em Engenharia de Software requer a execução de famílias de experimentos e adoção de um conjunto de princípios unificados que permita combinar e generalizar resultados. A replicação de experimentos em diferentes ambientes culturais permite não somente confirmar, ou não, hipóteses sob condições diferentes das inicialmente propostas, como também formular novos questionamentos.

De modo a corroborar com o pensamento de que estudos isolados não são capazes de somar conhecimento, Miller (2005) também aponta três problemas potenciais: baixa força estatística; amplo número de potenciais influências sobre variáveis sob tratamento; e a verificação do processo e produtos do estudo.

A replicação de um experimento é de suma importância, viabiliza a análise das diferenças detectadas sob as variáveis e, conseqüentemente, uma avaliação com maior grau de segurança dos resultados. Além disso, a replicação permite estimar o efeito principal de qualquer fator experimental (KITCHENHAM; LINKMAN; LAW, 1997). De modo a classificar este processo, Basili, Shull e Lanubile (1999) propõem uma divisão em três categorias:

1. **Replicações sem variação de hipótese de pesquisa:** As variáveis dependentes ou independentes do experimento original não variam. Podem ser:



- Replicações estritas: repetem o experimento original tão precisamente quanto possível. São necessárias para aumentar a confiança na validade da conclusão do experimento.
- Replicações que variam a execução: variam o modo pelo qual o experimento é executado. Aumentam a confiança em resultados experimentais testando as mesmas hipóteses, mas alterando detalhes para tratar possíveis ameaças internas à validade.

2. **Replicações com variação de hipótese de pesquisa:** há variação de atributos do processo, produto e modelos de contexto, mas permanecem no mesmo nível de detalhamento que o experimento original. São subdivididas em:

- Replicações que variam as variáveis independentes: investigam que aspectos do processo são importantes como propriedades intrínsecas, variando o processo e examinando os resultados.
- Replicações que variam as variáveis dependentes: podem variar os modos nos quais a efetividade está sendo medida, para entender o impacto de uma tarefa em um processo pode haver melhores resultados.
- Replicações que variam as variáveis de contexto: variação de contexto no ambiente no qual a solução é avaliada. Podem identificar fatores ambientais importantes que afetam os resultados do processo sob investigação e, assim, ajudar a entender sua validade externa.

3. Replicações de extensão teórica: objetivam determinar os limites de efetividade de um processo, aplicando grandes mudanças no processo, produto e/ou modelo de contexto, para verificar se os princípios básicos permanecem.

Replicações de experimentos são essenciais não só para obter resultados comparativos ao experimento original, mas também para gerar e facilitar pesquisas experimentais colaborativas, transferir experiência na execução de experimentos e replicações, obter volume de dados para meta-análise e melhorar os artefatos do pacote experimental (SHULL et al., 2002; MALDONADO et al., 2006). A necessidade de conduzir um mesmo estudo em diferentes contextos para formar um corpo de conhecimento confiável introduz complicadores adicionais no processo de experimentação. Um aspecto fundamental para a condução de replicações e o uso do conhecimento nelas adquirido é o registro preciso do procedimento de condução do experimento em um Pacote de Laboratório.

Na Figura 6, o item *Regras* refere-se à condução do experimento, como distribuição de participantes em equipes e documentos, e o tempo de treinamento; o item *Documentos* refere-se aos documentos utilizados para treinamento e avaliação; o item *Artefatos de*

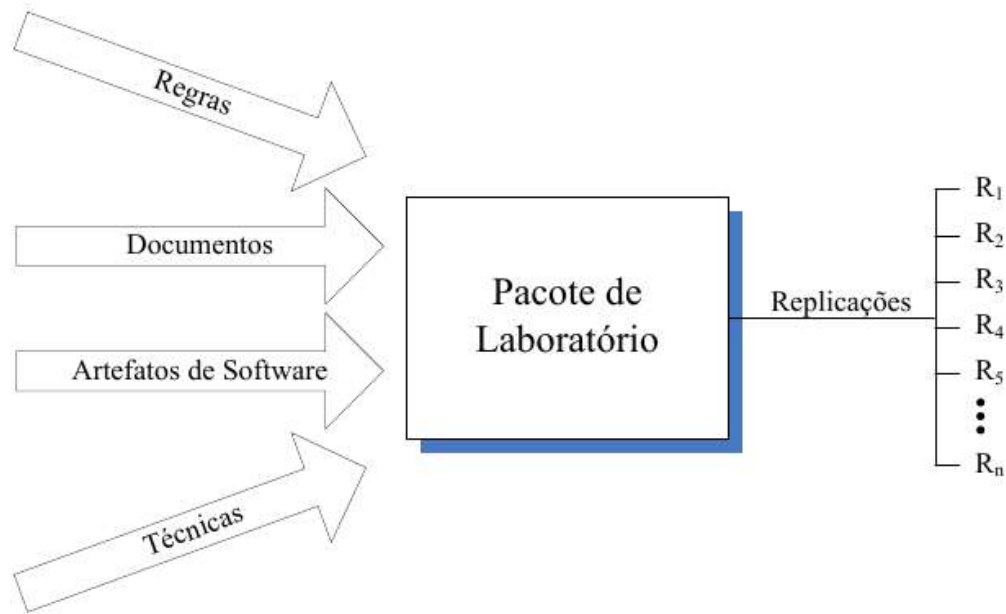


Figura 6 – Replicações de um experimento e o Pacote de Laboratório (GARCIA, 2006).

*Software* consiste no conjunto de artefatos utilizado, por fim, o item *Técnicas* refere-se não somente à técnica propriamente dita, mas também ao treinamento. Outra dificuldade encontrada diz respeito à habilidade de compartilhar conhecimento entre replicadores, que é fundamental para a execução de replicações e sua melhoria.

Segundo Shull et al. (2002), a partir da replicação de um experimento, além de verificar hipóteses, os experimentadores devem: facilitar a colaboração entre parceiros, transferir conhecimento sobre a execução do experimento e replicações, conduzir meta-análises, e melhorar o empacotamento artefatos experimentais para futuras replicações. Além disso, há a possibilidade de combinar dados de vários experimentos para a condução de análise exploratória. Nesse contexto, faltam diretrizes que apoiem o registro e manutenção de informações explícitas e no nível de granularidade adequado.

Observa-se, também, a necessidade de critérios e diretrizes para a análise de dados oriundos de replicações distintas ou com alto nível de similaridade, no processo de empacotamento, transferência de conhecimento e condução de análises exploratórias. Todos consistem problemas a serem tratados na experimentação em Engenharia de Software (GARCIA, 2006).

## 2.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada uma sucinta definição de Engenharia de Software Experimental, demonstrando a importância de estudos experimentais em suas diferentes categorias, especialmente em relação a experimentos controlados e cada uma de suas fases no processo experimental. Vale ressaltar que embora seja elaboração um processo

sistemático e controlado, tais atributos não fornecem os parâmetros necessários para a composição de um corpo de conhecimento. Desse modo, verifica-se a necessidade da execução de processos replicação, por exemplo, entre grupos de pesquisa, de forma a expor a execução do experimento a diferentes contextos e níveis de experiência, visando eliminar possíveis influências sob o estudo experimental. Esse aprimoramento de conhecimento a partir de diversos estudos experimentais é tratado no próximo capítulo.

## 3 Pacotes de Laboratório

No âmbito da Engenharia de Software Experimental, diversas pesquisas, técnicas e ferramentas têm sido desenvolvidos para avaliar modelos ou otimizar soluções. Porém, tais recursos ou informações isoladas não formam um corpo de conhecimento consistente, então tornando necessário compartilhá-los entre os grupos de pesquisa por meio do uso de pacotes de laboratório.

A condução de experimentos controlados e suas respectivas replicações são organizadas em um *framework* proposto por [Mendonça et al. \(2008\)](#). O nível de experiência do condutor do experimento, tanto no papel de experimentador quanto de replicador, influencia a qualidade do estudo experimental e deve ser considerada na análise do experimento (talvez como uma ameaça). O conjunto de informações obtido a partir da execução do processo experimental compõe uma nova instância de pacote de laboratório ([GARCIA et al., 2008](#)).

Diversos pesquisadores relatam dificuldades na revisão de pacotes de laboratório, como problemas no compartilhamento de conhecimento entre grupos de pesquisa devido à falta de padronização para a integração de um conhecimento novo e/ou isolado ao conhecimento comum ([SCATALON; GARCIA; CORREIA, 2011](#)). Desse modo, é imprescindível a definição e a construção de um pacote de laboratório com o uso de uma estrutura de simples compreensão. O uso de ontologias para sua estruturação é uma alternativa para facilitar a transferência de conhecimento inter e intra-grupos. A *ExperOntology* foi proposta para a organização de Pacotes de Laboratório e é descrita na Seção 3.2.

### 3.1 Modelo para Melhoria da Experimentação

[Mendonça et al. \(2008\)](#) apresentaram um modelo para o processo de experimentação (FIRE – *Framework for Improving the Replication of Experiments*), apresentado na Figura 7, que objetiva o gerenciamento do conhecimento e a melhoria de replicações de experimentos controlados em Engenharia de Software.

Inicialmente, o ciclo de *Execução do Experimento* corresponde à execução do experimento em estudo. O ciclo de *Aprendizado Intra-Grupo* representa o aprendizado, empacotamento e planejamento de novos experimentos por um mesmo grupo de pesquisadores, visando a construir um corpo de conhecimento local. As atividades desse ciclo consistem em:

- Definição das metas do experimento.

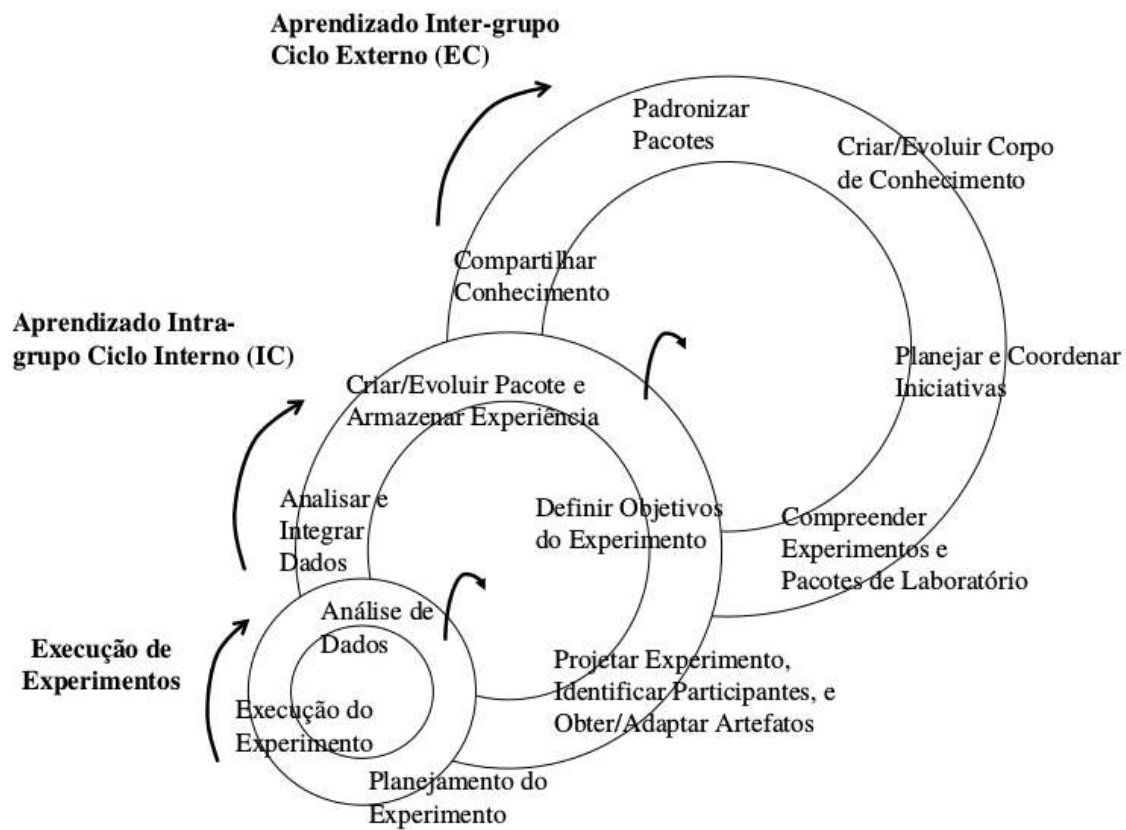


Figura 7 – Ciclos do processo *FIRE* (MENDONÇA et al., 2008).

- Planejar o experimento, identificar participantes e obter artefatos para a preparação do experimento.
- Execução do experimento.
- Instanciação e evolução de Pacotes de Laboratório, armazenando a experiência adquirida.

O ciclo de *Aprendizado Inter-Grupo* objetiva a padronização do Pacote de Laboratório, a evolução do pacote de experimentação e o compartilhamento de conhecimento entre os grupos de pesquisa, visa a construir um amplo corpo de conhecimento sobre um tema baseado em replicações executadas por diferentes grupos de pesquisa. As atividades chave são:

- Planejamento e coordenação das atividades experimentais entre grupos.
- Compreensão dos pacotes de laboratório e dos resultados experimentais inter-grupo.
- Compartilhamento e consolidação do aprendizado com outros grupos.

- Padronização do conhecimento adquirido pelos grupos de pesquisa.
- Criação e aprimoramento do corpo de conhecimento.

A externalização e internalização do conhecimento na forma de pacotes de laboratório e a concretização do conhecimento externo aos pacotes de laboratório são os pontos críticos do processo *FIRE*. A ausência de diretrizes que apoiem o registro e manutenção de informações explícitas, e a referencia de pacotes de laboratório como corpo de informação explícita sobre um experimento para alcançar uniformidade necessária entre replicações são mencionados na literatura. Entretanto, o *FIRE* não aborda como solucionar tais problemas, assim como não indica outros mecanismos que possam apoiar de modo adequado a evolução do conhecimento (GARCIA, 2006).

### 3.2 *ExperOntology*

Na Ciência da Computação, o termo ontologia foi introduzido inicialmente por Gruber (1995), que a definiu como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Posteriormente, uma reformulação foi proposta por Borst (1997) acrescentando a perspectiva colaborativa: “Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Quando representado de maneira formal, o corpo do conhecimento se baseia em uma conceitualização explícita ou implícita, sendo composto por objetos, conceitos, outras entidades e as suas relações existentes na área de interesse. Tal conceitualização é considerada uma visão simplificada e abstrata do mundo representado para atingir algum dado objetivo (RAUTENBERG, 2016). Adicionalmente, uma ontologia é uma especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada, definindo parte de um domínio por meio de termos relevantes e seus respectivos relacionamentos, cuja estruturação é baseada por determinadas regras.

Garcia et al. (2008) propõem o uso de uma ontologia para apoiar a atividade de *Empacotamento* no contexto de Engenharia de Software, a qual descreve os conceitos que compõem um pacote de laboratório para experimentos controlados, chamada *ExperOntology*, apresentada em seu nível de abstração mais alto na Figura 8.

A *ExperOntology* baseia-se no conhecimento de pesquisadores e na experiência em condução de experimentos controlados, principalmente na avaliação das técnicas V&V (Validação e Verificação). É composta por dois níveis de refinamento, sendo que o primeiro se refere aos principais conceitos de experimento controlado, enquanto o segundo trata do refinamento dos conceitos e do pacote de laboratório. Na condução de um experimento original, é gerado um pacote de laboratório, assim como no processo de replicação.

A ontologia proposta por Garcia et al. (2008) visa a definir o principais conceitos de experimentos controlados desde a fase de definição até a análise de resultados, sendo

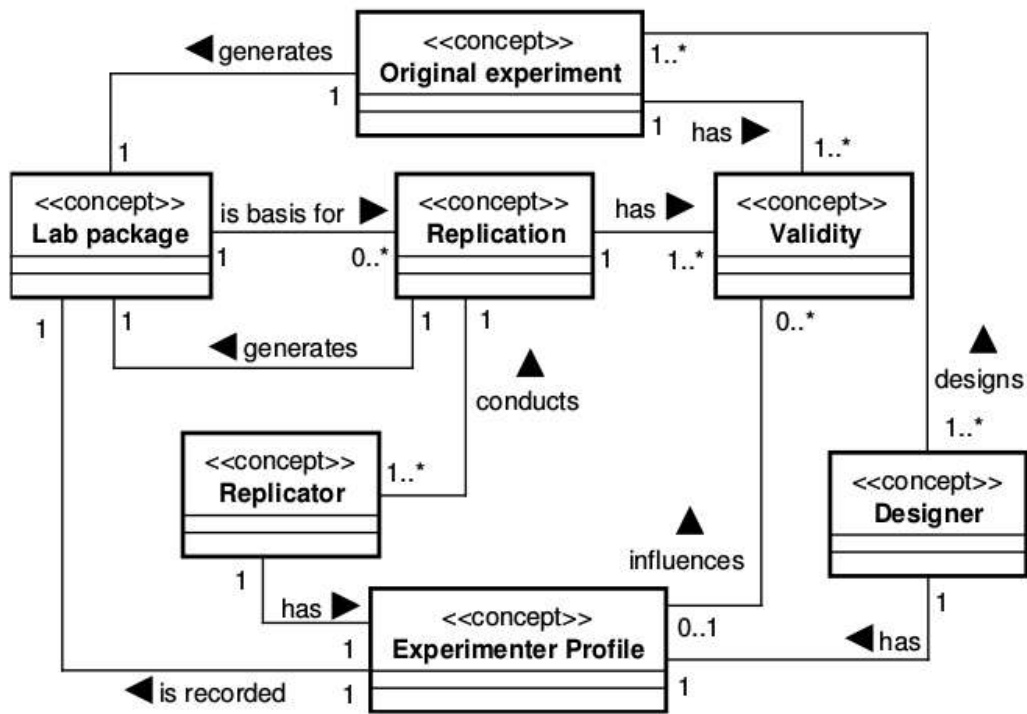


Figura 8 – Ontologia para Experimentos Controlados (GARCIA et al., 2008).

importante ressaltar a evolução do experimento e o uso de pacotes de laboratório para armazenamento.

Na Figura 9 são definidos os conceitos para um pacote de laboratório. Inicialmente, a hipótese inicial de um experimento controlado é definida, sendo constituída pelo objeto de estudo, de acordo com o propósito, sob o foco da qualidade e um contexto específico. Um exemplo de utilização de como um conceito instanciado é utilizado em múltiplas fases do processo de um experimento, é o conceito *Hipótese Formalizada*:

- Na atividade *Definição*, a medida que o objetivo do experimento é definido, a base para formulação das hipóteses também é estabelecida, incluindo a *Hipótese Inicial*.
- Durante a atividade *Planejamento*, servirá de base para a criação das *Hipóteses Formalizadas* (Hipótese Nula e Hipótese Alternativa). Após a criação das *Hipóteses Formalizadas*, o experimentador estabelece a *Variável Independente* e *Variável Dependente*.
- Durante a atividade *Operação*, os tratamentos são aplicados aos sujeitos, ou seja, o experimento tem sua execução iniciada.
- Após o término da execução, ainda na atividade *Operação*, é conveniente que o experimentador aplique uma validação dos dados. Isso ocorre por meio da verificação e validação dos dados informados pelos participantes, para que os resultados

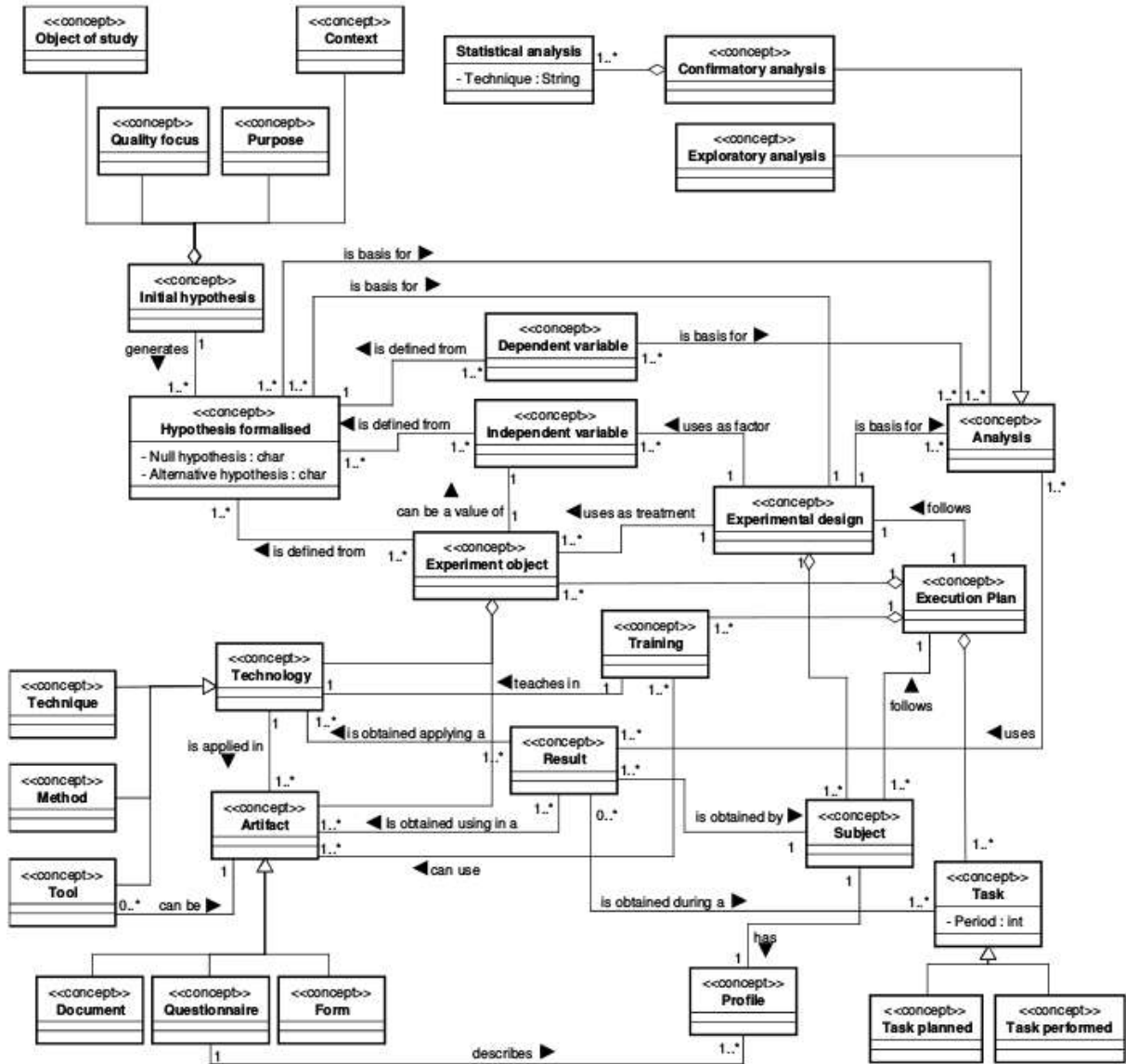


Figura 9 – Ontologia para Pacotes de Laboratório (GARCIA et al., 2008).

do experimento sejam válidos, e para tanto, as *Hipóteses Formalizadas* são ser consultadas.

Em seguida, na atividade *Análise e Interpretação*, durante os *Testes de Hipóteses*, as *Hipóteses Formalizadas* passam por avaliação para que seja verificado qualquer possibilidade de rejeição de uma hipótese nula. Hipóteses e conclusões são armazenadas no pacote de laboratório (Pucci Neto et al., 2014).

Todos os conceitos apresentados devem ser mantidos no Pacote de Laboratório. Quando se usa uma ferramenta computacional como apoio ao *Empacotamento*, os conceitos podem ser persistidos em uma base de dados ou outro meio equivalente.



### 3.3 Bancos de Dados Não-Relacionais

Diversas tecnologias para armazenamento de dados têm sido propostas para a persistência de dados, como os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (*SGBDs*).

O modelo relacional de dados tem sido utilizado em larga escala desde a sua criação. Esse modelo tem como característica a utilização de tabelas e tuplas para o armazenamento de dados, assim como o uso de chaves primárias para garantia a unicidade (identificação única de elementos de dados) ([BRITO, 2010](#)).

Mediante o crescente número de aplicações, o volume de dados tem aumentado exponencialmente nos últimos anos, e com tal crescimento limitações do modelo relacional têm ficado evidente, principalmente quanto à eficiência na recuperação de dados e escalabilidade ([TOTH, 2011](#)). Para este projeto, a principal limitação é a restrição de estruturas de tabelas pré-definidas, com seus respectivos atributos, trata-se de um fator limitante, pois experimentos controlados podem ter variações nos dados tratados, difícil de ser acomodados em uma estrutura relacional.

Como alternativa, há soluções tecnológicas que priorizam flexibilidade quanto ao armazenamento, desse modo, não empregam regras presentes no modelo relacional tradicional. Um dessas alternativas é o Modelo Não-Relacional (NoRel), cujo objetivo não é substituir o modelo relacional, mas utilizá-lo em casos em que seja mais vantajoso admitindo a falta de rigidez nas estruturas de dados, como em ambientes de Big Data. Alguns representantes de base não-relacionais são: Cassandra ([CASSANDRA, 2014](#)), Dynamo ([SIVASUBRAMANIAN, 2012](#)), MongoDB ([BANKER, 2011](#)) e BigTable ([CHANG et al., 2008](#)).

Devido à inexistência de regras para a organização dos seus dados, diversas categorias de sistemas de banco de dados não-relacionais tem sido desenvolvidas, os principais são detalhados a seguir.

- Orientados a Colunas (*Column*): é a categoria que mais se aproxima do modelo relacional, porém todas as suas operações são voltadas para as colunas, ao invés das tuplas, como no modelo relacional. O seu grande diferencial está na facilidade de inserção de novas colunas, ou seja, novos atributos com o sistema já em operação, conforme se tornarem necessários, sem apresentar problemas de esquema ou redundância de dados ([VAISH, 2013](#)).
- Armazenamento em Documentos (*Document*): nessa categoria cada item é armazenado em um novo arquivo, em geral sua organização é feita por meio de estruturas chamadas *Coleções* as quais são equivalentes as tabelas no modelo relacional, não possuem qualquer esquema, dois objetos de uma mesma coleção podem ter atributos

diferentes, o que permite grande flexibilidade, sendo que cada registro é um arquivo. Os principais formatos de arquivos são JSON, XML, BSON e YAML (VAISH, 2013).

- Armazenamento Chave/Valor (*Key/Value*): também muito semelhante à categoria anterior (*Document*), porém seu armazenamento é feito com uso de uma chave, assemelhando-se a uma tabela *Hash*, ou um *array* associativo. Sua grande vantagem é busca por chaves (VAISH, 2013).
- Armazenamento em Grafos (*Graph*): esta categoria tem foco nos relacionamentos entre as entidades, que no caso são os nós do grafo, permitindo o uso de múltiplas ligações entre os nós para demonstrar características em comum. Esse modelo pode ser ideal para redes sociais. Uma prática usual é a mescla entre o banco de dados orientado a documentos e o orientado a grafos, tornando não obrigatória a presença de relacionamentos (VAISH, 2013).

Tabela 1 – Banco de Dados Não-Relacional e sua tecnologia de armazenamento.

Document	Key-Value	XML	Column	Graph
MongoDB	Redis	BaseX	BigTable	Neo4J
CouchDB	Membase	eXist	Hadoop/HBase	FlockDB
RavenDB	Voldemort	-	Cassandra	InfiniteGraph

Na Tabela 1 há uma lista sucinta de tecnologias de banco de dados não-relacionais e a respectiva classificação, segundo as classes de armazenamento apresentadas. Antes de se estabelecer uma comparação entre os modelos, é importante definir conceitos como que deem compor essa comparação, são eles (TOTH, 2011; BRITO, 2010):

- Escalonamento: este conceito, no contexto de banco de dados, consiste na capacidade de distribuição tanto horizontal (*scale out*), neste caso a estruturação do sistema é dividida em várias máquinas tanto por parte do banco de dados; quanto vertical (*scale up*), no qual são realizadas melhorias de hardware em relação ao processamento e ao armazenamento.
- Consistência: refere-se à capacidade de manter os dados de forma íntegra, de modo que evite inconsistências no banco de dados que corrompam os dados armazenados.
- Disponibilidade: esse quesito se refere à capacidade de acesso do usuário à referida informação, tanto em quesito de velocidade, quanto de solicitação.

Por fim, de modo a esclarecer as reais vantagens e desvantagens do uso de uma base de dados não-relacional, na Tabela 2 é apresentado um comparativo com o tradicional modelo relacional analisando os quesitos de consistência, escalonamento e disponibilidade (BRITO, 2010).

Tabela 2 – Análise Comparativa do Modelo Relacional e Não-Relacional (BRITO, 2010).

	Relacional	Não-Relacional
<b>Escalonamento</b>	Possível, porém complexo devido à natureza estruturada do modelo, a adição de forma dinâmica e transparente de novos nós no modelo; não é realizada de modo natural.	Uma das principais vantagens desse modelo, por não possuir nenhum tipo de esquema predefinido, o modelo possui maior flexibilidade; o que favorece a inclusão transparente de outros elementos.
<b>Consistência</b>	Ponto mais forte do modelo relacional. As regras de consistência presentes propiciam uma maior grau de rigor quanto à consistência dos dados.	Realizada de modo eventual no modelo: só garante que, se nenhuma atualização for realizada sobre o item de dados, todos os acessos a esse item devolvem o último valor atualizado.
<b>Disponibilidade</b>	Dada a dificuldade de se conseguir trabalhar de forma eficiente com a distribuição dos dados, esse modelo pode não suportar a demanda muito grande de informações do banco.	Outro fator fundamental do sucesso desse modelo. O alto grau de distribuição dos dados propicia que um maior número de solicitações aos dados seja atendida por parte do sistema e que o sistema fique menos tempo não-disponível.

### 3.4 Considerações Finais

Como apresentado neste capítulo, a condução de processos experimentais de modo isolado não é capaz de solidificar um corpo de conhecimento, faz-se necessário a avaliação de modelos, técnicas e ferramentas sob diferentes perspectivas e níveis de experiência. Desse modo, foi apresentado o arcabouço de atividades denominado *FIRE* (MENDONÇA et al., 2008), que visa ao aprimoramento do conhecimento oriundo de experimentos. Adicionalmente, foi apresentada uma ontologia denominada *ExperOntology*, a qual descreve o conjunto de conceitos para a formalização de um pacote de laboratório em experimentos controlados. Porém a qualidade do pacote instanciado está atrelado diretamente à tecnologia utilizada em sua concepção. Desse modo, apresentam-se com grande viabilidade base de dados não-relacionais orientadas a documentos, devido a eliminação de diversas regras de integridade, além de prover maior flexibilidade de dados, em detrimento às bases de dados relacionais.

## 4 Modelagem de Processo de Negócio

Um processo de negócio é descrito por um ou mais procedimentos que, de modo conjunto, focam a realização de um objetivo de negócio. A execução de um processo de negócio possui condições muito bem definidas de início e término, e pode combinar procedimentos automáticos e/ou manuais ([BRAGHETTO, 2011](#)).

Um processo de negócio pode ser modelado sob diferentes perspectivas. De acordo com os trabalhos sobre o assunto como [Russell \(2007\)](#), [Becker, Rosemann e Uthmann \(2000\)](#) e [Curtis, Kellner e Over \(1992\)](#), as perspectivas mais relevantes são descritas a seguir ([BRAGHETTO, 2011](#)):

- **Controle de Fluxo:** descreve as tarefas pertencentes ao processo e sua ordem (parcial) de execução por meio de diferentes construtores de composição. As tarefas podem ser divididas em dois tipos: elementares (representando unidades atômicas de trabalho) e compostas (modularizando a ordem de execução de um conjunto de tarefas).
- **Dados:** entrelaça dados da lógica do negócio ao controle de fluxo do processo. Esses dados podem ser documentos ou outros objetos que são passados de uma tarefa para outra, ou variáveis locais do processo usadas para expressar pré ou pós condições para a execução de uma tarefa.
- **Organizacional (também chamada de recursos):** atrela uma estrutura organizacional ao processo, por meio da definição de papéis (desempenhados por pessoas ou equipamentos) responsáveis pela execução das tarefas;
- **Tratamento de Exceções:** lida com as causas das exceções e as ações que precisam ser tomadas nos seus tratamentos.

Para a elaboração dos modelos de processos de negócio, é relevante o conhecimento de todos os elementos envolvidos na execução de processos, tais como atores, clientes internos e externos, recursos e limitações; por meio dos quais é estabelecido um modelo que propicia um melhor entendimento, organização e representação, seja esta uma visão contextual abstrata ou com alto nível de detalhamento, conforme necessário.

Tipicamente, a representação de um modelo de processos inclui ícones, que representam atividades, eventos, decisões, condições e outros elementos do processo ([BRAZIL, 2011](#)). Esses elementos podem conter informações sobre os relacionamentos entre eles e com o ambiente, bem como sobre o comportamento de cada elemento na cadeia de processos.

Neste trabalho, a *Business Process Model and Notation* (BPMN) é utilizado como linguagem para a especificação do controle de fluxo de tarefas dos processos de negócio para a concepção de modelos que representem o plano de execução em experimentos controlados.

## 4.1 *Business Process Modeling and Notation*

A especificação da notação BPMN foi elaborada e lançada em 2004 pelo Instituto de Gerenciamento de Processos de Negócio ou BPMI (*Business Process Management Institute*), que realizou fusão ao Consórcio OMG. Posteriormente, a notação BPMN foi adotada pelo Consórcio OMG como o padrão para modelagem de processos. Após a padronização, foram lançadas algumas versões subsequentes, atualmente encontrando-se na versão 2.0 ([COMMITTEE et al., 2016](#)).

A especificação agrega as melhores práticas da comunidade de modelagem de processos de negócio e os melhores conceitos existentes em outras notações relevantes, como as *Event-Process Chains* (EPC) e os diagramas de atividades da *Unified Modeling Language* (UML) ([BRAGHETTO, 2011](#)).

A construção de processos de negócio nessa notação utiliza um conjunto de padrões denominado “metamodelo para definição de processos de negócio” ([COMMITTEE et al., 2016](#)). Esse metamodelo possui um conjunto principal de conceito que segundo [Weske \(2012\)](#) são descritos nas seguintes categorias:

- **Modelo de Processo:** um modelo de processo representa um diagrama para um conjunto de instâncias de processos com uma estrutura similar. Cada modelo consiste em um conjunto de nós e arestas direcionadas com o objetivo de representar uma dada atividade. Permite-se aninhar modelos de processos dentro de outros modelos de processos, porém tal prática facilmente eleva o nível de complexidade.
- **Arestas:** consistem em arestas direcionadas que expressam algum tipo de relacionamento intra ou inter-procedural.
- **Nós:** um nó em modelo de processo pode representar uma atividade, um evento ou um portão.
  - a) *Atividades(Activity Model):* cada atividade descreve uma unidade de trabalho conduzida em um processo de negócio, podendo aparecer uma ou mais vezes em um mesmo modelo de processo. Uma atividade não objetiva dividir ou juntar nós, mas sim a execução de atividade, a qual possui uma entrada (aresta de entrada) e saída (aresta de saída).

- b) *Eventos (Event Model)*: os eventos capturam a ocorrência de estados relevantes para o processo de negócio. Os eventos sempre estão presentes em modelos de processo, e são estes que o devem iniciar e finalizar.
- c) *Portões (Gateway Model)*: um portão é utilizado para expressar o controle de fluxo, adicionando sequências, dividindo ou juntando nós.

Na Figura 10 são apresentadas as relações de hierarquia e de interação entre os elementos do metamodelo descrito anteriormente.

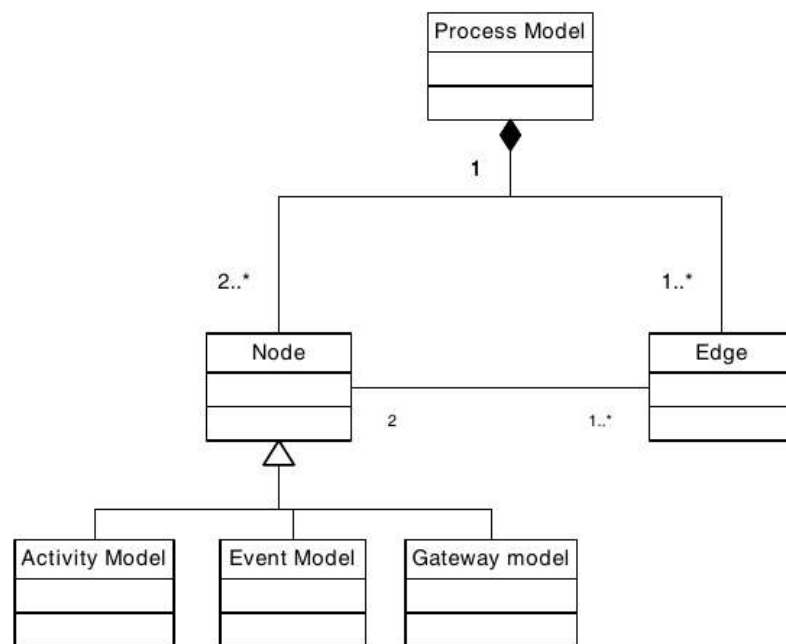


Figura 10 – Metamodelo da modelagem de processo de negócio (WESKE, 2012).

Segundo Correia e Abreu (2015), *Business Process Modeling and Notation* (BPMN) é atualmente a notação de modelagem de processos de negócio mais usada entre profissionais da área, devido a sua flexibilidade e abrangência. Consiste em uma tecnologia recente e pode ser utilizada por profissionais com diferentes níveis de conhecimento técnico. A formalização dos conceitos de modelagem de processos de negócio é baseada em um metamodelo construído a partir da linguagem *Unified Modeling Language* (UML).

Nesse sentido, a especificação *BPMN* também provê uma notação gráfica para representar processos de negócio por meio de um diagrama chamado “diagrama de processo de negócio”. Esse diagrama é elaborado a partir de um conjunto de elementos gráficos que compõem diagramas simples de serem desenvolvidos e compreendidos.

Na Figura 11 é apresentado, como exemplo, um simples diagrama de processo de negócio, no qual é possível identificar a interação entre dois atores por meio da execução de atividades e trocas de mensagens, assim como, o uso de recursos como artefatos e

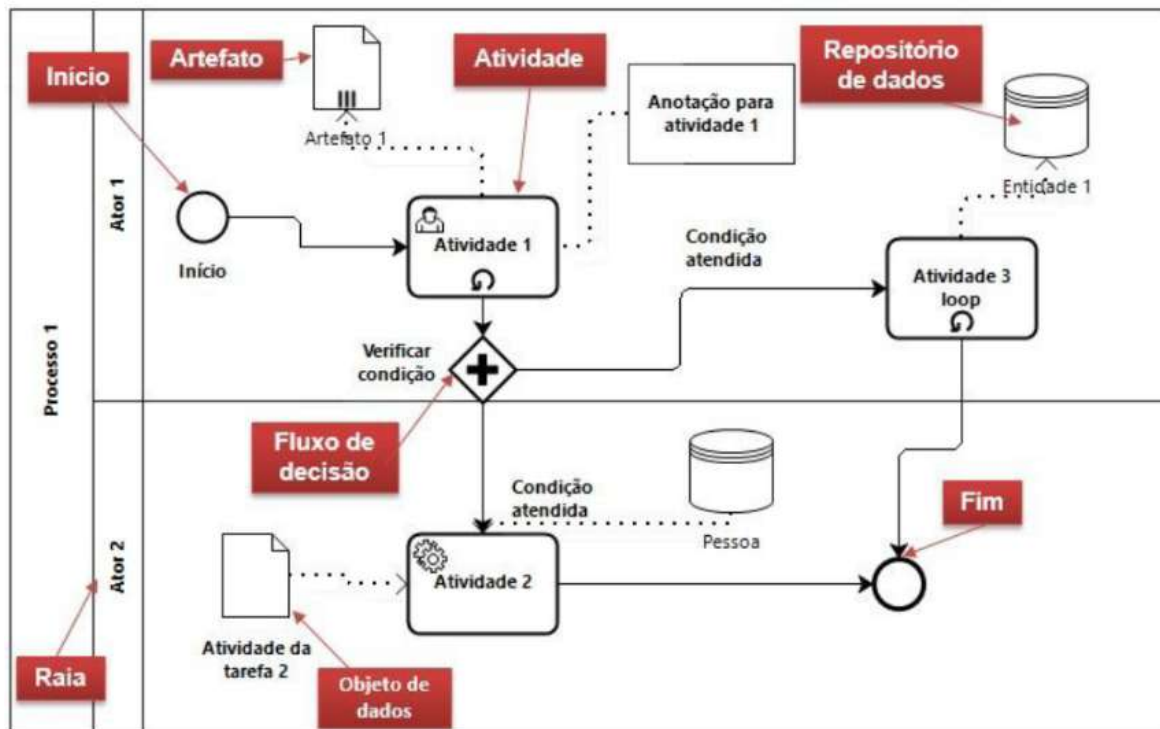


Figura 11 – Exemplo de diagrama BPMN – adaptado de (WESKE, 2012).

repositórios de dados. Cada elemento da notação BPMN é identificado pelas notas em vermelho.

A especificação completa da atual versão divide seus elementos em quatro categorias básicas: objetos de fluxo (*Flow Objects*), objetos de conexão (*Connecting Objects*), vias (*Swimlanes*) e artefatos (*Artifacts*). Na Figura 12 há uma visão geral dos elementos da atual versão do *BPMN*.

## 4.2 Protocolos de experimentação usando BPM

A compreensão do projeto do experimento e revisar suas informações é fundamental não só para a execução do experimento, mas também para sua replicação. Diversos pesquisadores têm realizado projetos pilotos que ocasionam possíveis erros e incorrendo em aumento de custos (KITCHENHAM, 2008).

A utilização da notação de processo de negócio pode contribuir diretamente tanto na concepção quanto na execução do protocolo de estudo experimental. Primeiramente, devido à facilidade de compreensão do uso que compõem a respectiva notação, principalmente por ser baseado em um padrão *UML*. Em segundo ponto, a utilização de pacotes de laboratório para o armazenamento das informações relativas aos protocolos realizados em cada experimento.

A representação do modelo de diagrama de processo de negócio também deve ser



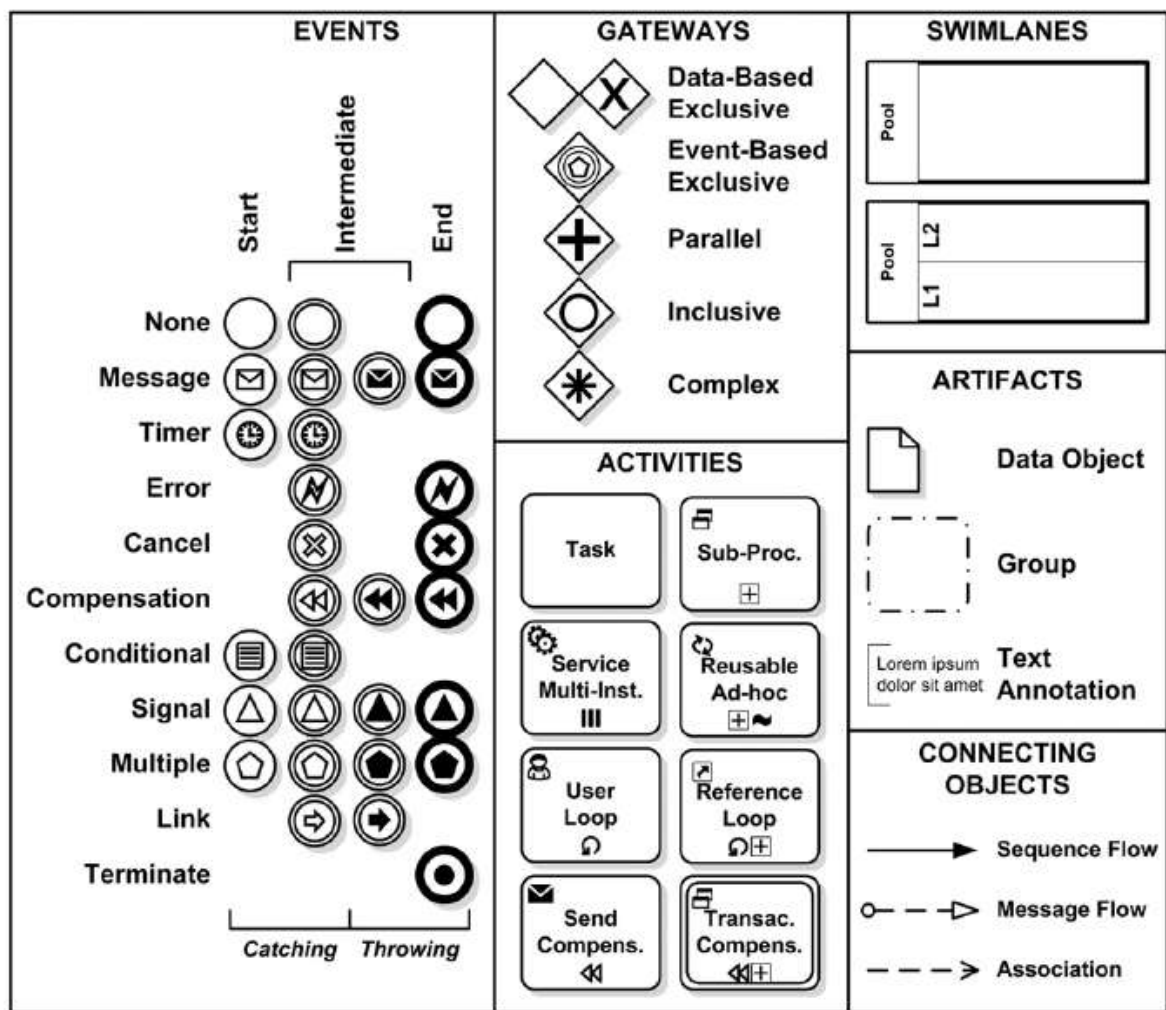


Figura 12 – Conjunto de elementos que compõem a versão BPMN 2.0 (COMMITTEE et al., 2016).

incorporada ao pacote de laboratório, viabilizando o compartilhamento do protocolo juntamente com os dados referentes ao experimento, tais como hipóteses, variáveis dependentes e independentes entre outros, permitindo, desse modo, atrelar os artefatos do experimento às suas respectivas atividades, seja em relação de saída (atividade na qual o artefato é produzido) ou em uma relação de entrada (atividade na qual o artefato é consumido).

A elaboração do conjunto de atividades, que compõem o protocolo de experimentação, deve contemplar todas as fases do processo experimental, como definido na Seção 2.2, apresentando as seguintes fases: *Definição*, *Planejamento*, *Operação*, *Análise e Interpretação*, e por fim, *Empacotamento*. Cada fase deve conter seu respectivo conjunto de atividades e a produção de artefatos que são incorporados ao corpo do experimento.

A seguir, nas figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são apresentados comparativos entre o modelo proposto de fases do processo experimental e a condução do experimento executado no trabalho de Martins (2017).



Inicialmente, na Figura 13 é apresentado o modelo de processo de negócio da Fase de Definição, representada pela Figura 2, na qual são apresentadas atividades que visam a definição aspectos relativos à problemática e ao contexto do experimento em questão. Nesse caso em específico, são realizadas atividades relativas à definição e à declaração do problema, e também, definição do contexto, resultando nos artefatos apresentados pelos elementos de dados (*Data Object*).

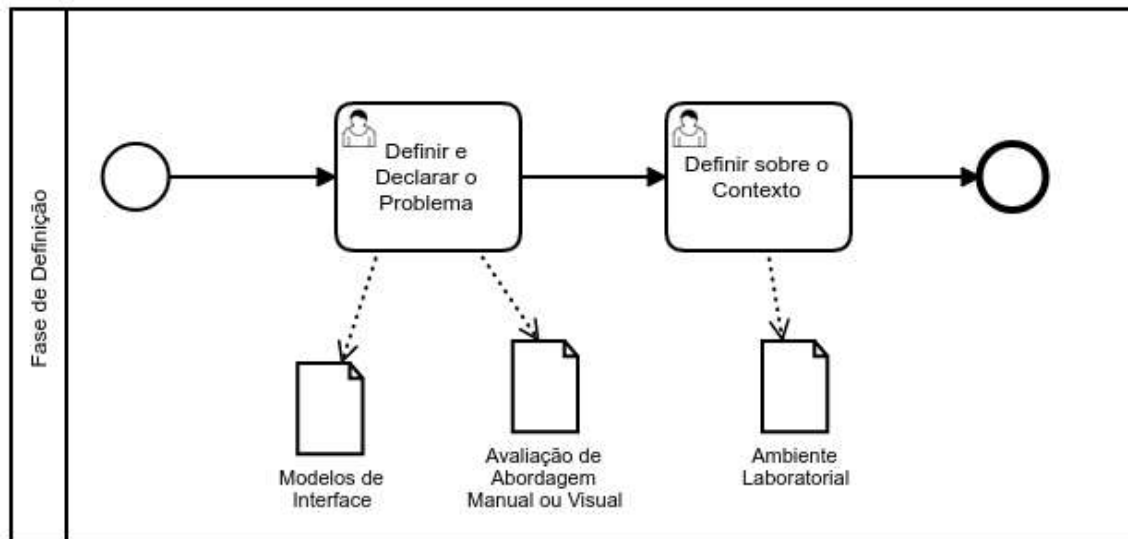


Figura 13 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Definição.

Na etapa seguinte, a fase de *Planejamento* (Figura 14) apresenta no modelo de processo são especificados diversos elementos importantes em estudo experimental, como hipóteses, variáveis, participantes, conforme a Figura 3.

As Figuras 15, 16 e 17 são referentes à fase de *Operação*, definida na Figura 4. Esta fase, como pode ser observado pelo modelo de processo de negócio, é a mais específica para cada processo experimentação, cujas atividades são altamente dependentes das definições anteriores.

Como ilustrado na Figura 15, a partir do conjunto de participantes foi proposta uma separação em dois grupos, os quais deveriam cumprir o mesmo conjunto de atividades de modo intercalado. Nas figuras 16 e 17 são apresentadas as atividades de cada grupo, as quais devem ser concomitantes, de modo a utilizar as duas abordagens propostas e prover dados para posterior avaliação das hipóteses.

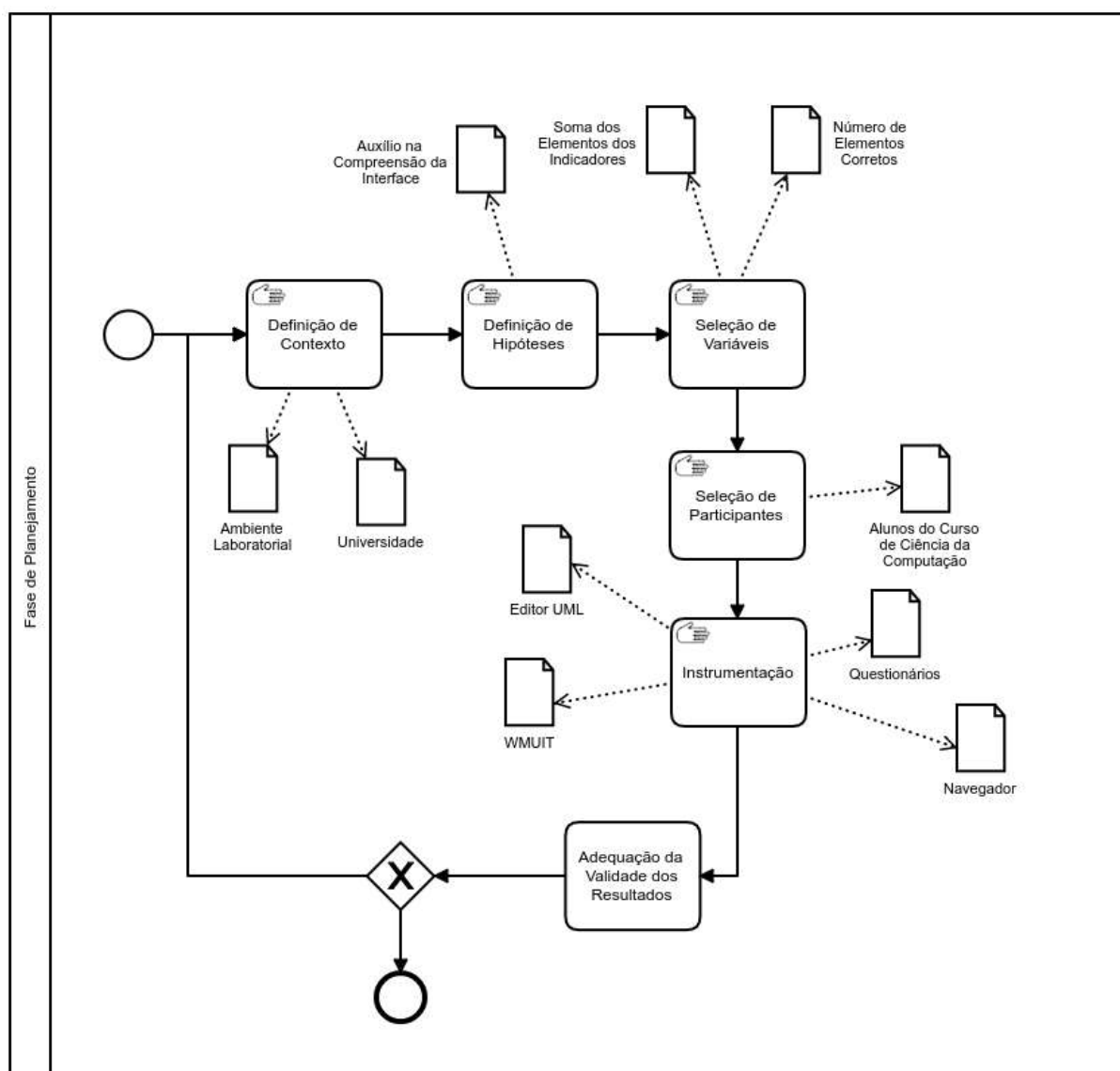


Figura 14 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Planejamento.

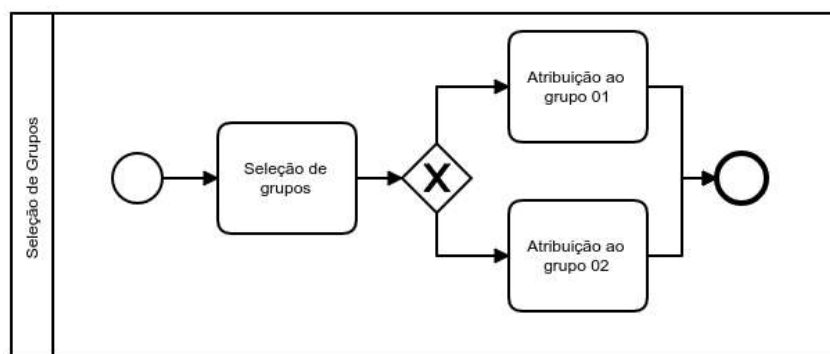


Figura 15 – Atribuição de participantes aos grupos.

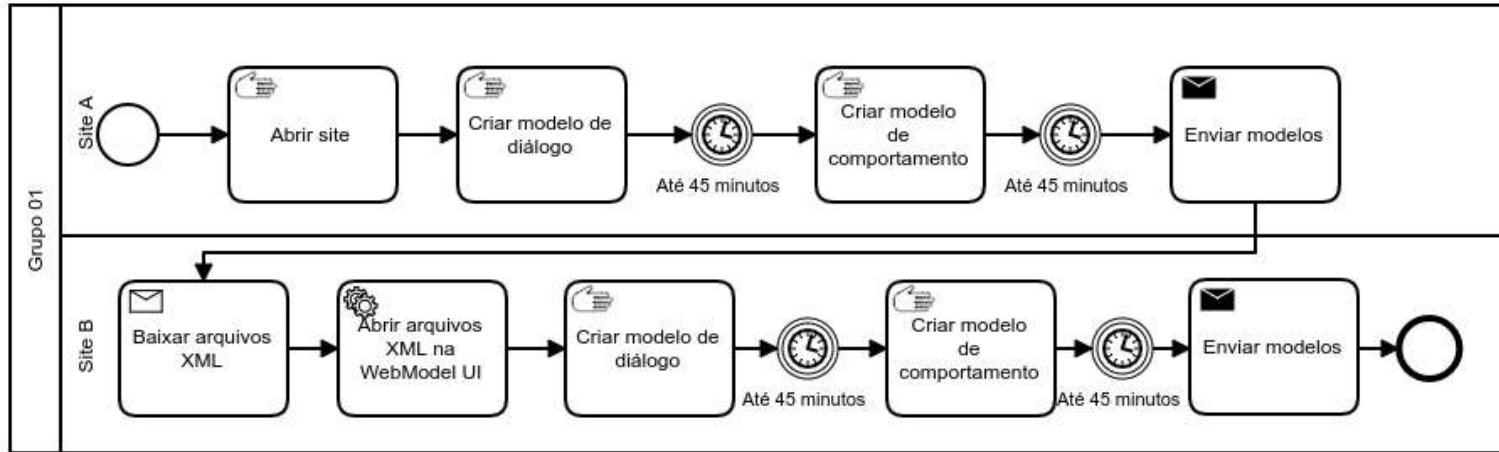


Figura 16 – Diagrama BPM referente às atividades dos participantes do primeiro grupo.

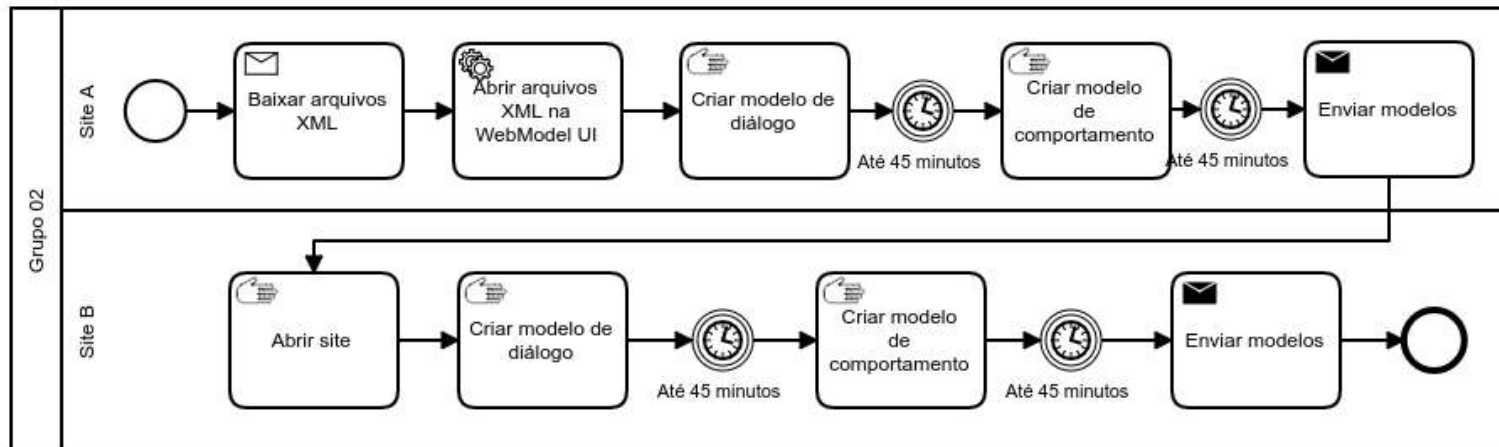


Figura 17 – Diagrama BPM referente às atividades dos participantes do segundo grupo.

Por fim, na Figura 18 e Figura 5, pode-se observar as atividades da fase de *Análise e Interpretação* para o referido estudo experimental. Nesse caso em específico, a partir dos dados coletados na etapa anterior, são aplicados modelos estatísticos, seguido de uma redução do conjunto de dados, permitindo a eliminação de vieses e avaliação das hipóteses. A partir dos resultados são elaboradas as conclusões do estudo e suas respectivas recomendações. De forma paralela, todo o conjunto de dados e informações é registrado em um pacote de laboratório.

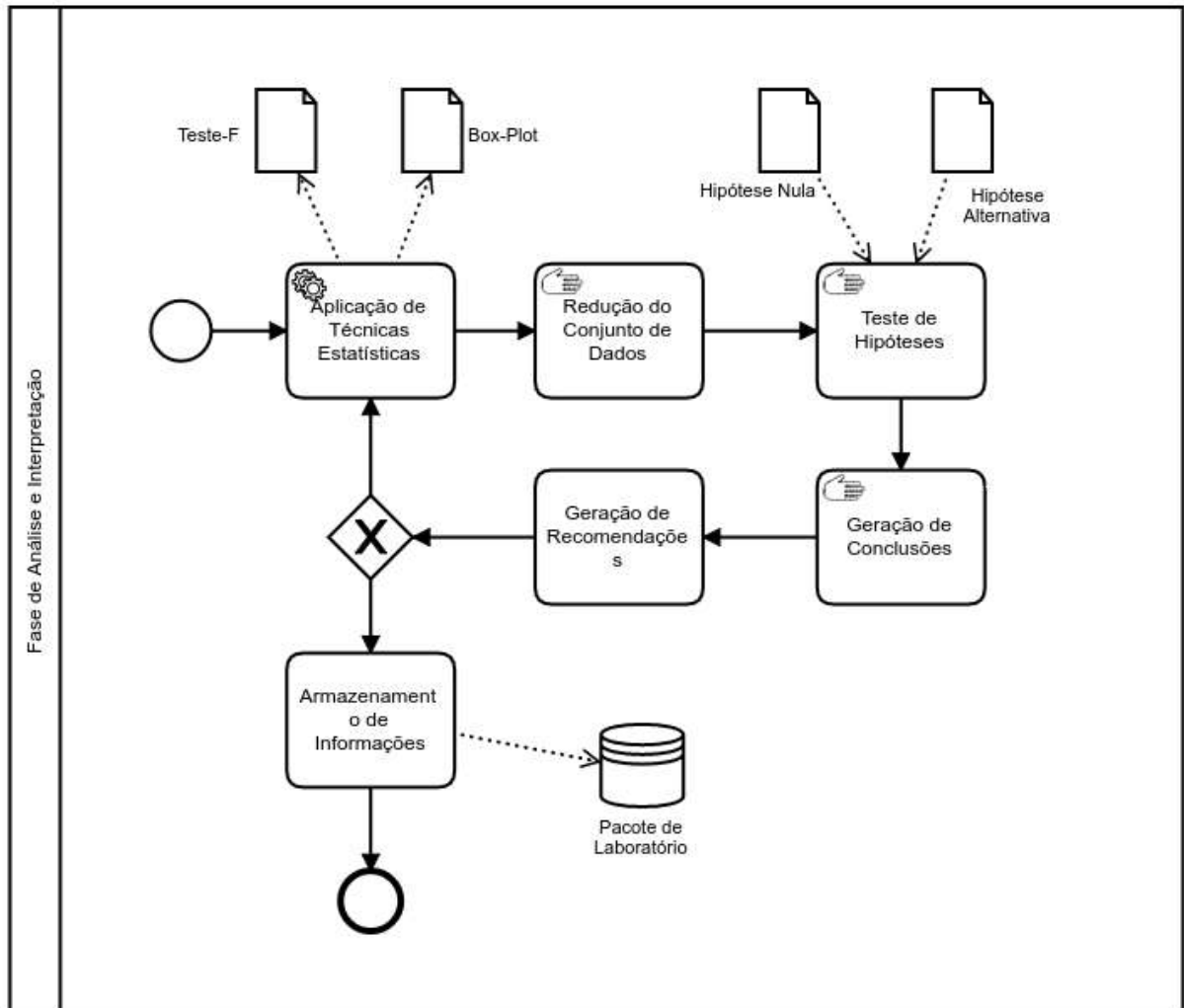


Figura 18 – Modelo de processo de negócio referente a Fase de Análise e Interpretação.

### 4.3 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado uma visão geral em relação a modelagem de processos de negócio, em especial, utilizando a notação BPMN, assim como, a elaboração de protocolos de execução em experimentos controlados. Um modelo processo pode ser elaborado sob diferentes perspectivas, tais como a perspectiva de controle de fluxo, perspectiva de dados,

perspectiva organizacional e perspectiva de tratamento de exceções; as quais diferem a partir do ambiente e do conjunto de conhecimento sobre o processo a ser modelado. Dentre as notações utilizadas, tem-se destaque para a *Business Process Modeling and Notation*, presente no arcabouço de notações UML e muito utilizada tanto para âmbito pesquisa quanto empresarial.

Na Engenharia de Software Experimental, pacotes de laboratório têm sido utilizados são compartilhados entre grupos de pesquisa. Porém foram detectadas ausências de informações relativas ao plano de execução do experimento, para isto é proposta a utilização da notação BPMN para a representação do conjunto de atividades executadas em cada fase do processo experimental.

No próximo capítulo, é apresentada a ferramenta de construção de protocolos de execução em experimentos controlados, a qual se utiliza da notação BPMN para modelagem e vincula estes dados em pacotes de laboratório definidos a partir da *ExperOntology*.

## 5 Ferramenta de Apoio de Protocolos de Experimentação

Neste capítulo são apresentados detalhes da estrutura, arquitetura e implementação da ferramenta de modelagem de modelos de processo de negócio para a concepção de protocolos de experimentação, e a adição destes em pacotes de laboratórios instanciados pela *OntoExpTool* (Pucci Neto et al., 2014).

A ferramenta tem como propósito oferecer os elementos necessários para a construção de modelos de processo que representem o conjunto de atividades executadas durante o processo experimental por meio da construção de um protocolo de experimentação e a vinculação dos produtos oriundos da experimentação às suas respectivas atividades.

### 5.1 Estrutura da Ferramenta

Na Figura 19 apresenta da sequência de atividades para este trabalho. Essa consiste em um conjunto de atividades que buscam representar através de modelos de processo de negócio cada fase do processo de experimentação em experimentos controlados, ou seja, todas as tarefas relativas às fases de *Definição*, *Planejamento*, *Operação*, *Análise e Interpretação*, e por último, o *Empacotamento*.

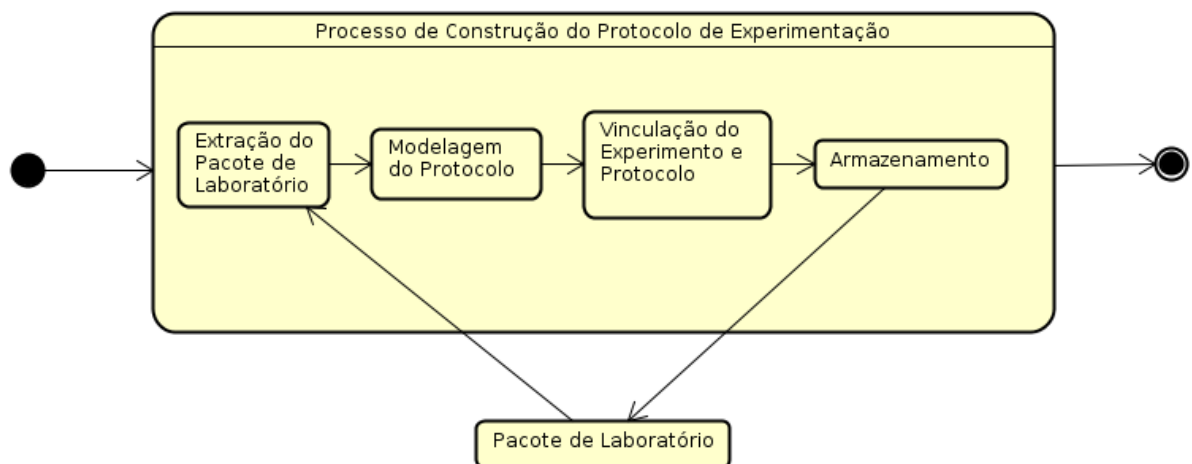


Figura 19 – Sequência de atividades para a concepção e construção de protocolos de experimentação.

A partir desse processo, foi elaborado o Diagrama de Casos de Uso, ilustrado na Figura 20, tanto no papel de experimentador, para a concepção e construção do protocolo

de experimentação, quanto no papel de replicador, para a visualização do protocolo.

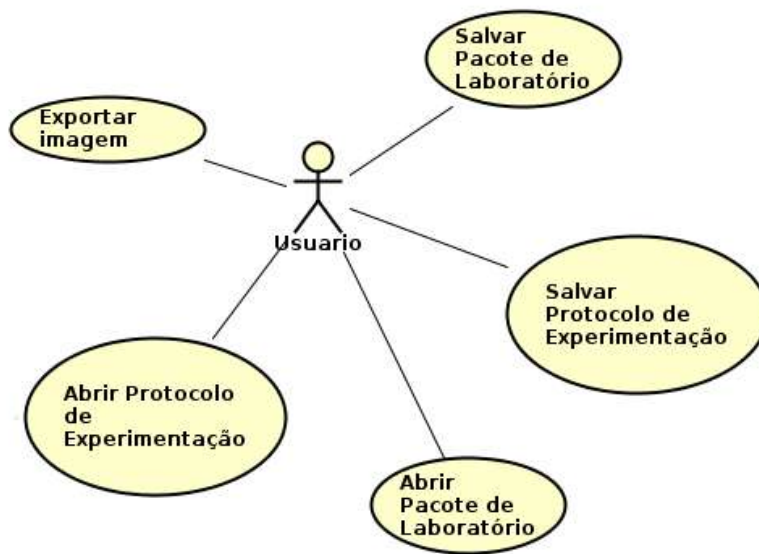


Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso.

Para cada atividade no Diagrama de Casos de Uso, foi gerado um Diagrama de Sequência, os quais são apresentados na Seção 5.3.

## 5.2 Arquitetura da Ferramenta

A ferramenta foi desenvolvida segundo a arquitetura de camadas *MVC* (*Model-View-Controller*). A primeira camada – *View* – corresponde ao conjunto de elementos *JavaServer Pages* (JSPs), responsáveis pela interação do usuário com o sistema. Neste sistema, são providos os elementos necessários para a construção dos modelos de processo de negócio. Os JSPs trocam mensagens com os *Servlets*.

A segunda camada – *Controller* – é composta pelos *Servlets* e controladores, sendo responsáveis pelo tratamento dos dados enviados pela camada anterior, assim como realizar a interação com o *Model*. A troca de dados é realizada por meio do método POST do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) utilizando a tecnologia AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) com a notação de objeto de dados JSON (*JavaScript Object Notation*).

Por fim, a terceira camada – *Model* – é responsável pela manipulação e validação modelo do sistema, correspondendo ao processo de negócio da ferramenta. Esta camada faz a interação com a persistência de dados, que usa um modelo de banco de dados não-relacional orientado a documentos, tendo *XML* como linguagem – ressalta-se que o próprio modelo deve ser persistido.

## 5.3 Diagramas de Sequência

### 5.3.1 Caso de Uso - Abrir Protocolo

Para a primeira atividade de Caso de Uso foi elaborado o seguinte Diagrama de Sequência – Abrir Protocolo – apresentado na Figura 21, no qual o usuário extrai somente o protocolo de experimentação, seja apenas para a visualização de seu conteúdo ou também para sua manipulação e aplicação de alterações sob o protocolo.

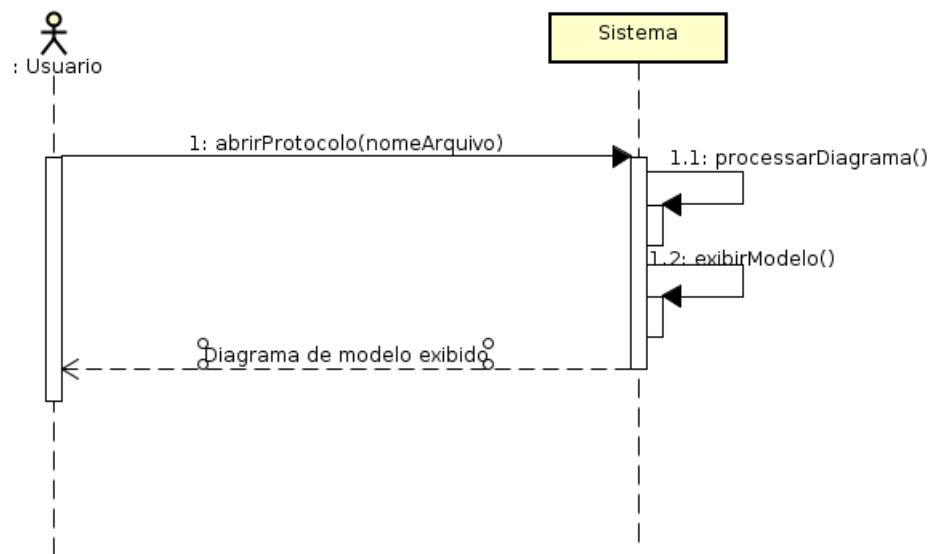


Figura 21 – Diagrama de Sequência – Abrir Protocolo.

### 5.3.2 Caso de Uso - Salvar Protocolo

Para este Caso de Uso, foi elaborado o Diagrama de Sequência – Salvar Protocolo – representado na Figura 22 no qual, sob o papel de experimentador, o usuário da ferramenta após a construção parcial ou total do modelo de processo de negócio solicita o armazenamento do diagrama na forma de um diagrama BPMN e, em seguida, fornece o nome do arquivo para o processo de gravação.

### 5.3.3 Caso de Uso - Abrir Pacote

Para este Caso de Uso, foi criado o Diagrama de Sequência – Abrir Pacote – o qual está ilustrado na Figura 23, no qual, tanto no papel de experimentador quanto replicador, o usuário a partir de um arquivo fornecido (Pacote de Laboratório) tem acesso de visualização e manipulação do protocolo de experimentação, assim como a consulta de informações textuais do experimento e do relacionamento entre itens do experimento com suas respectivas atividades no protocolo.



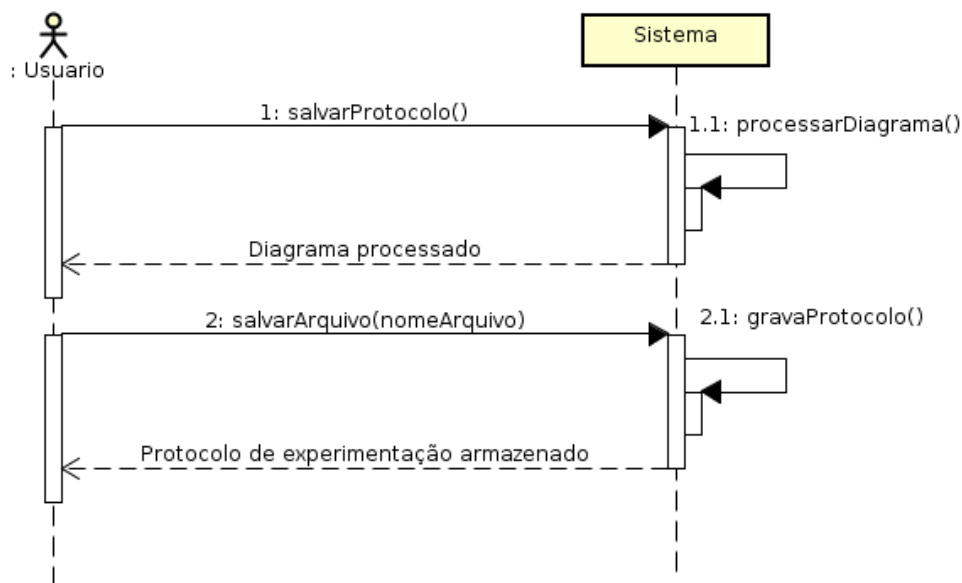


Figura 22 – Diagrama de Sequência – Salvar Protocolo.

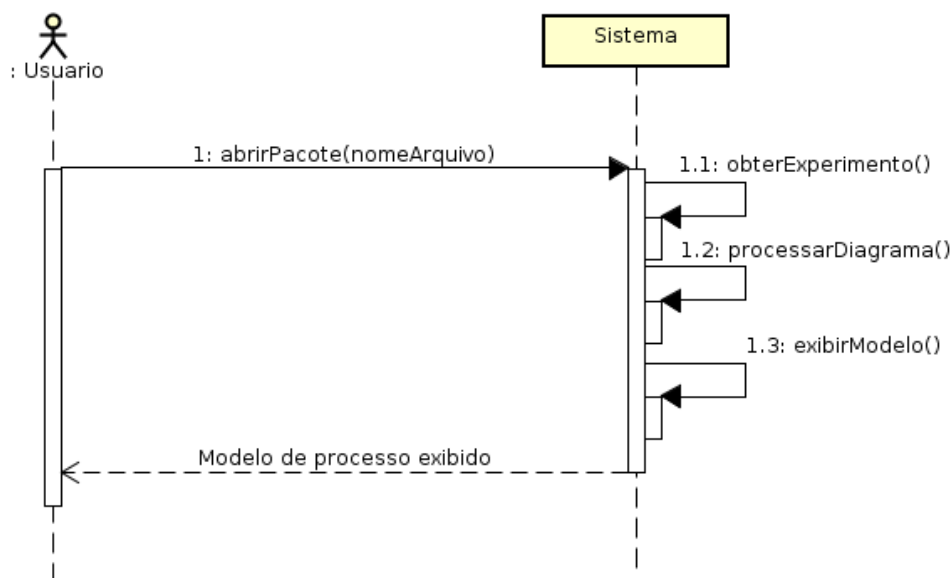


Figura 23 – Diagrama de Sequência – Abrir Pacote.

#### 5.3.4 Caso de Uso - Salvar Pacote

A partir deste Caso de Uso, foi elaborado o Diagrama de Sequência – Salvar Pacote – apresentado pela Figura 24, o usuário, no papel de experimentador, manipula o conteúdo referente ao modelo de processo de negócio e, em seguida, solicita o armazenamento das alterações fornecendo o nome do arquivo para gravação. Como restrição, este pacote de laboratório deve ter sido instanciado previamente contendo informações do experimento.

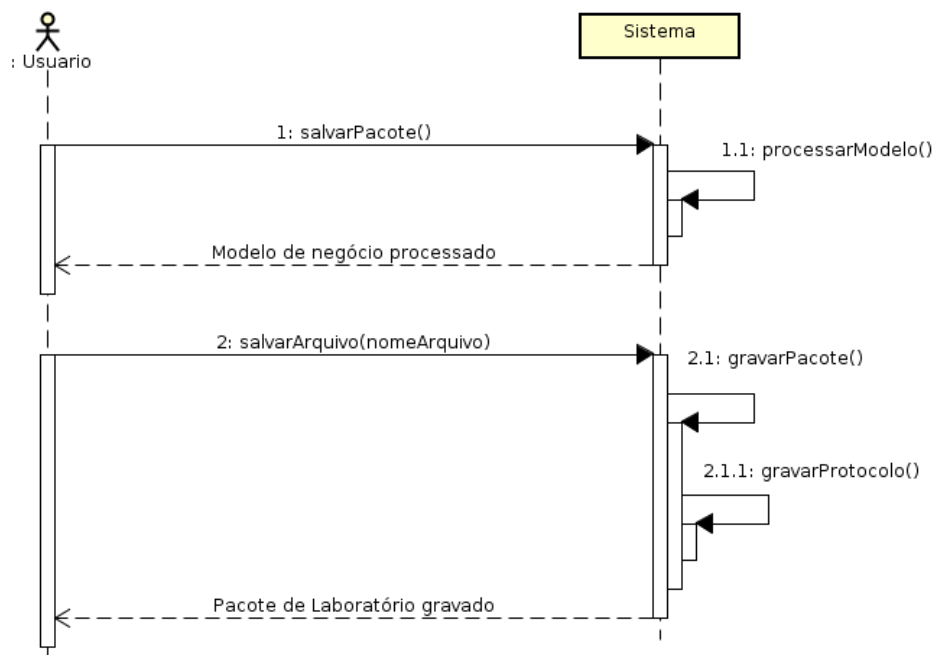


Figura 24 – Diagrama de Sequência – Salvar Pacote.

### 5.3.5 Caso de Uso - Exportar Imagem

Por fim, neste último Caso de Uso, foi elaborado o Diagrama de Sequência – Exportar Imagem – representado na Figura 25, no qual, a partir de um modelo de processo construído manualmente, extraído de um protocolo ou pacote de laboratório é possível obter uma versão deste no formato de imagem, através da solicitação desta função e fornecimento do nome do arquivo para a gravação.

## 5.4 Diagramas de Classes

Foram elaborados dois Diagramas de Classes; em que no primeiro (Figura 26), é apresentada a camada de persistência relativa ao experimento; enquanto o segundo, ilustrado na Figura 27, contém a camada de persistência relativa ao modelo de processo de negócio utilizado para a construção do protocolo de experimentação.

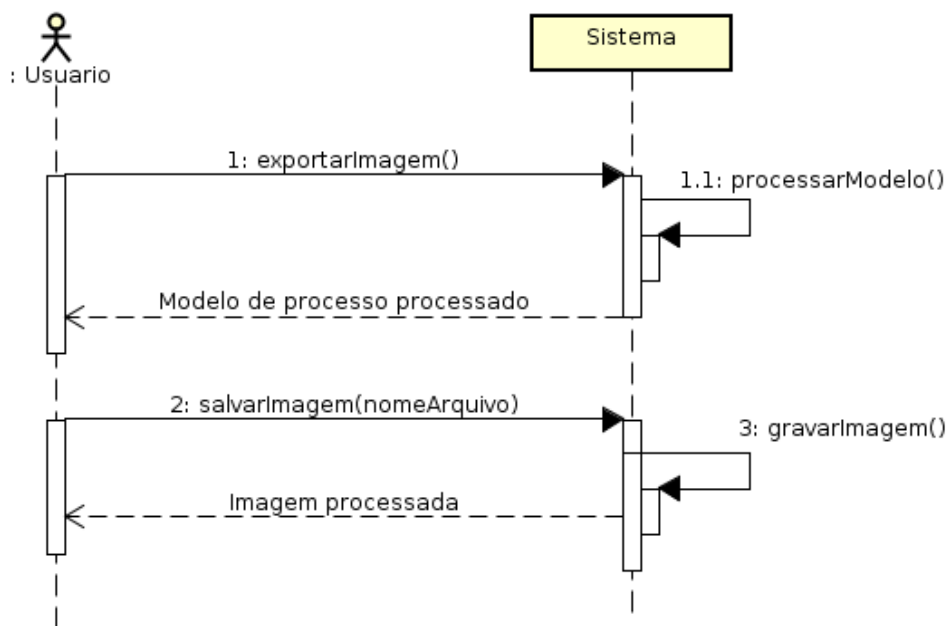


Figura 25 – Diagrama de Sequência – Exportar Imagem.

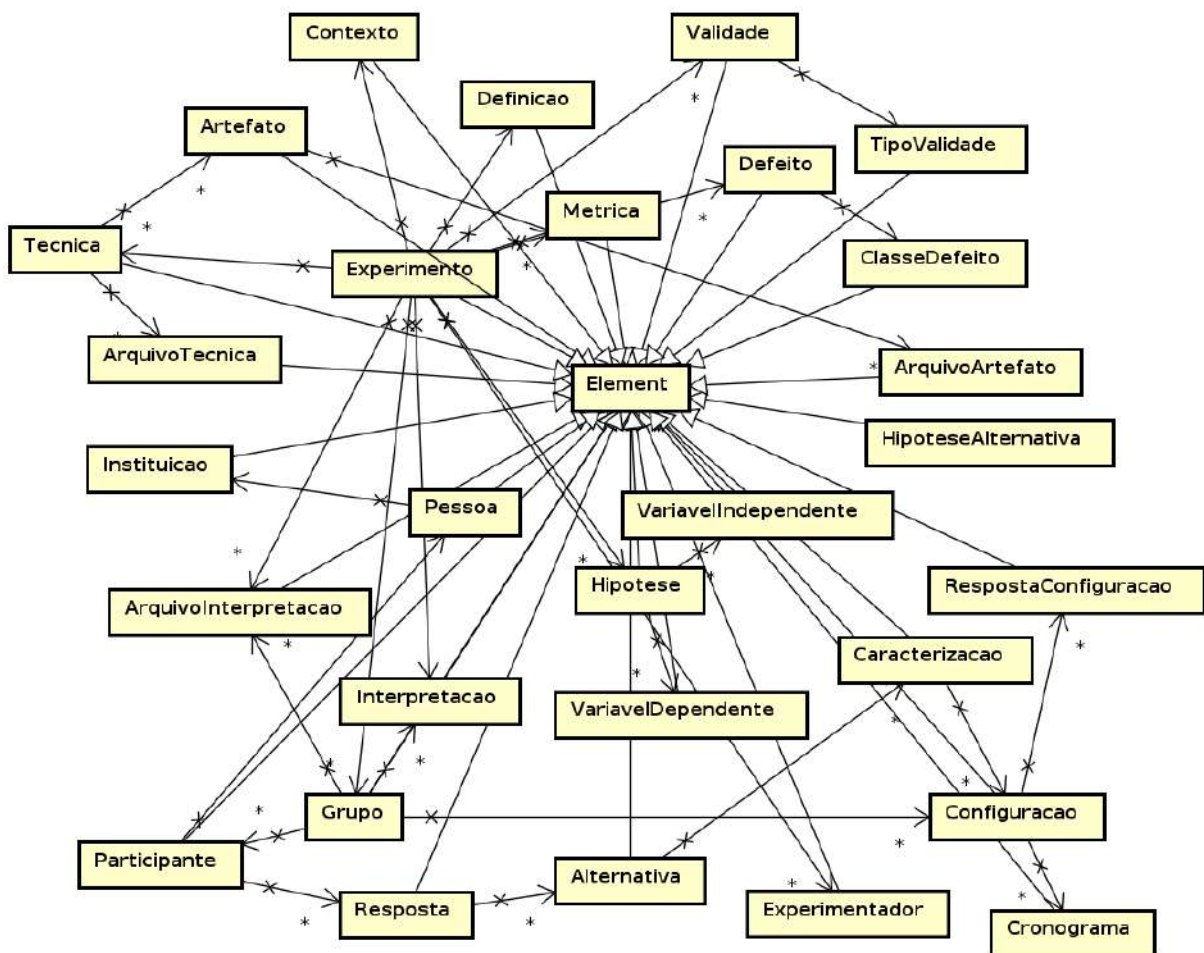


Figura 26 – Diagrama de Classes do Experimento – Simplificado.

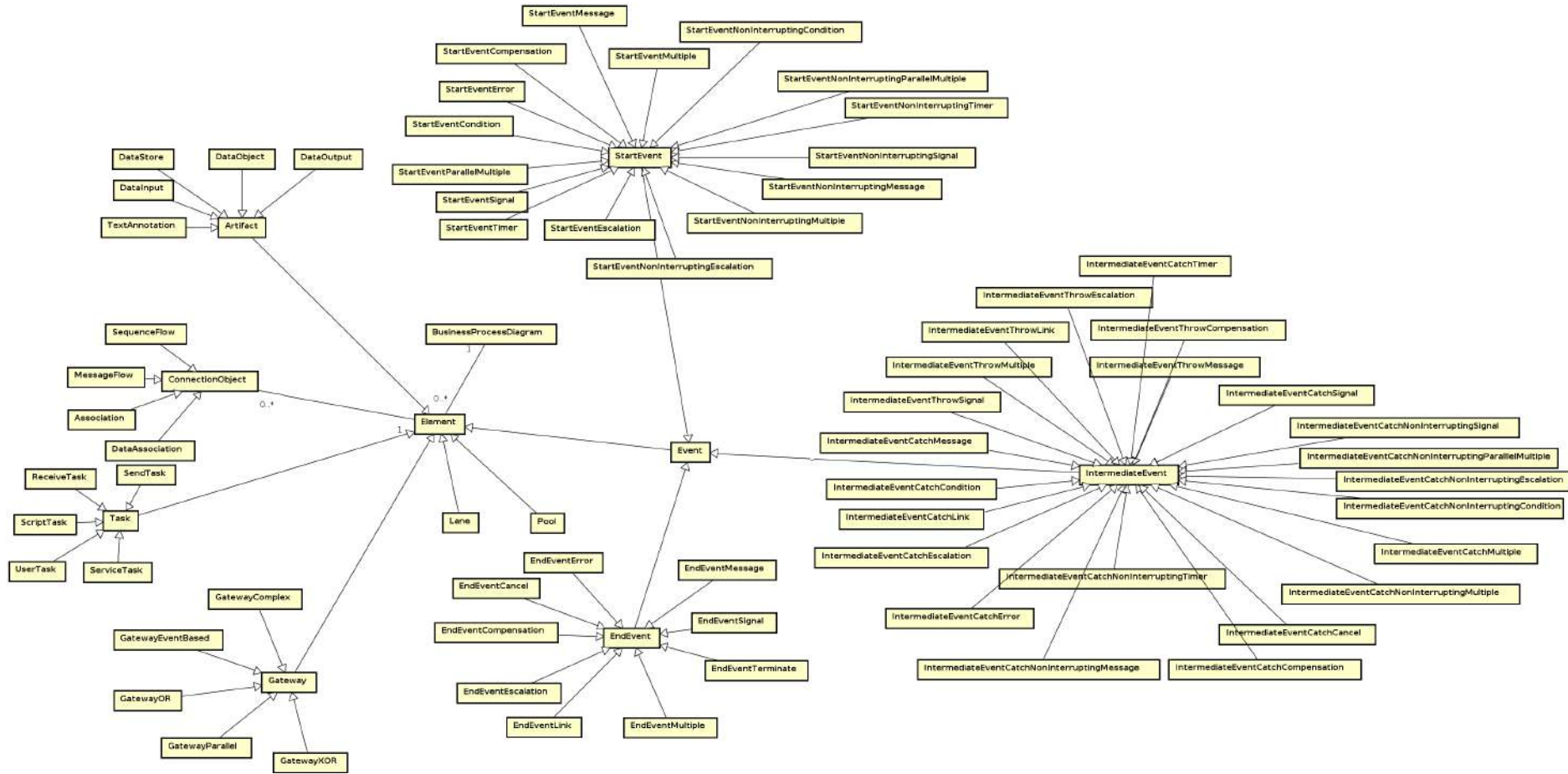


Figura 27 – Diagrama de Classes do Modelo de Processo – Simplificado.

## 5.5 Implementação da Ferramenta

A ferramenta foi implementada utilizando a linguagem de programação de Java, com foco em aplicações web, servidor GlassFish Server 4.1 e o ambiente de desenvolvimento integrado NetBeans 8.2. A aplicação tem como plataforma o ambiente *web*, logo independente de sistema operacional.

Adicionalmente, foram utilizadas algumas bibliotecas e tecnologias auxiliares para prover maior estabilidade à aplicação e atender os objetivos planejados, tais como:

- *jQuery*: biblioteca JavaScript utilizada para simplificar o desenvolvimento e codificação de HTML, facilitando a manipulação do conjunto de elemento do DOM HTML, assim como a adição de efeitos visuais e uma interface para requisições AJAX mais simples e intuitiva.
- *AJAX*: tecnologia responsável pela realização de requisições e troca de informações entre o navegador (cliente) e o servidor *web* sem a necessidade do recarregamento total da página HTML, de modo a prover uma melhor experiência do usuário com a ferramenta.
- *XStream*: é uma biblioteca Java utilizada na serialização e desserialização de objetos para o formato XML e JSON. Utilizada nos processos de leitura e gravação dos arquivos referentes ao protocolo de experimentação e ao pacote de laboratório.
- *D3.js*: consiste em uma biblioteca JavaScript para manipulação de elementos HTML, com foco principal em elementos gráficos e manipulação de elementos SVG, que neste projeto se referem aos itens da notação BPM.

Em relação à persistência de dados na ferramenta, todos os dados são armazenados seguindo o modelo de dados não-relacional orientado a documentos, utilizando a linguagem de marcação XML, tanto para os protocolos de experimentação quanto para o pacote de laboratório.

Na Listagem 5.1 apresenta um trecho do código referente à descrição de um pacote de laboratório.

Listagem 5.1 – Descrição reduzida de um pacote de laboratório.

```
1 <Experimento>
2   <id>experimento0</id>
3   <status>0</status>
4   <replicacao>0</replicacao>
5   <diagrama>
6     <elements>
7       <Pool>
8         <id>#pool0</id>
9         <x>451</x>
```

```
10      <y>221</y>
11      <description>Exemplo</description>
12      <name>participant</name>
13      <type>BPMNLane</type>
14      <elements>
15          <Lane>
16              ...
17          </Lane>
18      </elements>
19      <transitions/>
20      <width>600</width>
21  </Pool>
22 </elements>
23 </diagrama>
24 <experimentadores/>
25 <definicao>
26     <id>definicao1</id>
27     <protegido>>false</protegido>
28 </definicao>
29 <contexto>
30     <id>contexto2</id>
31     <protegido>>false</protegido>
32 </contexto>
33 <hipoteses/>
34 <validades/>
35 <metricas/>
36 <tecnicas/>
37 <defeitos/>
38 <grupos/>
39 <interpretacao/>
40 <arquivoInterpretacao/>
41 </Experimento>
```

## 5.6 Interface da Ferramenta

A ferramenta de construção de protocolos de experimentação foi desenvolvida visando uma simples manipulação dos itens para a elaboração dos respectivos diagramas. A Figura 28 representa um instantâneo da aplicação durante a processo de um modelo de processo de negócio.

A interface de interação com usuário foi subdividida em quatro áreas, como indicado na Figura 28, cujos propósitos foram descritos a seguir:

- Área 1 – *Seleção de Elementos* – nesta área da aplicação, o usuário tem acesso aos elementos gráficos que compõem a notação BPMN, permitindo a seleção e, consequentemente adição ao protocolo de experimentação.
- Área 2 – *Lista de Menus* – nesta parte da aplicação estão presentes os menus que permitem a leitura e gravação de protocolos de experimentação e pacotes de laboratório, assim como, a exportação no formato imagem.

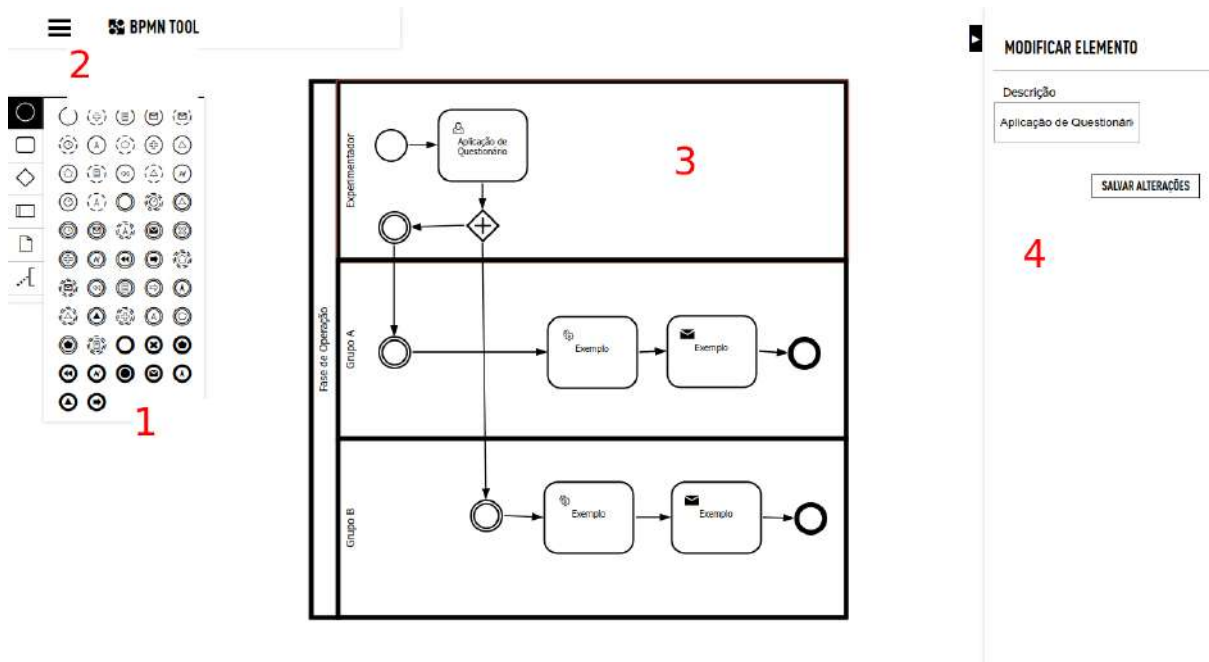


Figura 28 – Instantâneo da ferramenta de construção de protocolo de experimentação.

- Área 3 – *Área de Modelagem* – esta área da aplicação é destinada a modelagem dos diagramas de processo de negócio, através da manipulação dos elementos pertinentes à notação, construindo a transição, raias e piscinas.
- Área 4 – *Painel de Detalhes* – este painel viabiliza a alteração de atributos dos elementos pertencentes a modelagem, permitindo a modificação de atributos como largura e altura, e texto de descrição, por exemplo.

## 5.7 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os detalhes referentes estrutura, arquitetura e implementação da ferramenta de modelagem de modelos de processo de negócio, que viabiliza a construção de protocolos de experimentação (plano de execução), e a respectiva adição em pacotes de laboratórios instanciados pela *OntoExpTool* baseados na ontologia *ExperOntology*.

No próximo capítulo é apresentado o processo de construção de protocolo de experimentação referente ao estudo de trabalho executado no trabalho de [D'Arce \(2012\)](#).

## 6 Construção de Protocolo de Experimentação

Neste capítulo é demonstrado o processo de construção de um protocolo de experimentação utilizando a ferramenta implementada neste trabalho, de modo a ilustrar o apoio que esta provê ao experimentador em cada fase do processo experimental, descrito pela Figura 1. A apresentação é demonstrada de forma individual para cada fase: *Definição*, *Planejamento*, *Operação*, *Análise* e *Empacotamento*.

Para a condução desta demonstração foi escolhido o experimento conduzido para avaliar a eficácia e a eficiência da Ferramenta de Visualização de Software *SofVisOAH* (D'ARCE, 2012). Os dados que compõem o Pacote de Laboratório desse estudo foram utilizados para a instanciação do Pacote de Laboratório utilizando a ferramenta BPMN implementada neste trabalho.

### 6.1 Experimento de Demonstração: Avaliação da *SofVisOAH*

O respectivo experimento de demonstração refere-se ao trabalho de D'Arce (2012), que contextualiza como auxílio à área de Engenharia de Software, a Visualização de Software, a qual lida com a complexidade estrutural, apoiando tarefas de Compreensão de Programas por meio de representações visuais, permitindo interação com essas representações gráficas, provendo auxílio ao processo de entendimento. Uma ferramenta de Visualização de Software proporciona suporte ao usuário para obter informações por meio de análises dos artefatos visuais disponíveis, gerando assim, auxílio ao processo de entendimento de programas (D'ARCE, 2012).

O principal objetivo do experimento de D'Arce (2012) é avaliar a utilização da ferramenta *SofVisOAH* no apoio ao entendimento de Programas Orientados a Aspectos, em detrimento ao entendimento de código convencional. Alguns fatores foram avaliados no experimento: verificação se a ferramenta auxilia na localização de defeitos assim como a compreensão de um Programa Orientado a Aspectos (D'ARCE, 2012).

Com a condução do experimento, os participantes puderam fornecer como respostas, além das medições que permitiram derivar métricas quantitativas relativas ao uso da ferramenta, uma avaliação qualitativa da mesma. Após a condução do experimento e avaliação dos resultados, foi possível constatar estatisticamente que a *SofVisOAH* proveu auxílio às tarefas de Localização de Defeitos e Compreensão de Programa (D'ARCE, 2012).



## 6.2 Elaboração do Protocolo de Experimentação

### 6.2.1 Fase de Definição

Inicialmente devem ser definida uma visão geral relativa experimentação através dos itens estão descritos a seguir (D'ARCE, 2012):

- Objeto de Estudo – Ferramenta de Visualização de Software *SofVisOAH*.
- Propósito – avaliar e comparar a utilização da ferramenta *SofVisOAH* como apoio a tarefas de Revisão de Programa em relação à Revisão de Programa Ad Hoc.
- Enfoque de Qualidade – Tempo, Quantidade de defeitos localizados e Entendimento do programa.
- Perspectiva – Do experimentador.
- Contexto – Laboratório de informática da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, no campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia.

A elaboração do modelo de processo de negócio, representado na Figura 29, explicita a sequência de atividades (Definir Objeto de Estudo, Definir Propósito, Definir Métrica, Definir Perspectiva e Definir Contexto) que devem ser executadas para a definição dos itens descritos acima, e seus respectivos artefatos produzidos. Todas as atividades executadas neste processo foram realizadas pelo Experimentador.

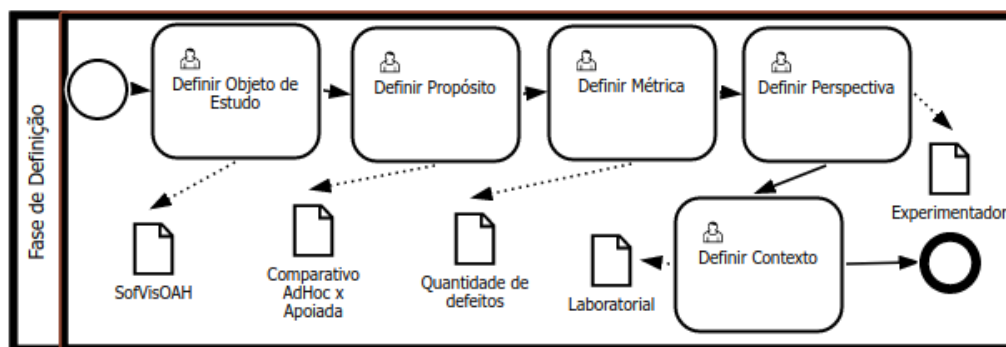


Figura 29 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Definição.

A construção do processo referido na Figura 29, a partir da adição da piscina referente a Fase de Definição, é inserido o evento de início juntamente com as atividades listadas anteriormente, como cada atividade será executada pelo experimentador, essas devem ser da categoria *User Task*. Por fim, a partir de cada atividade foram produzidos *Data Objects* referentes as definições estabelecidas.

### 6.2.2 Fase de Planejamento

Na fase seguinte, devem ser definidos um conjunto de elementos de forma específica, dentre os quais: conjunto de questões e métricas (Figura 30). Também foram planejadas hipóteses nulas e alternativas, ilustradas na Figura 31, assim como, variáveis independentes (Figura 32) e variáveis dependentes (Figura 33) (D'ARCE, 2012).

QUESTÕES	MÉTRICAS
Q1: A utilização da ferramenta no apoio à Compreensão de Programa auxilia o entendimento do programa?	– M1.1: Quantidade de adendos (de todos os aspectos) contidos no código fonte. – M1.2: Quantidade de adendos descritos corretamente.
Q2: A utilização da ferramenta no apoio à Localização de Defeitos torna a localização mais eficaz (maior quantidade)?	– M2.1: Quantidade de defeitos previamente inseridos no código fonte. – M2.2: Quantidade de defeitos localizados por cada revisor de programa.
Q3: A utilização da ferramenta no apoio à Localização de Defeitos torna a localização de defeitos mais eficiente (mais rápida)?	– M3.1: Tempo médio (em minutos) despendido em cada localização de defeitos. – Métricas M2.1 e M2.2.

Figura 30 – Questões e Métricas elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012).

HIPÓTESE NULA	HIPÓTESE ALTERNATIVA
Hipótese Nula ( $H^1_0$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH não provê auxílio à Compreensão de Programa.	Hipótese Alternativa ( $H^1_1$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH provê auxílio à Compreensão de Programa.
Hipótese Nula ( $H^2_0$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH não proporciona maior eficácia que a localização de defeitos ad hoc.	Hipótese Alternativa ( $H^2_1$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH proporciona maior eficácia que a localização de defeitos ad hoc.
Hipótese Nula ( $H^3_0$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH não proporciona maior eficiência que a localização de defeitos ad hoc.	Hipótese Alternativa ( $H^3_1$ ): A utilização da ferramenta SofV isOAH proporciona maior eficiência que a localização de defeitos ad hoc.

Figura 31 – Hipóteses elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012).

VARIÁVEIS INDEPENDENTES
– Quantidade de defeitos previamente inseridos no código-fonte. Essa quantidade permite verificar o índice de eficácia e de eficiência da Revisão de Programa com apoio da ferramenta SofV isOAH e da Revisão de Programa ad hoc.
– Quantidade de adendos de aspectos contidos no código fonte. Essa quantidade permite verificar o nível de auxílio provido à Compreensão de Programa pela Revisão de Programa com apoio da ferramenta SofV isOAH e pela Revisão de Programa ad hoc.

Figura 32 – Variáveis Independentes elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012).

Em seguida, a Seleção de Participantes, os quais são escolhidos mediante seleção determinística, envolvendo alunos de graduação em Ciência da Computação (D'ARCE, 2012).

Por fim, foi definida a instrumentação, categorizada em dois tipos: Tecnologia e Artefato. Os instrumentos de Tecnologia foram definidos de acordo com os requisitos tecnológicos para a execução de ambas as revisões de programa e conhecimento prévio para

VARIÁVEIS DEPENDENTES
– Quantidade de defeitos localizados por meio da Revisão de Programa ad hoc e da Revisão de Programa com apoio da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> . Cada participante deve localizar o máximo de defeitos para a avaliação de ambas as revisões de programa.
– Tempo (em minutos) para a localizar os defeitos por meio da Revisão de Programa ad hoc e da Revisão de Programa com apoio da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> . Cada participante deve localizar cada defeito em um menor tempo para a avaliação de ambas as revisões de programa.
– Nível de auxílio provido à Compreensão de Programa da Revisão de Programa com apoio da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> e da Revisão de Programa ad hoc. Esse nível é utilizado na análise de a partir de qual revisão de programa os participantes obtiveram um maior auxílio ao entendimento do programa por meio da descrição de cada adendo contido em cada aspecto do artefato de software.
– Índice de eficácia da Revisão de Programa com apoio da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> e da Revisão de Programa ad hoc. Esse índice é utilizado na análise da eficácia (quantidade de defeitos localizados) de ambas as revisões de programa.
– Índice de eficiência da Revisão de Programa com apoio da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> e da Revisão de Programa ad hoc. Esse índice é utilizado na análise da eficiência (tempo despendido na localização de cada defeito) de ambas as revisões de programa.

Figura 33 – Variáveis Dependentes elaboradas na Atividade Planejamento (D'ARCE, 2012).

a realização das mesmas. A instrumentação é dividida nos seguintes grupos: Ferramentas Informatizadas (Figura 34), Materiais de Realização de Testes (Figura 35), Materiais de Treinamento (Figura 36), Questionários (Figura 37) e Formulários (Figura 38) (D'ARCE, 2012).

FI01	Ambiente Java – necessário para as revisões de programa e execução da ferramenta <i>SoftVisOAH</i> .
FI02	Eclipse SDK – necessário para as localizações de defeitos nos artefatos de software.
FI03	Plugin AJDT ( <i>AspectJ Development Tool</i> ) para o Eclipse – Programação Orientada a Aspectos em <i>AspectJ</i> para o Eclipse.
FI04	<i>SoftVisOAH</i> – Ferramenta de Visualização de Software.

Figura 34 – Instrumentação – Ferramentas Informatizadas – Planejamento (D'ARCE, 2012).

O plano de execução da *Fase de Planejamento*, representada pelo modelo de processo de negócio apresentado na Figura 39, define as atividades a seguir: Definição das Questões e Métricas (visa a elaborar o que será avaliado e como será medido), Elaboração das Hipóteses (objetiva definir a efetividade da ferramenta sob as suposições), Definição das Variáveis Dependentes e Independentes (define quais fatores podem influenciar de forma direta e indireta e como estes serão tratados), e por fim, Definição da Instrumentação (define os instrumentos que serão utilizados no experimento como ferramentas de software, apresentações visuais, questionários e formulários). Todas as atividades desta fase são executadas pelo Experimentador.

RT01	Artefato de software <i>GanttProject</i> com defeitos pré-inseridos – escolhido pelo fato de ser um projeto de código aberto construído no Eclipse (o qual permite a instalação do <i>AspectJ</i> ).
RT02	Artefato de software <i>Memoranda</i> com defeitos pré-inseridos – escolhido pelo fato de ser um projeto de código aberto construído no Eclipse (o qual permite a instalação do <i>AspectJ</i> ).
RT03	Relação de defeitos inseridos no artefato <i>RT01</i> – cada participante deve informar a localização de cada defeito contido nessa relação.
RT04	Relação de defeitos inseridos no artefato <i>RT02</i> – cada participante deve informar a localização de cada defeito contido nessa relação.
RT05	Artefatos de software para treinamento na ferramenta – é necessário um treinamento prático na ferramenta <i>SoftVis<sub>OA</sub>H</i> , onde cada participante visualizará alguns artefatos de software.

Figura 35 – Instrumentação – Materiais de Realização de Testes – Planejamento (D’ARCE, 2012).

MT01	Slides de apresentação do experimento.
MT02	Slides de treinamento em Visualização de Software e Compreensão de Programa.
MT03	Informativo de preenchimento de questionários e formulários – especifica como preencher devidamente os questionários e formulários utilizados.
MT04	Slides de treinamento em Programação Orientada a Aspectos.
MT05	Slides de treinamento em <i>JUnit</i> .
MT06	Slides de treinamento da ferramenta <i>SoftVis<sub>OA</sub>H</i> .

Figura 36 – Instrumentação – Materiais de Treinamento – Planejamento (D’ARCE, 2012).

Q01	Levantamento de perfil – para caracterização dos participantes.
Q02	<i>Feedback</i> do treinamento em Programação Orientada a Aspectos.
Q03	<i>Feedback</i> do treinamento em <i>JUnit</i> .
Q04	<i>Feedback</i> do treinamento em Visualização de Software e Compreensão de Programa.
Q05	<i>Feedback</i> do treinamento na ferramenta <i>SoftVis<sub>OA</sub>H</i> .
Q06	<i>Feedback</i> da revisão de programa <i>ad hoc</i> .
Q07	<i>Feedback</i> da revisão de programa com o apoio da ferramenta <i>SoftVis<sub>OA</sub>H</i> .

Figura 37 – Instrumentação – Questionários – Planejamento (D’ARCE, 2012).

A construção do diagrama referente a esta fase, representado na Figura 39, inicia-se a partir da inserção da piscina referente a Fase de Planejamento e do evento de início. Em seguida, são adicionadas as atividades do tipo *User Task*, pois todas atividades desta fase são referentes ao usuário, e por fim o evento de término. A partir destas atividades foram produzidos *Data Objects* referentes às questões e métricas, hipóteses nulas e alternativas,



F01	Localização de defeitos e Compreensão de Programa – os participantes devem informar cada defeito localizado, o horário de cada localização e a descrição do funcionamento de cada <i>adendo</i> contido em cada <i>aspecto</i> do artefato de software.
F02	Termo de consentimento de participação no experimento – cada participante deve preencher este termo de consentimento, elaborado com o auxílio de um advogado.

Figura 38 – Instrumentação – Formulários – Planejamento (D'ARCE, 2012).

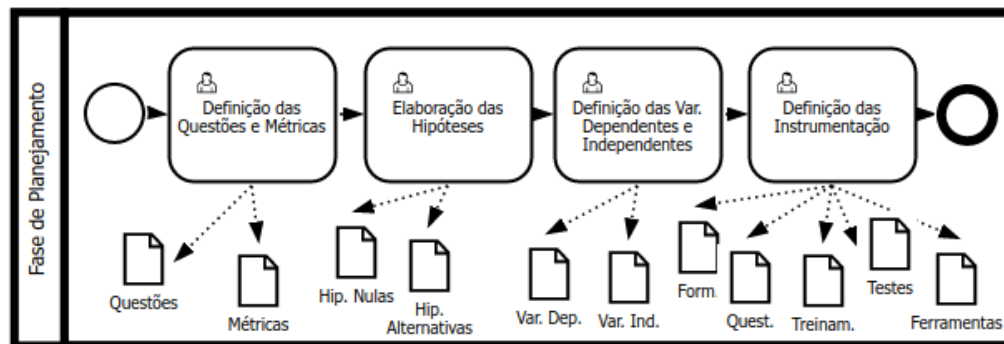


Figura 39 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Planejamento.

variáveis dependentes e independentes e diversos artefatos, tais como formulários, questões, treinamentos, testes e ferramentas.

### 6.2.3 Fase de Operação

Para a execução deste experimento, o conjunto de participantes foi aleatoriamente dividido em dois grupos: os participantes de código ímpar foram alocados para o Grupo A e os demais para o Grupo B. Cada participante teve seu perfil caracterizado por meio de um questionário de levantamento de perfil através da *OntoExpTool*. Os participantes realizaram os mesmos tipos de atividade, revisões de programa Ad Hoc e com o apoio da ferramenta *SofVisOAH*, exercendo entendimento do programa e a localização de defeitos no código fonte (D'ARCE, 2012).

Para esta fase, o modelo de processo respectivo, apresentado na Figura 40, define a execução de três processos relacionados. O primeiro, sob responsabilidade do Experimentador é composta pelas atividades: Aplicação de Questionários de Perfil (para todos os participantes são aplicadas questões sobre perfil, assim como do treinamento e revisão do programa) e Seleção de Grupos (separação dos participantes entre os dois grupos definidos). A partir da finalização do processo anterior, são iniciados os processos referentes aos participantes do Grupo A e B de forma concomitante, contendo as seguintes tarefas de forma alternada: Análise AdHoc (realiza-se o processo de detecção de defeitos sem qualquer auxílio automatizado) e Análise Apoiada (realiza-se a detecção de defeitos com o auxílio das técnicas de visualização apresentadas na ferramenta *SofVisOAH*).

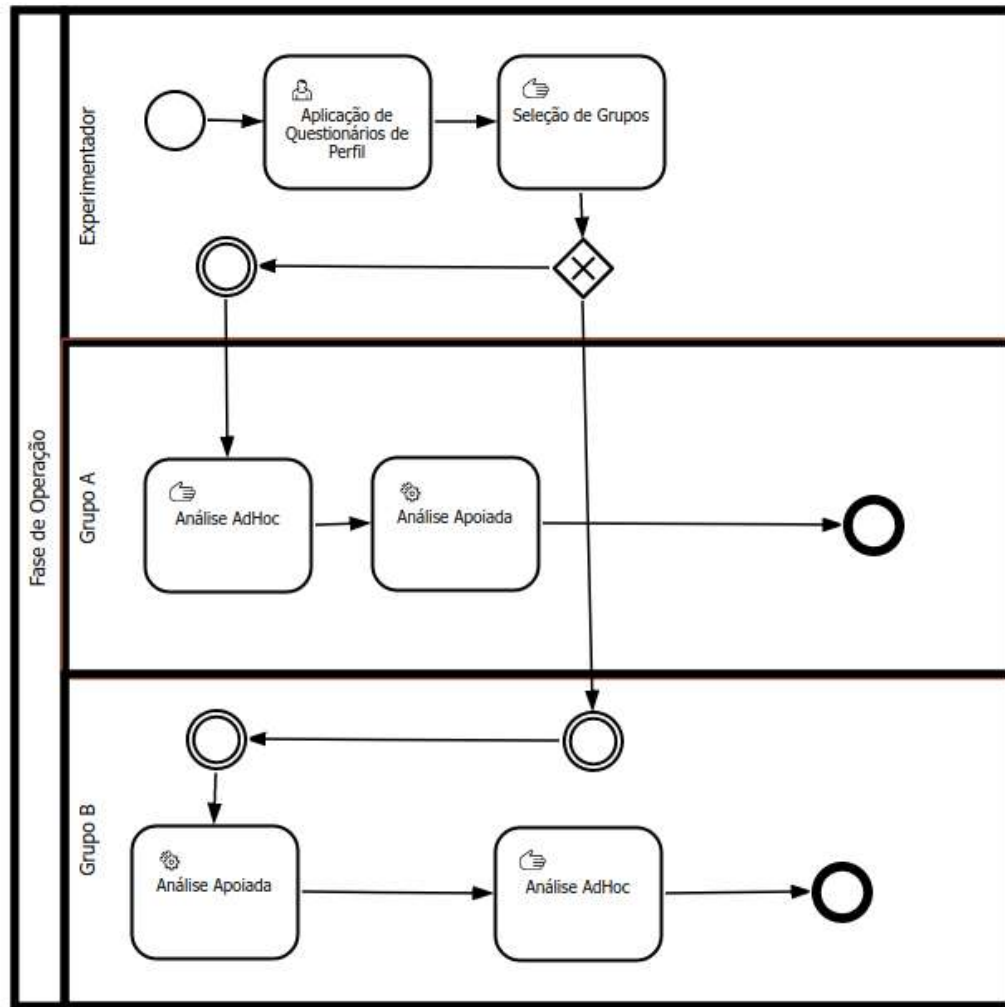


Figura 40 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Operação.

Em relação a construção do protocolo apresentado na Figura 40, inicialmente adiciona-se a piscina referente à Fase Operação, em seguida esta é dividida em três partes, uma cada categoria de atores. A execução inicia-se por meio da aplicação do questionário e seleção de grupos realizada pelo experimentador, logo, são adicionadas atividades para cada tarefa na parte referente ao experimentador. Após, são adicionadas as atividades de análise apoiada e Ad Hoc para cada grupo de modo alternado. Por fim, são adicionados os eventos de término.

#### 6.2.4 Fase de Análise e Interpretação

Na análise executada no experimento, os participantes descreveram corretamente mais adendos de aspectos utilizando a *SofVisOAH*. Em relação ao quesito auxílio à Compreensão de Programa, foi aplicado o Teste-T Bicaudal com Variação Desigual. Portanto, constata-se que a utilização da ferramenta provê auxílio à Compreensão de Programa (D'ARCE, 2012).

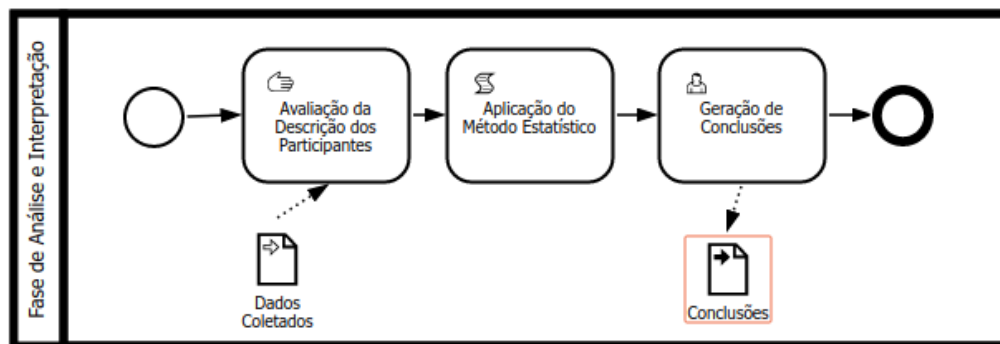


Figura 41 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Análise e Interpretação.

Desse modo, a elaboração do modelo de processo, ilustrado na Figura 41 é composta pelas seguintes atividades, todas estas executadas pelo Experimentador: Avaliação da Descrição dos Participantes (foi realizada a extração dos dados coletados a partir de questionários e formulários sobre o perfil do participante e a ferramenta *SofVisOAH*), Aplicação do Método Estatístico (a partir do conjunto de dados foi aplicado o Teste-T) e Geração de Conclusões (através da finalização do teste estatístico juntamente com as hipóteses e variáveis definidas foi estabelecido o conjunto de conclusões sobre o objeto em investigação).

Para esta fase, a elaboração do protocolo de experimentação (Figura 41), inicia-se com a adição do piscina e do início de evento e seguido das respectivas atividades indicadas. Como entrada do processo, indicado pelo *Data Input* têm-se os dados coletados na fase anterior, os quais são vinculados com a primeira atividade. Como resultado da terceira atividade foram obtidas as conclusões do estudo, indicadas por meio de um *Data Output*. De modo a encerrar, adiciona-se o evento de término.

### 6.2.5 Fase de Empacotamento e Apresentação

Como último passo, a *Fase de Empacotamento e Apresentação*, os dados de todo o transcorrer do experimento foram armazenados em uma base de dados e após da fase anterior, o Pacote de Laboratório deste experimento foi instanciado em dois formatos: XML e OWL, permitindo ser visualizados na própria ferramenta (D'ARCE, 2012).

Também foi criado um pacote compactado contendo os arquivos descritos acima, e todos os artefatos e documentos provenientes do estudo, desse modo, disponíveis para análises e futuras replicações (D'ARCE, 2012).

Por fim, o modelo de processo de negócio (ilustrado na Figura 42) representa o protocolo de execução da *Fase de Empacotamento e Apresentação*, que neste experimento é composta pelas seguintes atividades: Armazenamento na Base de Dados (são obtidos todos os conjuntos de dados gerados nas atividades das fases anteriores), Exportação

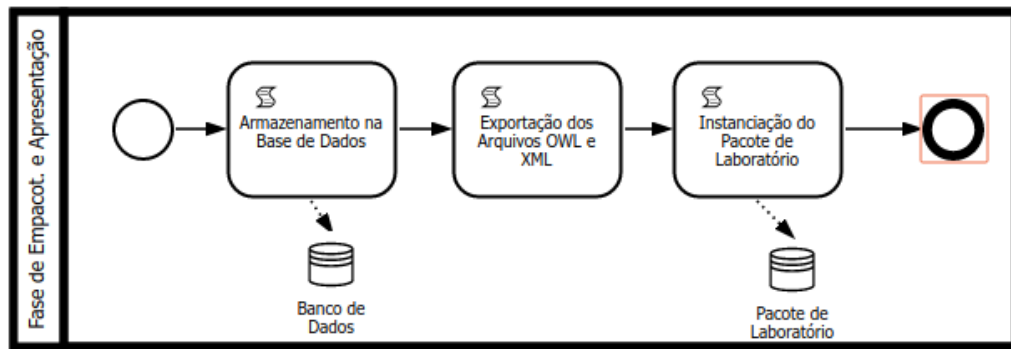


Figura 42 – Protocolo de Experimentação referente à Fase de Empacotamento e Apresentação.

dos Arquivos OWL e XML (processamento e geração destes arquivos) e, Instanciação do Pacote de Laboratório (encapsulamento dos dados relativos ao experimento juntamente com todos seus artefatos), todas atividades executadas pelo Experimentador.

O plano de execução referente a essa etapa, inicia-se a partir da adição da piscina dessa fase e o início de evento. Em seguida, foram adicionadas atividades automatizadas (*Script Task*), para o armazenamento dos dados em um Banco de Dados e na forma de Pacote de Laboratório, ambos representados por *Data Store*. Concluindo, é adicionado o evento de término.

## 6.3 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o processo de concepção do protocolo de experimentação (plano de execução) em experimentos controlados. A partir da realização das atividades em cada fase, novos componentes são atrelados ao corpo de experimento, em que a partir de versões iniciais são refinados nas fases subsequentes, por exemplo, o conjunto de hipóteses que foi definido e aprimorado nas fases de Definição e Planejamento, respectivamente, também está presente na fase de Análise e Interpretação atuando como uma entrada de dados para esta fase. Além disso, é possível perceber as relações e dependências entre atividades de diferentes fases do estudo experimental.





## 7 Considerações Finais

Experimentos controlados envolvem o controle de certos parâmetros para medir a influência desses em variáveis dependentes, que variam de acordo com o objeto de estudo.

Embora sugerido na literatura, o protocolo de experimentação não é explicitado em Pacotes de Laboratório e, conseqüentemente, não é visível ao experimentador nem ao replicador. Desse modo, pesquisadores encontram dificuldades para estabelecer o plano de execução de um experimento, assim como, compreender o conteúdo de pacotes de laboratório para a replicação de experimentos (WOHLIN et al., 2012).

Neste trabalho foi proposta a construção de uma interface que viabilize a concepção e modelagem do protocolo do experimento, assim como o armazenamento deste conteúdo em um Pacote de Laboratório.

### 7.1 Cronograma Inicial

O cronograma de atividades foi organizado de acordo com a Tabela 3. As atividades foram divididas mensalmente, com início em dezembro de 2016. Nessa tabela as letras 'x' correspondem às atividades previstas, 'X' às atividades já realizadas.

- *Atividade 1*: Revisão Bibliográfica (e da tecnologia a ser utilizada);
- *Atividade 2*: Definição dos requisitos da camada de interface;
- *Atividade 3*: Desenvolvimento da camada de interface;
- *Atividade 4*: Avaliação da interface desenvolvida;
- *Atividade 5*: Relatório Parcial;
- *Atividade 6*: Relatório Final.

### 7.2 Atividades Realizadas

Conforme estabelecido pelo cronograma inicial, as atividades previstas para a primeira parte do projeto, anteriores a entrega do relatório científico parcial, tinham como propósito o embasamento teórico dentro do contexto da Engenharia de Software Experimental sobre experimentos controlados, o uso de pacotes de laboratório para transferência de dados entre grupos de pesquisa. Em seguida, iniciou-se o estudo sobre

Tabela 3 – Cronograma de Atividades

	Período											
	2016	2017										
Atividades	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	X	X	X	X								
2			X	X								
3				X	X	X	X	X	X			
4									X	X	X	X
5						X						
6											X	X

modelos de processo de negócio e suas notações para representação de modelos gráficos, em específico a BPMN.

Em seguida, a partir dos requisitos da camada de interface para modelagem, foi iniciada a implementação desta ferramenta de modo a viabilizar a construção dos modelos de processo de negócio com todos os elementos previstos pela documentação da notação em sua versão atual.

Após a elaboração desta interface de modelagem, foi iniciada a construção da camada de persistência dos modelos de processo, assim como a recuperação e armazenamento destes em documentos de forma permanente. De modo análogo também foi construída uma camada de persistência e uma interface de dados para obtenção dos conteúdos relativos aos experimentos executados e armazenados segundo o modelo proposto pela ontologia *ExperOntology* a partir da ferramenta *OntoExpTool*. Desse modo, a partir da leitura de um pacote de laboratório é possível incorporar o modelo processo de negócio respectivo ao experimento, e assim, incorporando o protocolo de experimentação.

Em seguida, foram estabelecidas avaliações para a detecção de inconsistências tanto na ferramenta quanto na representação da notação, e desta forma, suas devidas correções. Para esta tarefa foram obtidos modelos de processos presentes na documentação oficial da notação BPMN, de forma a detectar se os modelos criados a partir ferramenta foram construídos de forma valida quanto ao conjunto de itens e seus relacionados entre elementos.

Também foram construídos alguns modelos de diagramação de forma a representar os protocolos de estudos experimentais já previamente executados para avaliar se a notação apresentada supre todas as necessidades encontradas. Em relação a instanciação de novos pacotes de laboratório, foi executado o processo de engenharia reversa a partir de um pacote de pré-existente foi elaborado o respectivo protocolo de experimental (plano de execução) e por fim, a adição do modelo de processo a nova instância do pacote de laboratório.

Por fim, foi iniciada a construção do presente relatório científico final.

## 7.3 Contribuições

A principal contribuição do presente trabalho está em fornecer uma ferramenta que permita a construção e a visualização do plano de execução (protocolo) de estudos experimentais, assim como a integração desses dados a um pacote de laboratório e a vinculação do conjunto de artefatos presentes em experimentos às suas respectivas atividades representadas por um modelo de processo de negócio.

Apesar de ter como foco a concepção do plano de execução de experimentos controlados, não foi detectada nenhuma limitação na construção de planos de execução também aos modelos de estudos experimentais (pesquisa de opinião e estudos de caso) apresentados na Seção 2.2. Uma restrição consiste na vinculação de informações do experimento, por adotar o modelo proposto na ontologia *ExperOntology*. Porém, essa restrição não está relacionado a utilização de modelos de processo de negócio, mas sim pelo modelos de dados adotado.

Adicionalmente, a ferramenta também permite a manipulação de pacotes de laboratório e protocolos de experimentação sob o modelo não-relacional de dados orientado a documentos, utilizando a linguagem XML. Além da legibilidade deste formato, fornece maior portabilidade entre sistemas de software facilitando a integração de novos componentes por se tratar de um formato padrão na troca de dados, em detrimento a diversos sistemas de gerenciamento de banco de dados proprietários e com diversas restrições presentes no modelo relacional.

## 7.4 Trabalhos Futuros

Do ponto de vista da ferramenta desenvolvida, os seguintes aprimoramentos são desejáveis:

- Aprimoramento de alguns recursos gráficos da ferramenta, para uma melhor usabilidade na modelagem de processos de negócio, com a adição de recursos com redimensionamento para alguns elementos do tipo *container*, assim como indicativos de seleção de itens na criação de transições.
- Integração da camada de interface de modelagem de processo de negócio com a ferramenta de instanciação de pacotes de laboratório, viabilizando a adição de elementos a descrição do experimento por meio dos modelos gráficos *OntoExpTool*.

Na perspectiva da Engenharia de Software Experimental, o próximo passo a ser feito no contexto do Grupo de Pesquisa, é apresentado a seguir como uma continuação para este Projeto de Iniciação Científica.

## 7.5 Proposta de Renovação

### 7.5.1 Contexto, Motivação e Justificativa

Dentro do grupo de pesquisa existem experimentos conduzidos sem a definição de seus protocolos (planos de execução) utilizando a versão atual – modelos BPMN. A versão atual da ferramenta, com a interface implementada neste projeto de Iniciação Científica, permite a modelagem de protocolos de experimentos usando BPMN.

A elaboração de modelos de processo de negócio para a representação de protocolos de experimentação visa a suprir a ausência de uma visão completa sobre o plano de execução do experimento. Porém não há evidências de que o uso da notação gráfica do BPMN auxilia a construção e o entendimento, tanto quantitativa quanto qualitativa, na compreensão de experimentos e da evolução do conhecimento armazenado em pacotes de laboratório.

É preciso ter evidências dos benefícios trazidos pelo uso de BPMN no entendimento de um Pacote de Laboratório para poder indicar seu uso como uma ferramenta para a transferência de pacotes de laboratório, intra e inter-grupos. E isso justifica a proposta de continuação deste projeto de Iniciação Científica.

### 7.5.2 Formulação do Problema e Objetivo do Projeto

Como exposto, o principal problema consiste na falta de padronização na organização de pacotes de laboratório, de modo a auxiliar seu entendimento. A *ExperOntology* foi proposta para organizar os dados, e agora a BPMN foi implementada como uma ferramenta (camada de interface) para modelar o protocolo do experimento. Assim, o problema é avaliar (vantagens e desvantagens, se houver) do uso de BPMN como ferramenta para expor o protocolo experimental, visando a facilitar seu entendimento.

Assim, o objetivo principal consistem em avaliar o uso da BPMN na organização e no entendimento de protocolos experimentais. Como questões de pesquisa em Iniciação Científica, tem-se: a utilização da notação auxilia a representação do protocolo do experimento? a notação facilita a identificação e a compreensão de suas atividades e artefatos utilizados?

### 7.5.3 Metodologia e Plano de Trabalho

Inicialmente, serão instanciados pacotes de laboratório referentes a experimentos controlados executados no âmbito do grupo de pesquisa – registrados com a versão textual da ferramenta *OntoExpTool* (sem BPMN). Esses novos pacotes de laboratório serão construídos a partir da interface de modelagem de protocolos de experimentação já

implementados. Com o término desta atividade, os experimentos já executados terão seus protocolos modelados em BPMN.

Após a criação dos protocolos em BPMN, será feita uma revisão deles pelos autores dos experimentos originais para detectar possíveis inconsistências e incoerências. Na impossibilidade de um autor participar, o orientador revisará os protocolos.

Uma vez aprovados pelos autores originais, os protocolos expressos em BPMN serão avaliados por terceiros. Será feito um experimento, no qual um protocolo (modelo BPMN de um experimento) será fornecido para um avaliador, que deverá descrever o experimento para verificar se, de fato, entendeu seu conteúdo. Autores de um experimentos atuarão como avaliadores de outro experimento, além de alunos do Programa de Mestrado em Ciência da Computação da UNESP (os alunos de mestrado farão tal avaliação do protocolo como parte de uma disciplina).

A última atividade consiste em analisar os resultados obtidos para que seja escrito um artigo científico.

Paralelamente às tarefas citadas anteriormente, serão redigidos o relatório parcial e final, conforme exigido. Na Tabela 4 é apresentado o cronograma proposto com a duração

Tabela 4 – Cronograma de Atividades

Atividades	Período em meses								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X							
2			X						
3					X	X			
4							X	X	
5				X					
6								X	X

expressa em meses, sendo que as atividades descritas foram agrupadas como segue:

1. Empacotamento dos experimentos;
2. Revisão dos pacotes de laboratório;
3. Avaliação dos pacotes de laboratório;
4. Análise de resultados e elaboração do artigo científico;
5. Relatório Parcial;
6. Relatório Final.



# Referências Bibliográficas

- BANKER, K. *MongoDB in action*. [S.l.]: Manning Publications Co., 2011. 18
- BASILI, V. R.; SHULL, F.; LANUBILE, F. Building knowledge through families of experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 25, n. 4, p. 456–473, 1999. 3, 9
- BECKER, J.; ROSEMAN, M.; UTHMANN, C. V. Guidelines of business process modeling. In: *Business Process Management*. [S.l.]: Springer, 2000. p. 30–49. 21
- BORST, W. N. *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. [S.l.]: Universiteit Twente, 1997. 15
- BRAGHETTO, K. R. Técnicas de modelagem para a análise de desempenho de processos de negócio. *Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo*, 2011. 21, 22
- BRAZIL, A. *BPM CBOK V3. 0: Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio-Corpo Comum de Conhecimento, 3ª edição*. ABPMP Brazil. 2011. 21
- BRITO, R. W. Bancos de dados nosql x sgbd's relacionais: análise comparativa. *Faculdade Farias Brito e Universidade de Fortaleza*, 2010. vi, 18, 19, 20
- CARVER, J. The impact of background and experience on software inspections. *Empirical Software Engineering*, Springer, v. 9, n. 3, p. 259–262, 2004. 3
- CASSANDRA, A. Apache cassandra. *Website*. Available online at <http://planetcassandra.org/what-is-apache-cassandra>, p. 13, 2014. 18
- CHANG, F. et al. Bigtable: A distributed storage system for structured data. *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)*, ACM, v. 26, n. 2, p. 4, 2008. 18
- COMMITTEE, O. M. G. B. T. et al. *Business Process Model and Notation, version 2.0, 2010*. 2016. iv, 22, 25
- CORREIA, A.; ABREU, F. B. e. Enhancing the correctness of bpmn models. In: *Improving Organizational Effectiveness with Enterprise Information Systems*. [S.l.]: IGI Global, 2015. p. 241–261. 23
- CURTIS, B.; KELLNER, M. I.; OVER, J. Process modeling. *Communications of the ACM*, ACM, v. 35, n. 9, p. 75–90, 1992. 21
- D'ARCE, Á. F. Avaliação da ferramenta de visualização de software softvisoah como apoio à depuração de programas: um experimento controlado. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2012. iv, v, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
- GARCIA, R. E. *VIDAese: processo de visualização exploratória para apoio a estudos empíricos em verificação, validação e teste de software*. Tese (Doutorado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP), 2006. iv, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15



GARCIA, R. E. et al. An ontology for controlled experiments on software engineering. In: *Int. Conf. Software Engineering and Knowledge Engineering*. [S.l.]: Knowledge Systems Institute Graduate School, 2008. p. 685–690. [iv](#), [13](#), [15](#), [16](#), [17](#)

GRUBER, T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, Elsevier, v. 43, n. 5-6, p. 907–928, 1995. [15](#)

KITCHENHAM, B. The role of replications in empirical software engineering—a word of warning. *Empirical Software Engineering*, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, v. 13, n. 2, p. 219–221, 2008. ISSN 1382-3256. [24](#)

KITCHENHAM, B.; LINKMAN, S.; LAW, D. Desmet: a methodology for evaluating software engineering methods and tools. *Computing & Control Engineering Journal*, IET, v. 8, n. 3, p. 120–126, 1997. [4](#), [9](#)

MALDONADO, J. C. et al. Perspective-based reading: a replicated experiment focused on individual reviewer effectiveness. *Empirical Software Engineering*, Springer, v. 11, n. 1, p. 119–142, 2006. [10](#)

MARTINS, L. C. G. Modeluiviz: uma proposta para o entendimento da interface do usuário utilizando técnicas de visualização de informação. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2017. [25](#)

MENDONÇA, M. G. et al. A framework for software engineering experimental replications. In: IEEE. *Engineering of Complex Computer Systems, 2008. ICECCS 2008. 13th IEEE International Conference on*. [S.l.], 2008. p. 203–212. [iv](#), [13](#), [14](#), [20](#)

MILLER, J. Replicating software engineering experiments: A poisoned chalice or the holy grail. *Inf. Softw. Technol.*, Butterworth-Heinemann, Newton, MA, USA, v. 47, n. 4, p. 233–244, mar. 2005. ISSN 0950-5849. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2004.08.005>. [3](#), [9](#)

Pucci Neto, J. et al. Exptool: a tool to conduct, package and replicate controlled experiments in software engineering. In: *Proc. 12th. Int. Conf. on Software Engineering Research and Practice*. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2014/SER7199.pdf>. [17](#), [31](#)

RAUTENBERG, S. Processo de desenvolvimento de ontologias: uma proposta e uma ferramenta. *Revista Tecnologia*, v. 30, n. 1, p. 133–144, 2016. [15](#)

RUSSELL, N. C. *Foundations of process-aware information systems*. Tese (Doutorado) — Queensland University of Technology, 2007. [21](#)

SCATALON, L. P.; GARCIA, R. E.; CORREIA, R. C. M. Packaging controlled experiments using an evolutionary approach based on ontology. In: *International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2011)*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 408–413. [13](#)

SHULL, F. et al. *Replicating Software Engineering Experiments: Addressing the Tacit Knowledge Problem*. 2002. 7-16 p. [3](#), [10](#), [11](#)

SHULL, F. et al. Replicated studies: building a body of knowledge about software reading techniques. In: *Lecture notes on empirical software engineering*. River Edge, NJ, USA: World Scientific Publishing Co., Inc., 2003. p. 39–84. [3](#)

SIVASUBRAMANIAN, S. Amazon dynamodb: a seamlessly scalable non-relational database service. In: ACM. *Proceedings of the 2012 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. [S.l.], 2012. p. 729–730. [18](#)

TOTH, R. M. Abordagem nosql—uma real alternativa. *Sorocaba, São Paulo, Brasil: Abril*, v. 13, 2011. [18](#), [19](#)

TRAVASSOS, G. H.; BARROS, M. O. Contributions of in virtuo and in silico experiments for the future of empirical studies in software engineering. In: *2nd Workshop on Empirical Software Engineering the Future of Empirical Studies in Software Engineering*. [S.l.: s.n.], 2003. p. 117–130. [4](#), [5](#)

TRAVASSOS, G. H.; GUROV, D.; AMARAL, E. A. G. *Introdução à engenharia de software experimental*. [S.l.], 2002. [3](#), [5](#)

VAISH, G. *Getting started with NoSQL*. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2013. [18](#), [19](#)

WESKE, M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. New York: Springer Heidelberg Dordrecht, London, 2012. [iv](#), [22](#), [23](#), [24](#)

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in Software Engineering: An introduction*. Boston, USA: Kluwer Academic Publishers, 2012. [iv](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [51](#)