

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
NÚCLEO DE MANUFATURA AVANÇADA

**COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS eEPC E BPMN PARA A MODELAGEM DO  
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Fernanda Castanha Würmli  
Orientador: Prof. Titular Henrique Rozenfeld

São Carlos  
Novembro de 2013



FERNANDA CASTANHA WÜRMLI

**COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS eEPC E BPMN PARA A MODELAGEM DO  
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia de Produção da  
Escola de Engenharia de São Carlos

Orientador: Prof. Titular Henrique Rozenfeld

São Carlos  
Novembro de 2013



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Rozenfeld, pelo exemplo e dedicação.

Aos alunos do NUMA, em especial à Janaína Costa, Carolina Amigo e Vanessa Nappi, que me auxiliaram durante toda minha pesquisa na Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso.

A todos voluntários que participaram dos testes de usabilidade, permitindo que essa pesquisa fosse possível.

Ao Wagner, da *Klug Solutions*, que disponibilizou a plataforma de modelagem ARPO, de altíssima qualidade, para que pudessem ser realizadas as modelagens dos protótipos desta pesquisa.

Aos meus amigos, Fabio Campassi, Juliana Schnetzler, Vinícius Monte e Thomas Assef, que me apoiaram durante todos esses anos da graduação.

Aos meus pais, Marta e Roberto, e irmã, Marcela, pelo apoio e confiança depositados em mim durante todos esses anos.



## RESUMO

WÜRMLI, F. C. **Comparação dos métodos eEPC e BPMN para a modelagem do Processo de Desenvolvimento de Produtos.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.

Nas últimas décadas, com o aumento da competitividade, o mercado passou a exigir produtos mais inovadores e produzidos com maior eficiência pressionando as empresas a serem mais inovadoras para sobreviverem. Como o desenvolvimento de produtos é um dos processos empresariais com maior capacidade de gerar vantagem competitiva de difícil imitação, ele vem ganhando uma maior atenção nos últimos anos. O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) possui uma característica particular de envolver um grande volume de informações e baixa linearidade, sendo de difícil gestão. A literatura sugere o uso de modelos de referência para tornar esta gestão mais eficiente. As empresas, no entanto, se deparam com a dificuldade de identificar o método de modelagem mais apropriado para cada situação. Este trabalho de pesquisa tem como objetivo comparar dois métodos de modelagem amplamente utilizados pela indústria, BPMN (*Business Process Modeling Notation*) e eEPC (*Extended Event-driven Process Chain*) de modo a identificar para quais propósitos do usuário dono do processo de desenvolvimento de produtos cada método é mais apropriado. De maneira a comparar os métodos desenvolveram-se dois protótipos de modelos de referência para o PDP, cada um empregando um método. Ambos os protótipos foram então submetidos a testes de usabilidade. Como resultado, obteve-se que o eEPC é mais apropriado que o BPMN para os propósitos em que se faz necessário o acesso a informações detalhadas.

Palavras-chave: processo de desenvolvimento de produtos, modelagem de processos, métodos de modelagem, eEPC, BPMN.

## ABSTRACT

WÜRMLI, F. C. **Comparison of the methods eEPC and BPMN for Product Development Process modelling**. Completion of Course Work – Industrial Engineering of São Carlos Engineering School, University of São Paulo. São Carlos, 2013.

In recent decades, with the increasing competition, the market started to demand more innovative products produced with greater efficiency, pressuring the enterprises to be more innovative to survive in the market. As product development process is one of the business processes with greater ability to generate competitive advantage difficult to imitate, it is gaining more attention in recent years. The product development process (PDP) has a particular characteristic of involving a large volume of information and poor linearity, being difficult to manage. The literature suggests the use of reference models to make it more efficient. However, companies are facing difficulty in identifying the most appropriate modeling method for each situation. Thus, this research aims to compare two modeling methods widely used by industry, BPMN (Business Process Modeling Notation) and eEPC (Extended Event-driven Process Chain), to identify for which purposes of the product development process each method is more appropriate. In order to compare the methods, two prototypes of reference models for PDP, each one using one method. Both prototypes were subjected to usability tests. As a result, it was found that the eEPC is more appropriate than BPMN for purposes in which it is necessary to access detailed information.

Key-words: product development process, process modeling, modeling methods, eEPC, BPMN.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006)	24
Figura 2 - Elementos BPMN. Adaptado de White (2004)	34
Figura 3 – Elementos FAD. Adaptado de Davis (2001)	35
Figura 4 - Elementos da modelagem eEPC. Adaptado de Scheer, Thomas e Adam (2005)	37
Figura 5 - Metodologia para escolha de métodos de pesquisa. Adaptado de Meredith et al. (1989)	40
Figura 6 - Planejamento da pesquisa	41
Figura 7 - Fases da metodologia	42
Figura 8 - Método para o cálculo do tempo de planejamento e realização da tarefa	51
Figura 9 - Escala Likert de comparação	51
Figura 10 - Vista inicial modelada em VAC para o eEPC – Macrofases	55
Figura 11 - Macrofase de Desenvolvimento modelada em VAC para o eEPC	56
Figura 12 - Exemplo de fase modelada pelo eEPC, com atividades, entregas, papéis e eventos	56
Figura 13 - Exemplo de subnível em modelado em eEPC, com detalhamentos de uma atividade (áreas, papéis, entregas e melhores práticas)	57
Figura 14 - Exemplo de vista de propriedades de um elemento, com ocorrência do mesmo durante as fases do processo em eEPC	57
Figura 15 - Exemplo de vista da organização, com áreas e papéis, na dimensão organizacional em eEPC	58
Figura 16 - Vista inicial modelada em VAC para o BPMN+FAD – Macrofases	59
Figura 17 – Macrofase de Desenvolvimento modelada em VAC para o BPMN+FAD	59
Figura 18 - Exemplo de fase modelada pelo BPMN, com atividades e eventos	60
Figura 19 – Exemplo de subnível modelado em FAD, com detalhamentos de uma atividade (áreas, papéis, entregas e melhores práticas)	60
Figura 20 - Exemplo de vista de propriedades de um elemento, com ocorrência do mesmo durante as fases do processo em BPMN+FAD	61
Figura 21 - Exemplo de vista da organização, com áreas e papéis, na dimensão organizacional em BPMN+FAD	61

Figura 22 - Eficácia simplificada (sucesso total, parcial e falha)	69
Figura 23 - Eficácia Detalhada	70
Figura 24 - Análise da eficiência através da métrica número de ações	73
Figura 25 - Porcentagem do esforço a mais empregado em relação ao mínimo (Média de ações/Número mínimo de ações)	74
Figura 26 - Análise da eficiência através da métrica tempo para realização da tarefa	75
Figura 27 - Métricas auto reportadas de facilidade de uso dos protótipos	77
Figura 28 - Métrica auto reportada - intervalo de satisfação ponderado	78
Figura 29 - Métricas comparativas e combinadas	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos de modelos de PDP. Definições de acordo com Rozenfeld et al. (2006), Browning et al. (2006) e Vernadat (1996)	27
Tabela 2 - Principais propósitos dos usuários "dono do processo" segundo Browning (2010) e Amigo (2013)	29
Tabela 3 - Critérios para seleção dos usuários do teste de usabilidade	44
Tabela 4 - Seqüência de passos para realização do teste de usabilidade. Adaptado de Amigo (2013).	47
Tabela 5 - Escala de avaliação de eficácia. Adaptada de Tullis e Albert (2008).	48
Tabela 6 - Valores numéricos atribuídos a escala likert	52
Tabela 7 - Perfil dos usuários selecionados para o teste de usabilidade	62
Tabela 8 - Seleção de propósitos para desenvolvimento do roteiro de entrevistas	64
Tabela 9 - Propósitos descartados da pesquisa e suas justificativas	65
Tabela 10 - Questionário de avaliação de usabilidade	66
Tabela 11 - Propósitos sem diferença estatística de eficiência entre protótipos	81
Tabela 12 - Propósitos nos quais o eEPC é mais eficaz e eficiente (com relevância estatística)	82

## LISTA DE SIGLAS

ARIS – *Architecture of Integrated Information Systems*

BPD – *Business Process Diagram*

BPEL – *Business Process Execution Language*

BPMI – *Business Process Management Initiative*

BPMN – *Business Process Modeling Notation*

EPC – *Event-driven Process Chain*

eEPC – *Extended Event-driven Process Chain*

FAD – *Function Allocation Diagram*

IDEF – *Integration Definition*

PDP – *Processo de Desenvolvimento de Produtos*

SADT – *Structured Analysis and Design Technique*

UML – *Unified Modeling Language*

VSM – *Mapeamento do Fluxo de Valor – Value Stream Mapping*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Contexto	15
1.2. Questão de pesquisa e objetivo	16
1.2.1. Justificativa	17
1.3. Conteúdo do trabalho	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Processo de desenvolvimento de produtos	18
2.1.1. Processo de negócio	19
2.1.2. Características do PDP	19
2.1.3. Modelo de referência para o PDP	21
2.1.3.1. Exemplos de modelos de referência para o PDP	23
2.1.3.2. Modelo de referência unificado para o PDP	23
2.1.4. Principais elementos de modelos do PDP	27
2.2. Modelagem do processo de desenvolvimento de produtos	28
2.3. Principais propósitos dos usuários de modelos de referência do PDP	29
2.4. Métodos de modelagem	30
2.4.1. BPMN (Business Process Modeling Notation)	31
2.4.2. FAD (Function Allocation Diagram)	35
2.4.3. EPC (Event-driven Process Chain)	35
3. METODOLOGIA	38
3.1. Planejamento da pesquisa	39
3.2. Etapas do trabalho	41
3.2.1. Fase 1: Revisão bibliográfica	42
3.2.2. Fase 2: Desenvolvimento dos protótipos	42
3.2.3. Fase 3: Realização dos testes de usabilidade	43
3.2.3.1. Fase 3.1: Seleção dos usuários	44
3.2.3.2. Fase 3.2: Roteiro de entrevistas	45
3.2.3.3. Fase 3.3: Aplicação dos testes de usabilidade	46
3.2.4. Fase 4: Análise dos resultados obtidos	47
3.2.4.1. Eficácia	48
3.2.4.2. Eficiência	49

3.2.4.3. Métricas auto reportadas	51
3.2.4.4. Métricas comparativas e combinadas	53
4. RESULTADOS	54
4.1. Desenvolvimento dos protótipos	54
4.1.1. Protótipo A: eEPC	54
4.1.1.1. Vistas finais eEPC	54
4.1.2. Protótipo B: BPMN	58
4.1.2.1. Vistas finais BPMN+FAD	58
4.1.3. Teste piloto	61
4.2. Realização dos testes de usabilidade	62
4.2.1. Seleção dos usuários	62
4.2.2. Roteiro de entrevistas	64
4.3. Análise dos resultados obtidos	67
4.3.1. Eficácia	67
4.3.2. Eficiência	71
4.3.3. Métricas auto reportadas	76
4.3.4. Métricas comparativas e combinadas	79
5. CONCLUSÕES	81
5.1. Análise dos resultados	81
5.2. Limitações e sugestões de trabalhos futuros	84
Referências bibliográficas	86
Apêndices	90
Apêndice A – Questionário de seleção de perfil de usuário	90
Apêndice B – Termo de consentimento livre e esclarecido	93
Apêndice C – Gabarito de respostas do teste de usabilidade	94
Apêndice D – Gabarito de realização do teste de usabilidade	97
Apêndice E – Exemplo de questionário online para roteiro de entrevistas	100
Apêndice F – Análise da eficiência e teste t de student	102

## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a pesquisa realizada neste trabalho. Apresenta-se inicialmente o contexto, seguido da questão de pesquisa e objetivo e, por fim, a justificativa.

### 1.1. Contexto

Com o crescente aumento da competitividade entre as empresas nas últimas décadas, essas se vêem cada vez mais pressionadas por parte do mercado a produzir produtos inovadores, de alta qualidade, em um período de tempo cada vez mais curto e com um custo mais baixo. Para enfrentar esse cenário as empresas necessitam de um processo de desenvolvimento de produtos (PDP), que seja eficiente, de modo a criar uma vantagem competitiva de difícil imitação por parte dos concorrentes.

O processo de desenvolvimento de produtos é definido por Rozenfeld et al. (2006) como:

“um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.” (ROZENFELD et al., 2006, p. 3).

Segundo Vernadat (1996) um processo de negócio pode ser definido como uma sequência de atividades parcialmente ordenadas, interligadas por relações de precedência; sendo iniciada por um evento e finalizada por um resultado observável ou quantificável.

O PDP pode ser modelado facilitando as tomadas de decisões e reduzindo o tempo de desenvolvimento, implicando em um significativo impacto na eficiência do processo. Ao contrário dos outros processos de negócio, o PDP possui baixa linearidade, possui grande volume de informações e grande variedade de práticas tornando-se mais complexo de se modelar. (SMITH e MORROW, 1999).

Vernadat (1996) define um modelo como uma representação da realidade que é construída, verificada, analisada e manipulada para o melhor entendimento de um processo.

Devido à complexidade do PDP, seu desempenho depende de um modelo geral de gestão que sirva de referência para o desenvolvimento de produtos segundo um ponto de vista comum na organização (ROZENFELD et al., 2006). Existem diversos métodos na literatura para modelagem de um processo, cada um possuindo determinadas particularidades, alguns sendo de maior utilidade para determinados propósitos<sup>1</sup> do que outros. No entanto, identificar o melhor método para um propósito específico é um grande desafio para empresas atualmente (BROWNING, 2010). A escolha do método de modelagem se mostra ainda mais importante uma vez que as vistas<sup>2</sup> deste processo oferecem dificuldades para a visualização e compreensão do mesmo. Este trabalho abordará no estudo dos métodos BPMN (*Business Process Modeling Notation*) e eEPC (*Extended Event-driven Process Chain*), que são os métodos amplamente empregados pela comunidade prática.

De modo a abranger o maior número possível de propósitos, decidiu-se por estudar a versão estendida do EPC, o eEPC, e o BPMN com detalhamento em FAD<sup>3</sup> (*Function Allocation Diagram*).

## 1.2. Questão de pesquisa e objetivo

A questão que dá origem a esta pesquisa pode ser resumida da seguinte maneira: Comparando os métodos BPMN e eEPC, qual dos métodos é o mais adequado para a modelagem de um determinado modelo de referência para o PDP, considerando a visualização e compreensão do processo por parte de seus gestores?

---

<sup>1</sup> Propósito neste caso refere-se a utilidade que o modelo de referência possui para seu usuário. Para mais detalhe, consultar item 2.3.

<sup>2</sup> Vista é um arranjo de símbolos escolhido para mostrar um conjunto de atributos. Para mais detalhe, consultar item 2.1.3.

<sup>3</sup> Para mais detalhe, consultar item 2.4.2.



Definida a questão de pesquisa, o objetivo é comparar os métodos BPMN e eEPC de modo a identificar para quais propósitos de visualização e compreensão do processo de desenvolvimento de produtos cada método é mais apropriado.

### **1.2.1. Justificativa**

É possível perceber na literatura que os métodos utilizados para a modelagem do PDP não atendem satisfatoriamente aos propósitos dos usuários de modelos de referência. Segundo Browning (2010), os modelos atuais não apresentam informações adequadas para o cumprimento das tarefas sob responsabilidade dos gestores do processo, gerando dificuldades na visualização e compreensão do processo. Grande parte dos modelos de referência desenvolvidos apresentam informações irrelevantes e/ou não possuem informações essenciais, o que demonstra que tais modelos foram desenvolvidos através de métodos inadequados para o propósito.

A literatura falha com relação a uma avaliação sistêmica dos propósitos de cada método de modelagem. Os gestores não conseguem alcançar seus objetivos através de informação incompleta, diminuindo a eficiência do processo e até induzindo ao erro; possuir a ferramenta certa para determinado trabalho é essencial para o sucesso (BROWNING, 2010). Sendo assim, é relevante investigar os métodos de modelagem mais utilizados para a criação de um modelo de referência do PDP, a fim de identificar suas vantagens e desvantagens para os usuários do modelo.

### **1.3. Conteúdo do trabalho**

No próximo capítulo, como forma de embasamento, é apresentada a discussão do referencial bibliográfico dos tópicos (1) Processo de Desenvolvimento de Produtos, (2) Modelagem do PDP, (3) Principais propósitos dos usuários de modelos de referência do PDP e (4) Métodos de modelagem. A metodologia de

pesquisa é apresentada no capítulo 3, seguida da apresentação dos resultados (capítulo 4). Por fim, as conclusões, limitações e sugestões de trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 5.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Com o objetivo de adquirir um maior conhecimento sobre o tema do trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica através da consulta de livros e artigos em bases de dados referenciadas para obtenção do conjunto das informações necessárias para o aprofundamento e embasamento no assunto.

Os temas revisados foram: processo de desenvolvimento de produtos, modelos de referência para o PDP, propósitos dos usuários de modelos de referência do PDP e métodos de modelagem do PDP.

### **2.1. Processo de desenvolvimento de produtos**

O processo de desenvolvimento de produtos, segundo Rozenfeld et al. (2006), é o processo responsável por buscar especificações de projeto de um novo produto e de seu processo de produção a partir das necessidades e oportunidades do mercado e das restrições tecnológicas, atentando-se para as estratégias competitivas da empresa. Ainda, o PDP pode ser considerado um processo de conversão das necessidades do mercado em um produto que crie valor ao cliente e seja ofertável (SMITH e MORROW, 1999; ROZENFELD et al., 2006).

A seguir abordam-se temas relacionados ao processo de desenvolvimento de produtos.

### **2.1.1. Processo de negócio**

Segundo Vernadat (2007), um processo de negócio é uma sequência de passos ordenados realizada parcialmente buscando atender determinados objetivos empresariais. Rozenfeld (1996) complementa afirmando que um processo de negócio é uma transformação de informações por meio do uso dos recursos da organização. Ainda, Scheer, Thomas e Adam (2005) acrescentam dizendo que a transformação de recursos de entradas ocorre por meio da agregação de valor ao produto.

### **2.1.2. Características do PDP**

O PDP é um processo de importância estratégica pois é por meio do sucesso de novos produtos que grande parcela das organizações atinge sua competitividade de forma sustentável. Segundo Browning et al. (2006), o objetivo do desenvolvimento do produto é criar uma receita para produzir produtos. Ele abrange ainda o acompanhamento do produto após seu lançamento, como, por exemplo, mudanças em especificações e descontinuidade do produto.

O PDP caracteriza-se por um elevado grau de incertezas e riscos, tomadas de decisões importantes no início do processo (quando as incertezas são maiores), manipulação e geração de um alto volume de informações, necessidade de integração das informações e decisões devido a diversas fontes que estas provêm, multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo e alto número de interfaces com outros processos (ROZENFELD et al., 2006). Tal processo abrange milhares de atividades realizadas por diferentes áreas, integrando fases desde o planejamento estratégico até a retirada do produto do mercado. Devido a seu tamanho, multiplicidade de aspectos e unicidade, o PDP é considerado um processo complexo de ser administrado (BROWNING, 2008).

Com o aumento da diversidade de produtos e a diminuição do seu ciclo de vida, as empresas se vêm pressionadas a melhorar a gestão do PDP constantemente. Segundo Clark e Fujimoto (1991), nas últimas décadas o

desenvolvimento de produtos passou a ser considerado o ponto chave para o sucesso competitivo da empresa devido a três forças: intensa competição internacional, mercados fragmentados e clientes cada vez mais exigentes e tecnologias diversificadas e transformadas constantemente. Entretanto, acompanhar as exigências do mercado não é uma tarefa fácil, resultando em um alto número de produtos fracassados e exigindo das empresas habilidades e competências para atuar com dinamismo e flexibilidade (ROZENFELD et al., 2006).

O PDP, devido a suas particularidades, possui características distintas dos demais processos. Um processo de negócio, em linhas gerais, é qualquer conjunto de atividades realizadas em uma sequência lógica que busca alcançar um objetivo para um grupo de consumidores. O PDP, ao contrário de outros processos, manipula e gera um grande volume de informações, provenientes de fontes externas e internas à empresa, sendo assim é muito importante a boa comunicação e a coordenação das informações e decisões. O PDP não é uma atividade rotineira, cada projeto possui suas particularidades (ROZENFELD et al., 2006).

Para que o PDP seja considerado eficaz e eficiente, o produto desenvolvido deve atender às expectativas do mercado e às estratégias da empresa usando o mínimo possível de recursos, tais como tempo e custo (ROZENFELD et al., 2006). O grande desafio é conseguir que o PDP seja consistente, alcançando sucesso em grande parte dos produtos desenvolvidos (CLARK e FUJIMOTO, 1991). O sucesso dos esforços do PDP podem determinar a viabilidade, a longo prazo, da empresa (SMITH e MORROW, 1999).

Para que os resultados obtidos sejam satisfatórios, aconselha-se que os problemas de projeto sejam identificados e solucionados com antecedência, utilizando-se as informações de produtos anteriormente desenvolvidos para evitar possíveis erros recorrentes e reduzir assim o tempo de lançamento do produto e seus custos, resultando em uma maior eficiência do processo (ROZENFELD et al., 2006).

### 2.1.3. Modelo de referência para o PDP

O PDP, assim como os outros processos de negócio, pode ser representado simbolicamente por meio de um modelo de referência que mostra as atividades, informações e outros recursos necessários para realização do processo (MUNDIM et al., 2002).

De maneira geral, um modelo de referência é um mapa de um processo de negócio, ou seja, uma representação gráfica de como determinado processo deve ser desempenhado (ROZENFELD et al., 2006). O modelo ajuda os trabalhadores a adquirirem determinadas informações necessárias no momento certo, possibilitando-os focar na criatividade e inovação ao invés de na busca por dados (BROWNING et al., 2006). Ele é uma representação abstrata da realidade, que é construído, verificado e analisado para aumentar o entendimento por parte dos participantes (BROWNING, 2008).

Um modelo pode possuir mais de uma vista, podendo assim mostrar somente o necessário e essencial para uma determinada ocasião. Segundo Browning (2008), vistas de um modelo são definidas como:

Uma vista é um arranjo de símbolos, uma tabela, ou outra representação escolhida para mostrar um subconjunto selecionado desses atributos ou conjecturas.

Atualmente, com a alta complexidade dos produtos, o aumento da competitividade, a expectativa dos clientes com a customização, a pressão por tempos mais curtos e o alto número de atividades relacionadas, o PDP está cada vez mais complexo, exigindo uma gestão de projetos eficiente. Modelos de processos são a base para planejar e gerir projetos. Através da lista de atividades a serem realizadas e suas interdependências é possível entender melhor o processo como um todo (BROWNING et al., 2006).

Quando não existe uma visão única do processo, problemas de comunicação e integração entre áreas são recorrentes e acabam por gerar problemas e ineficiências no processo. O modelo de referência tem como objetivo a diminuição destas limitações (ROZENFELD et al., 2006).

Processos de negócio compreendem atividades que devem ser desempenhadas de uma maneira específica de modo a alcançar os requisitos dos

clientes de maneira eficaz e eficiente. De uma maneira geral, os processos de negócio de uma empresa são estruturados, entretanto para o PDP isso não é totalmente válido visto que o processo é dependente do produto a ser produzido, ou seja, cada produto possui suas particularidades (ROZENFELD et al., 2006). No entanto, mesmo no PDP existem atividades rotineiras (SMITH e MORROW, 1999) que podem ser modeladas. Um modelo aumenta a qualidade e a repetibilidade do projeto de PDP e facilita o entendimento das relações entre atividades e entregas de um processo complexo (BROWNING et al., 2006).

O PDP é por sua natureza mais complexo que os outros processos de negócio, segundo Browning et al. (2006) e Rozenfeld et al. (2006) as principais características que levam a esta complexidade são:

- Em processos operacionais as atividades se repetem cada vez que o processo é realizado, já no caso do desenvolvimento de produtos, o processo é realizado por meio de projetos, sendo o modelo apenas uma referência para o projeto;
- O PDP é multidisciplinar, envolvendo grande parte da organização;
- Os processos do desenvolvimento de produtos tendem a se sobrepor, ou seja, ocorrem ao mesmo tempo ao invés de serem sequenciais.

Devido a sua complexidade, percebe-se que o desempenho do PDP depende de um modelo geral de gestão que descreva o processo e sirva de referência para o desenvolvimento de produtos segundo um ponto de vista comum. Um modelo viabiliza uma visão unificada do processo de desenvolvimento de produtos a todos os envolvidos, define os critérios de decisões e facilita a obtenção de um resultado que seja eficiente (ROZENFELD et al., 2006).

Grande parte das empresas com excelência em desenvolvimento de produtos possui um modelo para o PDP, apresentando consistência entre seus elementos e a gestão estratégica e operacional do negócio (ROZENFELD et al., 2006).

Existem modelos de referência genéricos e específicos. Modelos de referência genéricos são representações de processos contendo melhores práticas da área de atuação. Usualmente modelos genéricos são elaborados por instituições, organizações ou pesquisadores da área. A partir de um modelo genérico, é possível fazer adaptações para um determinado contexto/empresa, obtendo um modelo de referência específico, ou seja, uma instância de um modelo genérico. Modelos de referência específicos são usados para retratar e analisar o processo real de uma

organização e fornecem base para o planejamento do desenvolvimento de um determinado produto (VERNADAT, 1996; BROWNING et al., 2006).

#### **2.1.3.1. Exemplos de modelos de referência para o PDP**

Existem diversos modelos de referência genéricos para o processo de desenvolvimento de produtos na literatura. Alguns dos considerados clássicos são: Pahl e Beitz (1998); Ulrich e Eppinger (2007); Clark e Wheelwright (1993); Urban e Hauser (1993); Cooper (2001) e Crawford e Benedetto (2006).

Apesar do modelo de Rozenfeld et al. (2006) possuir pontos a serem melhorados em relação aos modelos de outros autores, como por exemplo, a macrofase de pré-desenvolvimento, que é explorada de maneira mais aprofundada por Cooper (2001) e Crawford e Benedetto (2006), ele será o modelo utilizado neste trabalho devido à abrangência e a facilidade de acesso ao seu conteúdo detalhado, já que é um modelo desenvolvido pelo laboratório onde se desenvolverá essa pesquisa. A isto acrescenta-se o fato de que o objeto de análise deste trabalho é a forma e não o conteúdo do modelo; ou seja, o modelo de referência utilizado é um aspecto secundário nesta pesquisa, e sua escolha deve ter interferência mínima no resultado que se pretende obter.

Esse modelo une o conceito de *gates* do modelo de Cooper (2001), com a estrutura da fase de desenvolvimento do modelo de Ulrich e Eppinger (2007), e tem como diferencial a macrofase de pós desenvolvimento.

#### **2.1.3.2. Modelo de referência unificado para o PDP**

O modelo de referência proposto por Rozenfeld et al. (2006) é um modelo genérico que pode ser utilizado pelas empresas para criarem o próprio modelo de referência. O modelo proposto é voltado para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e capital tendo ênfase na tecnologia mecânica de fabricação. O modelo genérico precisa ser adaptado de acordo com os fatores que individualizam

cada organização, tais como tecnologia, tipo de projeto de desenvolvimento, estratégia de produção, nível de maturidade do PDP e tipo de mercado (ROZENFELD et al., 2006).

O modelo proposto é dividido em três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Cada macrofase é dividida em fases, que por sua vez são divididas em atividades e estas em tarefas. O que delimita uma fase é a entrega de um conjunto de resultados (*deliverables*).

A figura 1 mostra o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006).

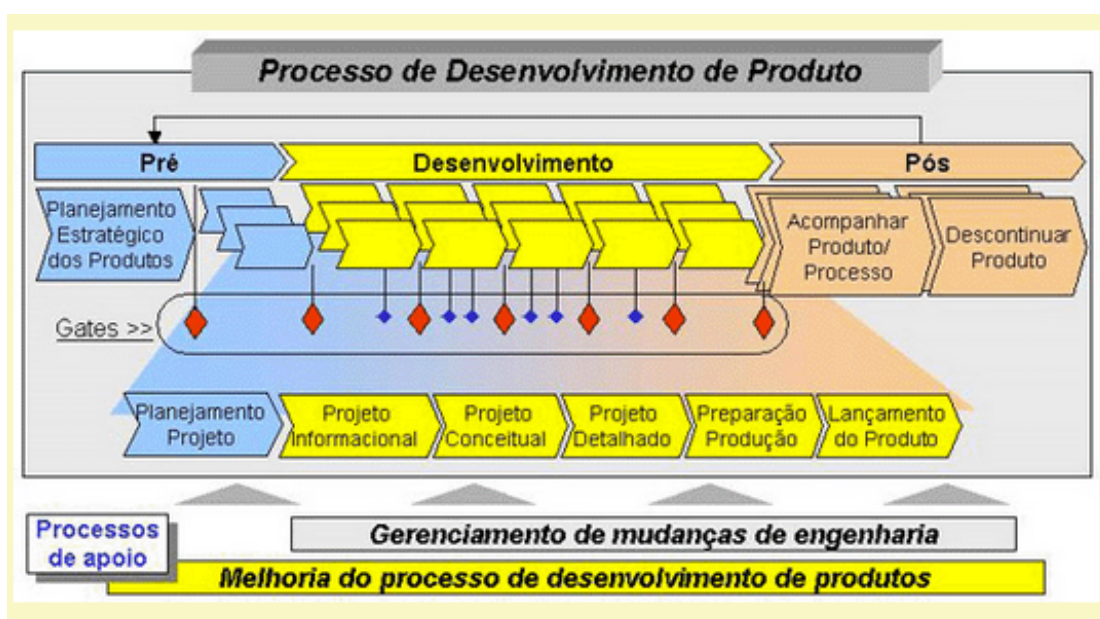


Figura 1 - Modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Abaixo são apresentadas as principais características de cada macrofase segundo Rozenfeld et al. (2006):

- Macrofase de pré-desenvolvimento:

A macrofase do pré-desenvolvimento envolve a atividade de definição do projeto de desenvolvimento, a qual é realizada a partir da estratégia da empresa, através da criação do portfólio. Esta macrofase é dividida em duas fases: planejamento estratégico do produto e planejamento do projeto.

A fase do planejamento estratégico do produto tem como entrada o planejamento estratégico do negócio e como saída o portfólio de produtos e a minuta do projeto. O portfólio de produtos consiste em uma série de produtos a serem desenvolvidos e já desenvolvidos, que estão alinhados com a



estratégia da empresa. Dentro da análise do portfólio realiza-se a análise das propostas de novos produtos, ou seja, define-se, de acordo com a estratégia, a maximização do valor econômico, do balanceamento da carteira de projetos e da diminuição dos riscos, qual ou quais projetos devem ser desenvolvidos. A quantidade de projetos depende dos recursos disponíveis pela empresa. Já a minuta do projeto consiste em um documento mais detalhado sobre a ideia do produto a ser desenvolvido, contendo a análise dos concorrentes e de patentes no mercado, o público alvo e o esboço inicial da ideia.

Já a segunda fase do pré-desenvolvimento, o planejamento do projeto, tem como entrega principal o plano do projeto. O plano de projeto consiste no detalhamento dos produtos a serem desenvolvidos, para certificar-se que a organização possui capacidade e recursos suficientes para o desenvolvimento dos mesmos e criar um consenso mínimo sobre o objetivo final de cada projeto, como metas do projeto para cada equipe. O plano do projeto é composto pelo escopo do projeto, escopo do produto, atividades e sua duração, prazos, orçamento, responsáveis, recursos necessários para realizar o projeto, especificações dos critérios e procedimentos para avaliação da qualidade, análise de riscos e indicadores de desempenho.

O pré-desenvolvimento é considerado de grande importância por ser uma ponte entre os objetivos da empresa e os projetos de desenvolvimento, portanto deve ser realizado com grande atenção.

- **Macrofase de desenvolvimento:**

O desenvolvimento toma como base as informações geradas na macrofase anterior, documentadas no plano de projeto. Esta macrofase é a mais importante pois determina aproximadamente 85% do custo final do produto e, se bem executada, evita gastos desnecessários das fases mais avançadas.

O desenvolvimento é dividido em cinco fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto. A primeira fase, projeto informacional, é a responsável por definir as pessoas envolvidas com o produto durante o seu ciclo de vida, tais como clientes e responsáveis e suas necessidades. A partir dessas necessidades e restrições determina-se e documentam-se todas as especificações-meta do produto. Já o projeto conceitual, é o responsável por estabelecer as funções

que o produto deve possuir para atender os requisitos pré-estabelecidos, tomando como base as especificações geradas na fase anterior. Em seguida, no projeto detalhado, as informações e especificações do produto são detalhadas, os protótipos são testados e o produto homologado.

Posteriormente, na quarta fase do desenvolvimento, o processo de produção é homologado, os equipamentos novos necessários são providenciados e é produzido um lote piloto para a avaliação da possibilidade da empresa obter os produtos com a mesma qualidade do protótipo. Assim que confirmada essa possibilidade, a última fase desta macrofase dá início à produção e o produto é lançado no mercado.

Basicamente, ao final da macrofase de desenvolvimento, são produzidas as informações técnicas de produção e comerciais, os protótipos já estão aprovados e os recursos a serem utilizados para a produção e o suporte técnico já foram definidos, adquiridos e instalados, o lote piloto já foi produzido e a cadeia de suprimentos já está pronta para a comercialização.

- Macrofase de pós-desenvolvimento:

A macrofase de pós-desenvolvimento conta com o acompanhamento sistemático e a documentação correspondente da melhoria de produtos durante seu ciclo de vida.

Esta macrofase é composta por duas fases: acompanhar o produto e o processo e descontinuar produto no mercado. A primeira consta com duas atividades operacionais: avaliação da satisfação do cliente e monitoramento do desempenho técnico do produto; e três atividades esporádicas: auditorias, acompanhamento das modificações do produto e registro de lições aprendidas.

Já a última fase é responsável por encerrar a produção e retirar o produto do mercado. As informações são reunidas em um documento formal de fim de vida para serem utilizadas posteriormente para outro produto semelhante, permitindo que, após a retirada do produto do mercado os conhecimentos acumulados estejam à disposição da empresa.

No final de cada fase, realiza-se um *gate*, ou seja, uma avaliação do projeto para verificar se todos os requisitos necessários foram cumpridos e se os objetivos do projeto continuam alinhados com a estratégia da empresa e, assim, seguir para a

próxima fase. O objetivo desta sistemática é garantir que as estratégias do produto e da empresa sejam constantemente observadas.

Finalmente pode-se perceber quão importante é possuir uma estratégia adequada de desenvolvimento, a qual permite uma redução de problemas típicos, como a falta de envolvimento da alta administração nas decisões do PDP e a falta de sintonia entre o plano de negócios da empresa e os novos projetos.

#### 2.1.4. Principais elementos de modelos do PDP

Este tópico apresenta os elementos básicos que geralmente compõem modelos de PDP. Tem-se como objetivo explicar e exemplificar os elementos para o melhor entendimento dos termos utilizados na modelagem do PDP.

Tabela 1 - Elementos de modelos de PDP. Definições de acordo com Rozenfeld et al. (2006), Browning et al. (2006) e Vernadat (1996)

Elementos	Definição	Fonte	Exemplos
Atividades	Atividade é o menor nível do planejamento, são as ações mais detalhadas para o gerente de projetos e possuem entradas e saídas	ROZENFELD et al. (2006)	Especificar tolerâncias; analisar requisitos do cliente; finalizar desenhos; completar BOM
Entregas	Resultados tangíveis do PDP, podem ser medidos e avaliados	ROZENFELD et al. (2006)	Declaração do Escopo do Projeto; Portfólio de Produtos; Especificações-Meta
Fases	Parte do processo destinada a entrega de um conjunto de resultados. No final de cada fase sempre há entregas	ROZENFELD et al. (2006)	Planejamento do projeto; projeto informacional; projeto detalhado; lançamento do produto
Ferramenta	Tecnologias utilizadas para a realização do trabalho na criação do produto	BROWNING et al. (2006)	Ferramenta de modelagem; ferramentas de desenho computacional
Informações	Dados necessários para determinada ação	ROZENFELD et al. (2006)	Informações de entrada e saída dos processos; especificações dos clientes
Modelagem de processo	Conjunto de atividades a ser seguido para criar um ou mais modelos com o objetivo de representar, comunicar, analisar ou controlar	VERNADAT (1996)	EPC; BPMN; VSM
Mapa, Modelo	Representação abstrata da realidade expressa em termos de uma linguagem definida de acordo com o propósito do usuário	VERNADAT (1996)	Modelo de processo; modelo de referência
Pacotes de trabalho	Conjunto de atividades que necessitam ser realizadas para	ROZENFELD et al. (2006)	Definir requisitos do produto; disponibilizar

	o cumprimento de uma entrega		desenhos finais e BOM
Papéis	Responsáveis por determinadas atividades, pode ser uma área da empresa ou mesmo um cargo	ROZENFELD et al. (2006)	Gerente de projetos; time de desenvolvimento
Processo	Conjunto de atividades realizadas em sequência lógica buscando criar valor a um produto	BROWNING et al. (2006)	Processo de Desenvolvimento de Produtos; Processo de Fabricação
Produto	Bem ou serviço que agrega valor ao cliente e pode ser comercializado	ROZENFELD et al. (2006)	Caneta; carro
Recursos	Pessoas e equipamentos necessários para o cumprimento de determinada tarefa	ROZENFELD et al. (2006)	Recurso humano; máquinas, equipamentos

## 2.2. Modelagem do processo de desenvolvimento de produtos

Segundo Rozenfeld et al. (2006) modelagem é o estudo dos métodos e ferramentas para descrever os processos de negócio de uma organização. Jeston e Johan (2006) consideram ainda que a modelagem está relacionada com a identificação e conceituação dos processos de negócio e dos processos futuros. Já segundo Amaral (2002), a modelagem é a representação de parte da realidade relativa a um subconjunto do processo.

Tem-se como resultado da modelagem uma descrição de como o processo deve ser realizado. No caso do PDP um modelo seria a descrição das atividades, recursos, informações e outras dimensões desejáveis do processo. Um modelo é um guia de como um determinado processo deve ser realizado e não como ele é realizado no momento do mapeamento (ROZENFELD et al., 2006).

A modelagem busca prover cada grupo do PDP com as informações necessárias, de modo a facilitar o cumprimento das tarefas e ajudar na tomada de decisões (BROWNING, 2008). Quando finalizado, o processo de modelagem torna-se a estrutura do conhecimento da organização (BROWNING et al., 2006).

Uma ferramenta de modelagem é uma abordagem genérica a ser aplicada para modelar uma situação, provendo informações genéricas (BROWNING et al., 2006).

A modelagem do PDP ainda enfrenta um processo de resistência grande por diversos motivos, entre eles, a falta de recursos; a crença de que as crises

momentâneas são mais importantes que o planejamento do futuro; a falta de conhecimento dos reais benefícios da modelagem e a dificuldade em enxergar os benefícios reais em processos já modelados. Felizmente existem potenciais soluções para esta resistência: dar início ao processo de modelagem lentamente, mostrando claramente os benefícios; providenciar treinamento para motivação e mostrar os benefícios da modelagem; realocar recursos quando não é possível aumentá-los e incentivar sistemas para compartilhamento do conhecimento. Para que o processo de modelagem alcance seus reais benefícios é necessário que as pessoas entendam o porquê desse processo estar ocorrendo e a utilizem; caso isso não aconteça, as pessoas agirão como barreiras, dificultando o processo de modelagem. Ainda, é extremamente importante que os envolvidos na modelagem recebam um *feedback* constante para que possam realmente participar e enxergar o resultado do processo (BROWNING et al., 2006).

### 2.3. Principais propósitos dos usuários de modelos de referência do PDP

Existem diversas utilidades para modelos de processos de desenvolvimento de produtos, o que resulta em uma abrangente lista de ferramentas de modelagem. Segundo Browning (2008), o principal propósito da modelagem é proporcionar uma visão para o PDP, mantendo consistência e sincronismo do processo.

A tabela 2 apresenta outros principais propósitos e suas respectivas descrições para o usuário “dono do processo” identificados por Browning (2010) e Amigo (2013).

Tabela 2 - Principais propósitos dos usuários "dono do processo" segundo Browning (2010) e Amigo (2013)

	Propósitos	Descrição
Browning (2010)	Organizar conhecimento sobre o trabalho	Organização das informações/conhecimento da empresa, de modo a transmiti-lo a todos os membros
	Identificar efeitos em cadeia do processo de mudança	Identificação dos relacionamentos dos construtos de modo a possibilitar alterações no modelo
	Analisar e melhorar processos	Definição de práticas para analisar e melhorar processos
	Definir atividades padrão e preferida	Definição de práticas apropriadas as organizações funcionais
	Definir entregas padrão e entrega	Definição dos resultados desejados de cada atividade

	padrão principal	
	Definir <i>handoffs</i> padrão e estrutura de fluxo de trabalho padrão	Definição dos relacionamentos entre atividades e entregas através de listas de entradas e saídas
	Relacionar papéis às atividades	Definição de papéis e/ou responsabilidades para cada atividade
	Relacionar papéis às entregas	Definição de papéis e/ou responsabilidades para cada entrega
Amigo et al. (2013)	Avaliar complexidade do processo	Avaliação da complexidade do processo de negócio de acordo com suas dependências
	Definir sequência de atividades	Definição da sequência lógica das atividades, assim como suas dependência e precedências
	Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas	Identificação dos relacionamentos de precedência e dependência entre atividades e funções através da definição de entregas
	Identificar ferramentas e <i>templates</i> padrão	Associação de ferramentas padrão e <i>templates</i> a atividades
	Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal	Definição de melhores práticas para cada papel
	Monitorar processos e atividades	Controle de processos e atividades através do modelo de negócio
	Agendar de atividades e tarefas	Definição de datas para a realização de atividades e tarefas
	Mostrar relação hierárquica entre atividades	Identificação do relacionamento entre níveis e subníveis
	Mostrar fluxo de dados/informação	Identificação do fluxo de dados/informações do início ao fim do processo, passando por todas atividades necessárias
	Definir padrões de qualidade para as entregas padrões	Identificação de padrões de qualidade para as entregas de modo a padronizar a qualidade independente do responsável

## 2.4. Métodos de modelagem

Métodos de modelagem são ferramentas munidas de construtos que buscam representar modelos de negócios de empresas e têm como propósito a descrição das funcionalidades e comportamentos empresariais no nível de detalhe requerido pelos usuários dos processos. Cada método possui suas particularidades, sendo de maior utilidade para determinado objetivo (VERNADAT, 1996). Alguns dos métodos de modelagem mais conhecidos são IDEF (*Integration Definition*), VSM (*Value Stream Mapping*), BPMN (*Business Process Modeling Notation*) e eEPC (*Extended Event-driven Process Chain*) (BROWNING, 2008; BROWNING et al., 2006).

O IDEF é uma família de linguagens de modelagem amplamente utilizada para simulação e modelagem funcional. É muito utilizado na prática devido a sua

simplicidade. O método busca mostrar o fluxo de informações nos processos (NORAN, 2000).

O VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor) é amplamente empregado na área de produção enxuta, pois visa identificar oportunidades de melhorias no processo produtivo através da diminuição dos desperdícios. O método consiste em desenhar o fluxo de material e de informação no sentido do fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2003).

Como este trabalho foca nos métodos BPMN e eEPC, os mesmos serão explicados de maneira mais detalhada nos tópicos abaixo. Adicionalmente, o método FAD ganha uma atenção especial por ser usado como detalhamento do método BPMN.

#### **2.4.1. BPMN (*Business Process Modeling Notation*)**

O BPMN é um método de modelagem de processos de negócios desenvolvida pelo grupo BPMI (*Business Process Management Initiative*), grupo responsável por capacitar empresas a desenvolver e operar processos de negócio (ABEU, 2005). O BPMN foi criado como um mecanismo simples para criação de modelos de complexos processos de negócios, possibilitando o entendimento por parte de todos os usuários, desde os responsáveis pela modelagem até os usuários do modelo (WHITE, 2004). Os dois objetivos básicos do BPMN são prover uma notação que seja entendida por todos os usuários e assegurar que linguagens XML para a execução de processos de negócio sejam visualmente expressas com uma notação comum (OWEN e RAJ, 2003).

O BPMN permite o entendimento dos processos de uma maneira gráfica, dando à organização a capacidade de comunicá-los de forma padronizada, tornando a comunicação e o entendimento das responsabilidades mais claro dentro da organização (VERNADAT, 2007, apud COSTA, 2010a, p. 46). O BPMN é um dos métodos de modelagem mais aceitos atualmente (SOUZA et al., 2010).

Segundo White (2004), a modelagem BPMN é realizada através do diagrama BPD (*Business Process Diagram*), que é um modelo de diagrama para representação das atividades, fluxos e outros. Os elementos utilizados nesta

representação gráfica resumem-se em quatro categorias: objetos de fluxo, objetos de conexão, raias e artefatos. Estes elementos são melhores explicados abaixo segundo White (2004):

- Objetivos de fluxo: são acontecimentos ocorridos na modelagem BPMN para mostrar as tarefas realizadas. São os elementos básicos para a modelagem, sendo possível a utilização de apenas estes elementos para a modelagem de um processo simples.
  - Evento: os eventos são ocorrências que acontecem durante o processo de negócio que afetam o fluxo do processo e geralmente possuem uma causa ou um impacto. Eventos são representados por círculos, possuindo três diferentes simbologias dependendo de quando o evento afeta do fluxo: início (símbolo 1.a. na figura 2), meio (símbolo 1.b. na figura 2) e fim (símbolo 1.c. na figura 2);
  - Atividade: uma atividade é um trabalho realizado pela empresa. No BPMN uma atividade é representada por um retângulo com bordas arredondadas (símbolo 1.d. da figura 2);
  - Decisão: o símbolo da decisão representa situações de controle de divergências e convergências no fluxo, ou seja, tomada de decisões. O símbolo de diamante (símbolo 1.e. da figura 2) é usado para representar a decisão.
- Objetos de conexão: os objetos de conexão são utilizados para conectar os objetos de fluxo criando o esqueleto do processo de negócio.
  - Fluxo de sequência: indica a sequência de atividades que serão realizadas no processo e é representado pela seta contínua com a ponta sólida (símbolo 2.a. da figura 2);
  - Fluxo de mensagem: indica o fluxo de informação entre dois participantes distintos do mesmo processo e é representado pela seta tracejada com a ponta não preenchida (símbolo 2.b. da figura 2);
  - Associação: utilizado para associar dados, textos e outros artefatos com os objetos de fluxo e é representado pela linha pontilhada com a ponta aberta (símbolo 2.c. da figura 2).
- Raias: são mecanismos para organizar as atividades em categorias separadas, indicando distintas capacidades funcionais ou responsabilidades.



- Piscina: representa um participante em um processo (quando existe mais de uma entidade de negócio representada pelo modelo) e é representada por um retângulo (símbolo 3.a. da figura 2). O fluxo de sequência não ultrapassa o limite de uma piscina, somente o fluxo de mensagem cruza, indicando fluxo de informação entre duas entidades;
- Raia: uma raia é uma repartição de uma piscina e é utilizada para organizar e classificar atividades (símbolo 3.b. da figura 2).
- Artefatos: foram criados para proporcionar uma maior flexibilidade com a modelagem aumentando a possibilidade de customização para cada modelagem. Existem diversos tipos de artefatos, os três mais utilizados são apresentados abaixo:
  - Objeto de dado: é usado para mostrar como determinado dado é requerido ou produzido pelas atividades e conectam-se às atividades através das associações (símbolo 4.a. da figura 2);
  - Grupo: é utilizado para identificar um grupo para uso de documentação ou análise, não afetando o fluxo de sequência. É representado por um retângulo tracejado com pontas arredondadas (símbolo 4.b. da figura 2);
  - Anotação: é um mecanismo que proporciona informações adicionais em forma de texto (símbolo 4.c. da figura 2).

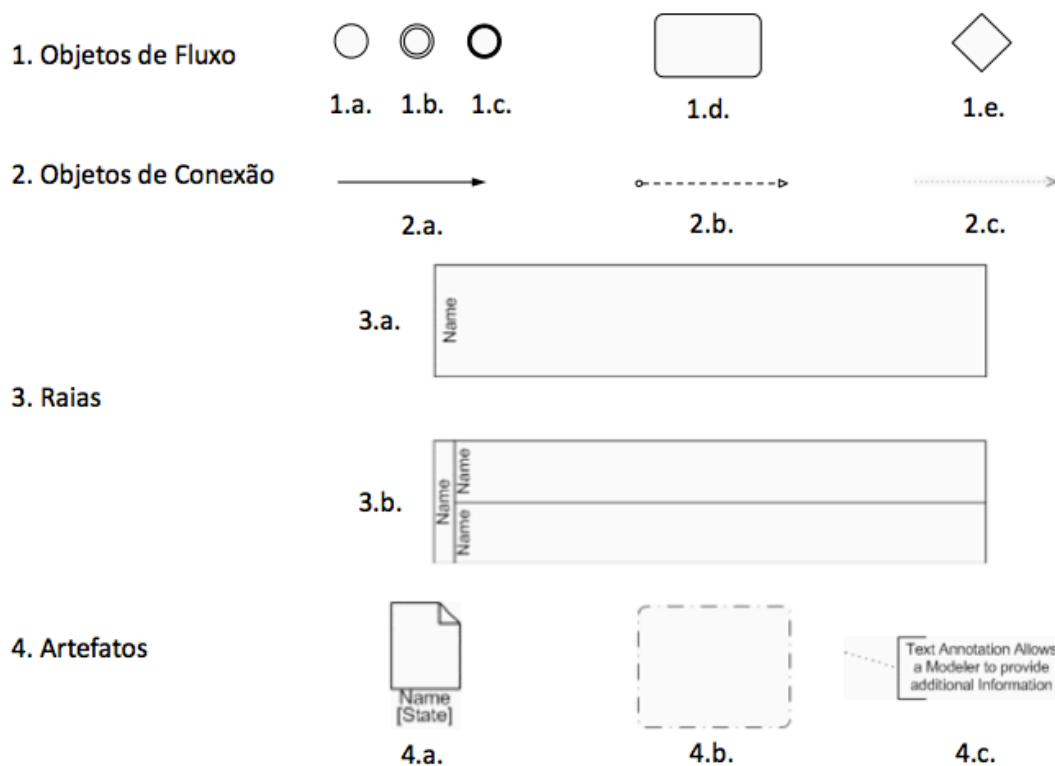


Figura 2 - Elementos BPMN. Adaptado de White (2004)

Segundo Souza (2010), as principais vantagens e desvantagens deste método de modelagem são:

- Vantagens:
  - Oferecer uma notação padrão com suporte em diversos métodos de modelagem;
  - Permitir conversão de formatação para a linguagem de execução de processo de negócio BPEL (*Business Process Execution Language*);
  - Incorporar facilidades de outros métodos de modelagem, como o UML e o IDEF.
- Desvantagens:
  - A integração com outros métodos de modelagem, por ser uma notação gráfica, depende da sua representação textual, sendo alcançada apenas parcialmente;

- Ser focado apenas em processos (não é destinado ao manuseio de diferentes visões).

#### 2.4.2. FAD (*Function Allocation Diagram*)

De acordo com Davis (2001), o FAD se assemelha ao detalhamento do eEPC, uma vez que possui os mesmos elementos e as mesmas possibilidades de conexões entre as funções e os outros elementos.

No entanto, o método FAD não é usado para modelar fluxo de processo. O intuito do método FAD é criar um modelo separado em FAD mostrando as relações entre determinada função e os outros elementos, como saídas, entradas e responsáveis. Dessa maneira, no método FAD não é possível conectar funções a eventos.

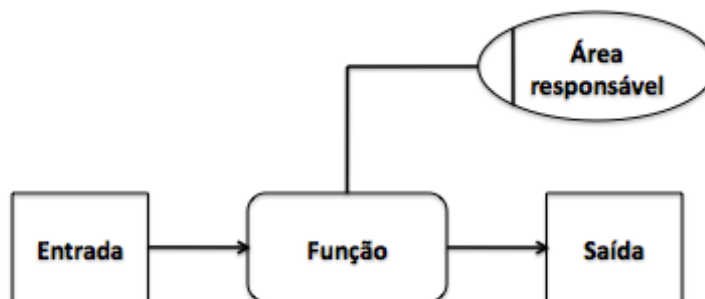


Figura 3 – Elementos FAD. Adaptado de Davis (2001)

#### 2.4.3. EPC (*Event-driven Process Chain*)

A EPC é um método de modelagem de processos baseada no controle dos fluxos de atividades e eventos e seus relacionamentos, desenvolvido pela SAP AG<sup>4</sup> no *Institute for Information Systems*. Esse método possibilita diferentes visões da modelagem permitindo múltiplos objetivos que variam desde a construção do

<sup>4</sup> <http://www.sap.com/>

modelo até a análise, simulação e melhoria dos processos. A possibilidade de diversas visões proporciona a vantagem de restringir as redundâncias, reduzindo a complexidade do modelo e permitindo que cada usuário utilize somente o que lhe interesse (NETO, 2009; SCHEER, THOMAS e ADAM, 2005).

A EPC é um método com foco no cliente do processo, sendo de grande utilidade para a reengenharia de processos de negócios. Este método facilita a identificação de gargalos, sendo útil para a melhoria do processo (ABREU, 2005).

A eEPC é a versão estendida da EPC, que possui símbolos correspondentes a diversos aspectos da modelagem de negócios, como dados, recursos, tempos e probabilidades, enquanto que a versão simples descreve o fluxo como uma cadeia de funções, eventos e conectores lógicos (SCHEER, THOMAS; ADAM, 2005; COSTA, 2010a). Os símbolos utilizados nesta modelagem podem ser observados na figura 3.

Segundo Scheer, Thomas e Adam (2005), Neto (2009) e Abreu (2005), os três elementos básicos da modelagem EPC são funções, eventos e conectores. Eles podem ser definidos da seguinte maneira:

- Funções: são atividades como processos e tarefas e são a base para um modelo. O nome de uma função deve considerar a perspectiva de tempo para o cumprimento da tarefa. Uma atividade é representada por um retângulo com pontas arredondadas (símbolo I da figura 3);
- Eventos: descrevem condições de mudanças e caracterizam o resultado de uma atividade, desencadeando na próxima função. A sequência lógica que deve ser seguida é função – evento – função. O nome de um evento deve refletir suas características no momento, tal como “item completo”. Um evento é representado por um hexágono (símbolo II da figura 3);
- Conectores: são responsáveis por conectar os eventos e funções e são usados como controle de fluxo, definindo a lógica do mesmo. São representados por círculos com símbolo da lógica no interior (símbolo III da figura 3). Existem três tipos de lógica: “e” ( $\wedge$ ), “ou” ( $\vee$ ) ou “ou exclusivo” ( $\times$ ). A parte superior contém o símbolo lógico para a entrada e a parte de baixo contém o símbolo da saída. Se existe uma única entrada e/ou uma única saída, o símbolo é eliminado;

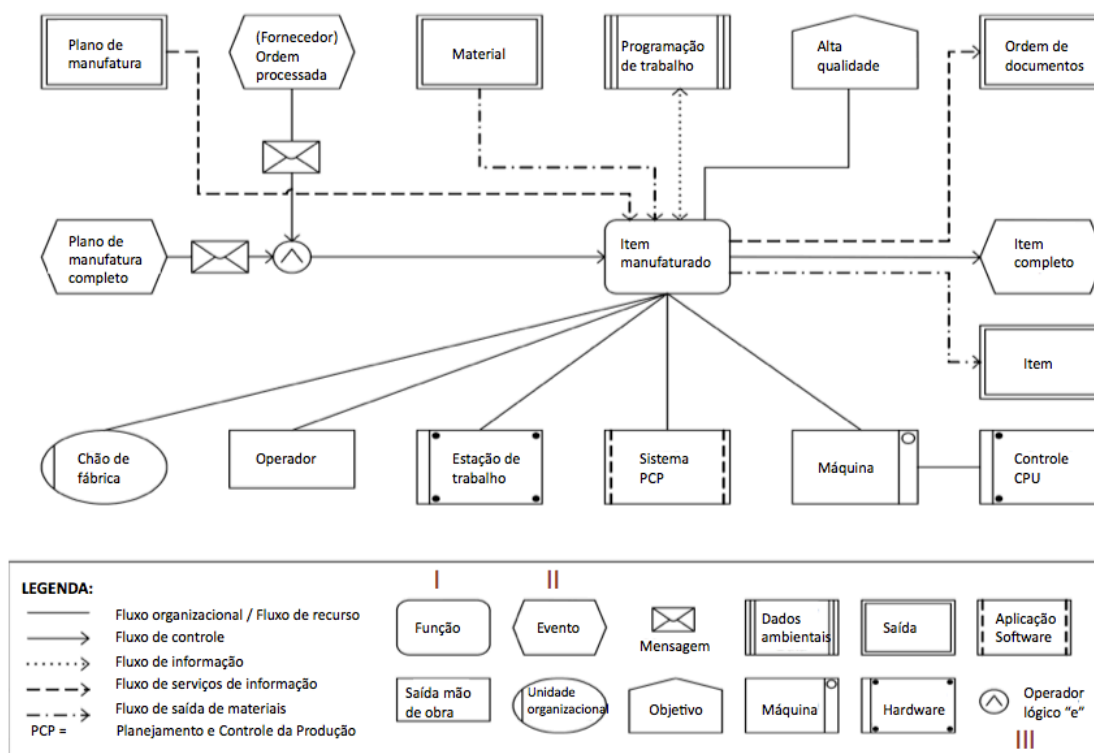


Figura 4 - Elementos da modelagem eEPC. Adaptado de Scheer, Thomas e Adam (2005)

Segundo Scheer, Thomas e Adam (2005) para se evitar resultados inesperados durante a modelagem, deve-se seguir as seguintes regras:

- Uma EPC contém pelo menos uma atividade;
- Uma EPC pode conter diversas EPCs;
- Extremidades sempre conectam dois elementos correspondentes a sequência de ativação;
- Um evento não pode preceder ou suceder outro evento;
- Uma atividade não pode preceder ou suceder outra atividade;
- Cada evento e cada atividade possuem somente uma extremidade de entrada e/ou uma extremidade de saída.

Ainda, Scheer, Thomas e Adam (2005), sugerem os seguintes passos para a modelagem EPC:

1. Determinar o nome do processo de negócio a ser modelado;
2. Definir o evento inicial e o evento final, ou seja, quando e através de quais circunstâncias o processo tem início ou fim;

3. Preencher o espaço entre o evento inicial e final com os controles de fluxo e atividades. Quando apropriado, utilizar conectores adequados;
4. Determinar um ou mais eventos para cada transição entre atividades;
5. Testar as regras propostas para evitar erros;
6. Adicionar todas as entidades relevantes para outras perspectivas, adicionando departamentos, responsáveis ou funções às atividades.

O método EPC se destaca por permitir o mapeamento com perfeição do fluxo de controle entre atividades e a integração de elementos de diferentes visões, além de poder ser exportada para diferentes formatos-padrões. No entanto o método possui algumas desvantagens como não ser padronizado por entidade independente e tornar-se extenso devido a necessidade de inserção de eventos após as atividades.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa científica é de extrema importância para a sociedade, uma vez que ela busca criar, desenvolver e compartilhar conhecimentos sobre um determinado assunto que é de interesse da comunidade científica. Para alcançar tal objetivo a pesquisa científica utiliza métodos científicos que consistem em um conjunto de passos sistemáticos. A escolha do método científico adotado é extremamente importante uma vez que ele deve ser coerente com a questão de pesquisa.

Uma pesquisa científica se inicia com a descoberta de um problema relevante que ainda não foi solucionado pela comunidade. A partir do problema, indica-se o melhor método científico a ser utilizado (COSTA, 2010b).

Este capítulo tem como objetivo ressaltar o problema de pesquisa, escolher o método científico e definir as etapas de pesquisa planejadas. A pesquisa proposta visa contribuir com o desenvolvimento de conhecimento à área de modelagem de processos de desenvolvimento de produtos, tendo como grupo alvo os gestores do PDP.

### 3.1. Planejamento da pesquisa

Buscando orientar a escolha dos métodos, procurou-se compreender esta pesquisa de acordo com a sua natureza, natureza de seus objetivos e posição filosófica adotada.

Segundo Karlsson (2008) a natureza da pesquisa pode ser básica ou aplicada. A pesquisa em questão é de natureza aplicada, uma vez que se destina a desenvolver conhecimentos para aplicações práticas, buscando responder a questão de pesquisa: “Comparando os métodos BPMN e eEPC, qual dos dois métodos é o mais adequado para a modelagem de um determinado modelo de referência para o PDP, considerando o ponto de vista dos gestores do processo?”

Já a natureza do objetivo depende do grau de maturidade da área em estudo. Estudos em novas áreas de conhecimento possuem objetivos de natureza exploratória, enquanto que estudos em áreas mais avançadas possuem objetivos de natureza prescritiva. Existem ainda estudos que buscam estruturar o conhecimento adquirido na etapa exploratória e sugerir padrões, conhecidos como estudos de natureza descritiva (KARLSSON, 2008). Considerou-se que a natureza do objetivo desta pesquisa é descritiva, uma vez que a área de modelagem de processos de desenvolvimento de produtos não é uma área de conhecimento completamente estruturada, faltando pesquisas que ajudem os gestores a escolher o método de modelagem mais apropriado, para cada propósito (HEISEIG et al., 2009).

Com relação à posição filosófica adotada, Meredith et al. (1989) define dois extremos: o racional e o existencial. O extremo racional usa a estrutura formal e a lógica pura como medição da realidade, e o extremo existencial assume que a realidade é adquirida a partir da interação do ser humano com o ambiente. Dentro desses extremos encontram-se quatro perspectivas: axiomática, positivismo lógico/empirismo, interpretativa e teoria crítica. A axiomática está no extremo racional, enquanto que a crítica encontra-se no extremo existencial. Para a presente pesquisa adotou-se a perspectiva de positivismo lógico/empirismo, uma vez que é coerente com a natureza descritiva do objetivo da pesquisa. Segundo Meredith et al. (1989), essa perspectiva assume que o fenômeno em estudo pode ser isolado do contexto em que ocorre e que fatos e observações são independentes de leis e teorias usadas para explicá-los, o que é coerente com a pesquisa, uma vez que

permite que se utilizem dados subjetivos (opiniões pessoais) para a análise da realidade.

Meredith et al. (1989) assume que a partir da posição filosófica adotada e das fontes e tipos de informações é possível definir o método de pesquisa. As fontes e tipos de informações podem ser classificados em observação direta da realidade, percepção das pessoas da realidade e reconstrução artificial da realidade (MEREDITH et al., 1989). A presente pesquisa baseia-se na percepção das pessoas sobre a realidade, uma vez que busca comparar dois métodos tomando como base a opinião dos gestores de processos.

A figura 5 mostra que cruzando o tipo de fontes de informação e a posição filosófica adotada, a método mais adequado para coleta dos dados nesta pesquisa é o de entrevistas estruturadas.

		FONTES E TIPOS DE PESQUISA		
		NATURAL		ARTIFICIAL
POSIÇÃO FILOSÓFICA ↑ RACIONAL  ↓ EXISTENCIAL		<b>Observação direta da realidade</b>	<b>Percepção das pessoas da realidade</b>	<b>Reconstrução artificial da realidade</b>
	<b>Axiomática</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razão/lógica/teoremas</li> <li>• Modelagem normativa</li> <li>• Modelagem descritiva</li> </ul>
	<b>Lógica positivista/empirista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudos de campo</li> <li>• Experimentos em campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entrevistas estruturadas</b></li> <li>• <i>Surveys</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipagem</li> <li>• Modelagem física</li> <li>• Experimentação laboratorial</li> <li>• Simulação</li> </ul>
	<b>Interpretativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisa-ação</li> <li>• Estudos de caso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise histórica</li> <li>• Delphi</li> <li>• Entrevistas intensivas</li> <li>• Painéis com especialistas</li> <li>• Cenários futuros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem conceitual</li> <li>• Hermenêutica</li> </ul>
	<b>Teoria crítica</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexão introspectiva</li> </ul>	

Figura 5 - Metodologia para escolha de métodos de pesquisa. Adaptado de Meredith et al. (1989)

Como o foco desta pesquisa é a interação usuário-protótipo, considerou-se pertinente realizar as entrevistas estruturadas em forma de testes de usabilidade (vide item 3.2.3.2).



Para viabilizar a pesquisa de acordo com a posição filosófica, os métodos de modelagem, BPMN e eEPC, foram isolados do seu contexto de uso real por meio da elaboração de dois protótipos: o modelo de referência unificado para o PDP foi modelado por ambos os métodos de modelagem. Para que a elaboração dos protótipos fosse viável, realizou-se uma revisão bibliográfica acerca do assunto. Ainda, houve a elaboração do questionário para a entrevista estruturada e a discussão dos resultados obtidos. A figura 6 apresenta o planejamento da pesquisa.

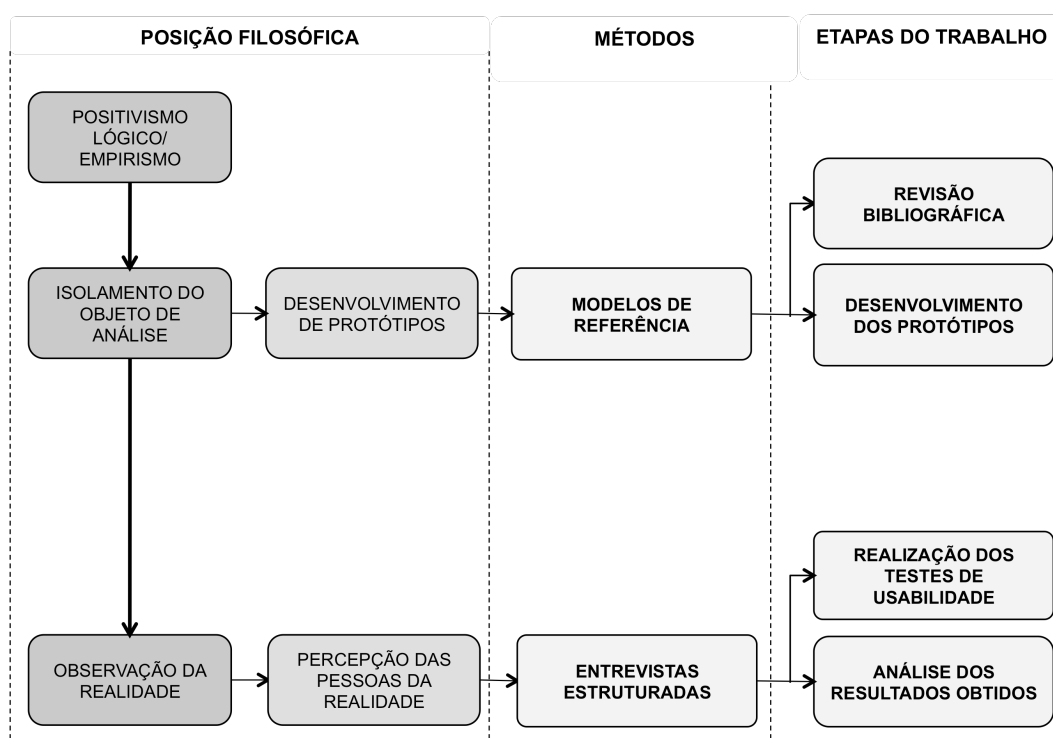


Figura 6 - Planejamento da pesquisa

### 3.2. Etapas do trabalho

De acordo com o planejamento da pesquisa, o trabalho foi dividido em 4 fases, as quais são melhor explicadas nos itens que seguem.

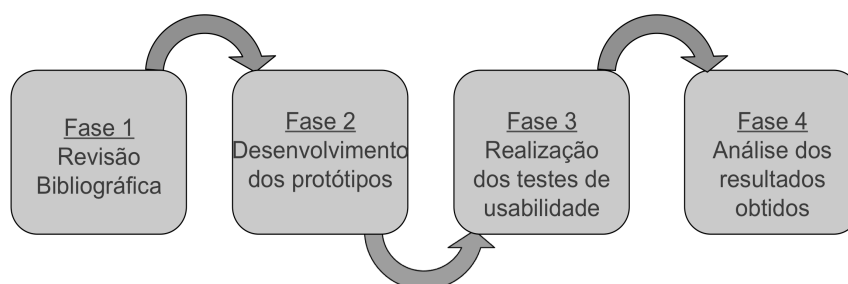


Figura 7 - Fases da metodologia

### 3.2.1. Fase 1: Revisão bibliográfica

Inicialmente realizou-se a pesquisa bibliográfica, a fim de coletar o maior volume possível de conhecimento acerca do assunto. A pesquisa bibliográfica resumiu-se em seis passos:

- i. Consulta de material publicado como artigos e livros;
- ii. Análise do material consultado, julgando a relevância do conhecimento adquirido para o objetivo da pesquisa;
- iii. Documentação do conhecimento relevante adquirido;
- iv. Análise de uma possível lacuna no conhecimento adquirido;
- v. Busca do conhecimento faltante;
- vi. Documentação do novo conhecimento adquirido.

Pode-se afirmar que a revisão bibliográfica é um ciclo, ao final do último passo, retorna-se ao passo de número iv e assim por diante até que se considere que todo o conhecimento necessário para a pesquisa em questão foi adquirido.

Para esta pesquisa, realizaram-se as revisões bibliográficas sobre PDP, modelagem do PDP, propósitos dos usuários de modelos de referência do PDP e métodos de modelagem. Essas revisões encontram-se no item 2 deste trabalho.

### 3.2.2. Fase 2: Desenvolvimento dos protótipos

Após o aprofundamento no tema através da pesquisa bibliográfica, a etapa seguinte da pesquisa consistiu em modelar o modelo de referência unificado para o

processo de desenvolvimento de produtos apresentado na seção 2.1.3.2. utilizando os métodos de modelagem BPMN e eEPC.

Apesar de existirem inúmeros métodos para a modelagem no mercado, escolheu-se a ferramenta ARPO (<http://www.klugsolutions.com/>) para esta pesquisa, já que ela oferece tanto a modelagem BPMN quanto a eEPC, proporcionando a padronização das representações e diminuindo a influência da ferramenta nos resultados da pesquisa.

Durante o desenvolvimento dos protótipos, percebeu-se que a ferramenta ARPO, não possuía o detalhamento do método BPMN em nível de entregas, áreas e papéis responsáveis. O detalhamento do BPMN na ferramenta ARPO é realizado através do método FAD. Em busca de comparar com o método eEPC (versão detalhada do método EPC), decidiu-se por adotar o método BPMN+FAD, ou seja, o modelo foi modelado pelo método BPMN e posteriormente detalhado pelo método FAD. Sendo assim a comparação dos métodos EPC e BPMN foi realizada utilizando as versões detalhadas, ou seja, eEPC e BPMN+FAD.

Os modelos confeccionados foram utilizados durante a realização dos testes de usabilidade. O entrevistado respondeu a um questionário (apresentado no item 4.2.2.) usando ambos os modelos, de modo a comparar a usabilidade de cada modelo para cada propósito do usuário.

Ao final do desenvolvimento de ambos os modelos, os protótipos foram submetidos a um teste piloto de modo a realizar a validação final para os testes.

### **3.2.3. Fase 3: Realização dos testes de usabilidade**

Para que a comparação dos dois métodos pudesse ser realizada optou-se por elaborar um questionário em forma de teste de usabilidade a ser aplicado a pessoas com conhecimento básico em PDP e pouco conhecimento sobre métodos de modelagem BPMN e EPC.

Para que a realização dos testes de usabilidade fosse possível, foi necessário primeiramente selecionar os usuários e desenvolver o roteiro de entrevistas.

### 3.2.3.1. Fase 3.1: Seleção dos usuários

A análise do perfil desejado para a seleção dos usuários foi realizada de acordo com os critérios estabelecidos por Nielsen (1994): experiência computacional, conhecimento da tarefa e experiência no sistema adotado. Ainda, adicionou-se nesta pesquisa a caracterização do usuário.

De modo a minimizar a variação nos resultados devido a diferenças de perfis e experiência no assunto, buscou-se selecionar usuários com perfis similares. De modo a alcançar resultados sólidos, decidiu-se por realizar perguntas de ambos os protótipos para cada usuário, eliminando assim diferenças de opinião entre um usuário e outro.

De uma maneira geral, buscou-se selecionar usuários com conhecimento estruturado sobre o modelo de referência genérico de Rozenfeld et al. (2006), que foi utilizado como conteúdo dos protótipos; e baixo ou nenhum conhecimento sobre os métodos de modelagem BPMN e EPC e nenhum conhecimento sobre o *software* empregado nessa modelagem (ARPO). Garantindo assim que o resultado da avaliação fosse o mais próximo da realidade.

Esta pesquisa levou em consideração as recomendações de Tullis e Albert (2008), que consideram que de maneira geral o número ideal de usuários a participarem do teste é 6 a 8 participantes.

Os critérios adotados para a seleção dos usuários em cada um dos critérios são apresentados na tabela 2, enquanto o questionário utilizado para a seleção dos usuários encontra-se no apêndice A. Por fim, o perfil dos usuários selecionados está na seção de resultados, item 4.2.1.

Tabela 3 - Critérios para seleção dos usuários do teste de usabilidade

Caracterização do participante	<b>Disponibilidade para realizar o teste</b>	"Sim"
	<b>Idade</b>	Até 40 anos
	<b>Conflito de interesses</b>	Nenhum
	<b>Grau de instrução</b>	Todos exceto "Ensino superior incompleto" ou "Pós-graduação incompleta"
	<b>Curso de ensino superior</b>	Qualquer
	<b>Curso de pós graduação</b>	Qualquer, não obrigatório
Conhecimento da tarefa	<b>Disciplina cursada em desenvolvimento de produtos</b>	Obrigatório ao menos 1 disciplina

	<b>Experiência profissional com desenvolvimento de produtos</b>	Preferível ter experiência, mas não obrigatório
	<b>Uso profissional de modelos de referência</b>	Preferível ter experiência, mas não obrigatório
	<b>Familiaridade com o modelo de referência de Rozenfeld et al. (2006)</b>	"Sim"
	<b>Familiaridade com EPC</b>	Todos exceto "Conheço profundamente o método"
	<b>Familiaridade com BPMN</b>	Todos exceto "Conheço profundamente o método"
	<b>Contato com métodos de modelagem</b>	Qualquer
Experiência computacional	<b>Anos de experiência com computador</b>	"Mais de 6 anos"
	<b>Tempo de utilização semanal do computador</b>	"Mais de 10 horas"
Experiência no sistema	<b>Utilização de softwares de modelagem</b>	Todos exceto "Utilizo em todos os projetos que conduzo na minha vida profissional, de simples aos mais complexos"
	<b>Familiaridade com softwares de modelagem</b>	Todos exceto ARPO

### 3.2.3.2. Fase 3.2: Roteiro de entrevistas

A fim de comparar os métodos BPMN e eEPC de modelagem pela perspectiva de suas potenciais aplicações, o roteiro de entrevistas foi baseado nos propósitos para modelos de PDP propostos por Browning (2010), que são categorizados por tipos de clientes. O roteiro de entrevistas tomou como base somente os propósitos dos usuários "dono do processo", uma vez que a pesquisa busca uma avaliação a nível gerencial, e não operacional.

As perguntas do questionário (apresentado no item 4.2.2.) buscam identificar qual método de modelagem, BPMN ou eEPC, proporciona uma maior facilidade de aplicação e usabilidade para cada propósito do usuário dono do processo.

Nesta pesquisa decidiu-se empregar testes de usabilidade como ferramenta de avaliação, uma vez que é a ferramenta mais adequada para a comparação de usabilidade de dois protótipos (TULLIS & ALBERT, 2008). Testes de usabilidade são entrevistas estruturadas nas quais os participantes avaliam o grau que um protótipo se encontra em relação a critérios específicos (RUBIN, 1994, apud FERREIRA, 2002, p. 11).

Segundo Preece et al. (2006), em testes de usabilidade, duas tarefas diferentes, porém equivalentes, devem ser elaboradas para que cada propósito seja

avaliado. Isto é necessário para evitar que o usuário memorize a resposta na avaliação do primeiro modelo e influencie os resultados. Dessa maneira, para cada questão do questionário, deve-se desenvolver duas versões, uma para cada modelo.

O roteiro de entrevistas para o teste de usabilidade pode ser observado na seção de resultados, item 4.2.2.

### **3.2.3.3. Fase 3.3: Aplicação dos testes de usabilidade**

Para a aplicação dos testes de usabilidade, esta pesquisa levou em consideração as recomendações de Tullis e Albert (2008) e Preece et al. (2006):

- Os testes devem ser realizados individualmente por cada usuário com acompanhamento do pesquisador, que é responsável por registrar eventuais comentários (TULLIS & ALBERT, 2008);
- Tempo de execução das tarefas, número de ações e erros devem ser anotados (TULLIS & ALBERT, 2008). Nesta pesquisa utilizou-se um *software* e captura de tela e áudio, o *ZD Software Screen Recorder*<sup>5</sup>, para a gravação e posterior análise por parte da pesquisadora;
- Antes da realização do teste, o pesquisador deve realizar uma breve explicação dos protótipos e proporcionar um tempo de familiarização do entrevistado com os modelos (PREECE et al., 2006);
- De modo a minimizar influências de possíveis aprendizados do usuário em relação à tarefa, deve-se inverter a ordem dos modelos em metade das entrevistas, ou seja, metade dos entrevistadores deve responder a versão A das questões com base no modelo eEPC e a outra metade com base no modelo BPMN (PREECE et al., 2006);
- Cada usuário deve avaliar ambos os protótipos, de modo a eliminar possíveis erros humanos que podem influenciar os resultados (PREECE et al., 2006);
- Por fim, deve-se realizar testes pilotos em ambos os protótipos antes da realização dos testes, de modo a evitar eventuais problemas (PREECE et al., 2006).

---

<sup>5</sup> Disponível em <http://www.zdsoft.com/>.

Para a realização do teste, o ambiente deve ser preparado de modo que haja dois postos de trabalho: um para o entrevistador e outro para o entrevistado. O primeiro posto deve conter folha de anotações, mouse para preparação da tela para realização da tarefa e cronômetro para medição de tempo. Já o posto para o entrevistado deve possuir duas telas, uma com o roteiro de tarefas e outra com os protótipos, um mouse e teclado para execução das tarefas e uma folha de anotações. A sequência de passos para realização do teste é apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Sequência de passos para realização do teste de usabilidade. Adaptado de Amigo (2013).

1	Breve apresentação sobre a pesquisa, seus objetivos e visão geral dos modelos
2	Período de exploração dos modelos por parte do entrevistado (aproximadamente 5 minutos para cada modelo)
3	Assinatura do "Termo de consentimento livre e esclarecido" pelo entrevistado
4	Instruções para execução do teste
5	Preparação das telas para início do teste, com abertura do roteiro de tarefas e início da gravação da tela
6	Realização do teste pelo entrevistado, com ajuda da entrevistadora para troca de protótipos e possíveis dúvidas
7	Solicitação de comentários gerais ao final do teste
8	Término da gravação da tela
9	Agradecimentos e entrega do brinde

Por fim, antes de realizar o teste, por razões éticas, o entrevistado deve assinar um “termo de consentimento livre e esclarecido”. O termo explica as condições do teste, a análise das informações e garante a confidencialidade do usuário. O termo é apresentado no apêndice B.

#### 3.2.4. Fase 4: Análise dos resultados obtidos

A fase 4 consiste na comparação dos protótipos, verificando para quais propósitos específicos cada um dos métodos, eEPC e BPMN, é mais adequado.

Esta pesquisa utilizou as métricas recomendadas por Tullis e Albert (2008) para avaliação dos resultados dos testes de usabilidade:

- Eficácia: sucesso da tarefa;
- Eficiência: tempo e número de ações para realização da tarefa;
- Métricas auto reportadas: satisfação por parte do usuário;

- Métricas comparativas e combinadas: métricas anteriores normalizadas e comparadas.

#### 3.2.4.1. Eficácia

Segundo Tullis e Albert (2008), a eficácia de um protótipo pode ser medida por meio do nível de sucesso para realização das tarefas. O nível sucesso de uma tarefa pode ser classificado de três maneiras:

- Tipo de sucesso: total, parcial e falha;
- Tipo de estratégia: ideal (usando a menor quantidade de ações) ou não ideal;
- Tipo de experiência: com ajuda ou sem ajuda.

Sendo assim, com base nas recomendações de Tullis e Albert (2008), desenvolveu-se uma escala para medição da eficácia de cada tarefa (tabela 5). Quanto mais alto na escala, maior a eficácia.

Como resultado da classificação por nível de sucesso, tem-se dois gráficos de colunas, um simplificado mostrando a porcentagem do tipo de sucesso (total, parcial ou falha) e outro detalhado mostrando além do tipo de sucesso, o tipo de estratégia (ideal ou não ideal) empregada para cada tarefa.

Tabela 5 - Escala de avaliação de eficácia. Adaptada de Tullis e Albert (2008).

Escala	Descrição
Total/ideal/sem ajuda	Resposta correta completa, seguindo o caminho de menor esforço
Total/ideal/com ajuda	Idem acima, só que com ajuda
Total/não ideal/sem ajuda	Resposta correta completa, sem seguir caminho de menor esforço
Total/não ideal/com ajuda	Idem acima, só que com ajuda
Parcial/ideal/sem ajuda	Resposta parcialmente incorreta, seguindo caminho de menor esforço
Parcial/ideal/com ajuda	Idem acima, só que com ajuda
Parcial/não ideal/sem ajuda	Resposta parcialmente incorreta, sem seguir caminho de menos esforço
Parcial/não ideal/com ajuda	Idem acima, só que com ajuda
Falha	Resposta completamente errada ou nenhuma resposta
Falha com ajuda	Idem acima, só que com ajuda



Para a realização da análise de eficácia dos protótipos, foram necessárias duas etapas anteriores:

- Comparar as respostas dadas pelos usuários com as respostas do gabarito (apêndice C – Gabarito de respostas do teste de usabilidade) desenvolvido pela pesquisadora, classificando em sucesso total, parcial e falha;
- Analisar os vídeos da tela gravados durante a realização dos testes, de maneira a comparar a sequência de ações (cliques) realizadas por cada usuário com a sequência considerada ideal no gabarito desenvolvido (apêndice D – Gabarito de realização do teste de usabilidade) e classificar em estratégia ideal ou não ideal.

#### **3.2.4.2. Eficiência**

De modo a analisar a eficiência dos protótipos, utilizaram-se duas métricas: tempo de execução de cada tarefa (medido em segundos) e número de ações empregadas para a realização de cada tarefa. Para cada uma das métricas, calculou-se média e intervalo de confiança, além da porcentagem de esforço empregado a mais no caso do número de ações. O cálculo do intervalo de confiança fornece o intervalo onde a distribuição se localiza com 95% de confiança, fornecendo o real valor da população em relação à média (TULLIS & ALBERT, 2008).

Tullis e Albert (2008) recomendam utilizar o teste t de *student* para verificar se a diferença de eficiência entre dois protótipos é significativa. Este teste é recomendado para amostras que foram analisadas em par pelo mesmo conjunto de usuários, quando o tamanho da amostra é menor do que 30.

O teste t de *student* é um teste de hipóteses que busca analisar se uma hipótese é ou não válida com base em conceitos estatísticos para uma distribuição t de *student*. Esta distribuição é uma distribuição normal onde se considera a variância amostral como variância da distribuição, já que a mesma não é conhecida.

Para a realização do teste, utilizou-se a fórmula do Microsoft Excel, adotando os seguintes valores:

- Hipótese de diferenças das médias = 0, ou seja, considerou-se que não existe diferença entre as médias das amostras.
- *Alpha* (nível de significância) = 0.05, considerando-se um intervalo de confiança de 95%.

Como resultado do teste, tem-se a afirmação ou não que a hipótese nula é verdadeira. Se o valor final do teste for inferior ao valor de *alpha* (0.05), a hipótese nula pode ser rejeitada. Sendo assim, no caso desta pesquisa, as hipóteses adotadas foram:

- Hipótese nula (H0): as médias dos protótipos são iguais;
- Hipótese da pesquisa (H1): as médias dos protótipos são diferentes.

Desta maneira, deseja-se verificar se para cada questão, a diferença entre as médias é estatisticamente relevante ou não com 95% de confiança, de modo a prevenir a pesquisadora de realizar interpretações errôneas.

Para a realização do cálculo da eficiência, consideraram-se apenas as tarefas que obtiveram sucesso total, ou seja, tarefas que resultaram em sucesso parcial ou falhas (com ajuda ou sem) foram excluídas do cálculo.

Assim como no caso da eficácia, para a análise da eficiência, é necessário realizar duas tarefas antes:

- Por meio do vídeo, contar a quantidade de ações realizadas para a realização de determinada tarefa. Considera-se ação qualquer clique realizado pelo entrevistado durante a execução. Compara-se então com o número mínimo de cliques, apresentado no Gabarito de realização do teste de usabilidade (Apêndice D - Gabarito de realização do teste de usabilidade);
- Calcular o tempo de planejamento e realização da tarefa usando o vídeo. O cálculo do tempo é realizado subtraindo do tempo total de execução de uma tarefa o tempo empregado em atividades que não agregam valor para a execução da tarefa (tempo para entender a tarefa, aguardar o sistema, comentar e/ou pedir ajuda, digitar e/ou conferir a resposta). Essa subtração é necessária uma vez que em um ambiente real de uso, não seria necessário ler e responder a diversas questões. O cálculo do tempo é apresentado na figura 8.

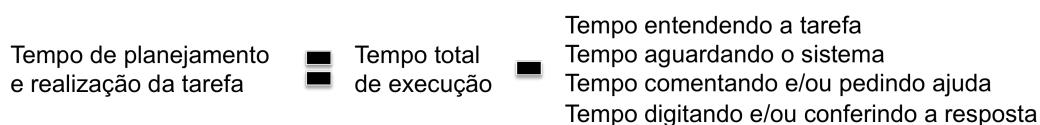


Figura 8 - Método para o cálculo do tempo de planejamento e realização da tarefa

### 3.2.4.3. Métricas auto reportadas

Com relação às métricas auto reportadas, Tullis e Albert (2008) recomendam o uso da escala *likert*, uma escala desenvolvida por Rensis Likert em 1932 e muito utilizada para coleta de satisfação de entrevistados.

Nesta pesquisa, adotou-se uma escala de 5 pontos entre dois extremos: muito fácil e muito difícil. Uma vez que o objetivo da métrica auto reportada nesta pesquisa é comparar os dois protótipos, decidiu-se por adotar uma escala relativa, ou seja, o usuário responde a questão comparando um protótipo a outro. No caso, por exemplo, do usuário considerar ambos os protótipos muito fáceis, mas acreditar que um é mais fácil que o outro, ele deve assinalar um com “Muito fácil” enquanto que o outro com “Fácil”, para assim expressar a diferença na facilidade de uso entre os protótipos. A figura 9 apresenta a escala utilizada:

#### 1.c - Comparação entre os modelos

Avalie os protótipos analisados na escala abaixo de acordo com a sua percepção em relação à facilidade para execução dessa atividade: \*

A escala é comparativa; posicione os protótipos na escala de acordo com a dificuldade relativa para realização das tarefas.

	Muito difícil	Difícil	Conforme esperado	Fácil	Muito fácil
Modelo A	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modelo B	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 9 - Escala *Likert* de comparação

De modo a analisar os resultados obtidos com a escala *likert* decidiu-se por desenvolver um gráfico com a média das respostas de cada tarefa para cada protótipo, de modo a mostrar visualmente a diferença de facilidade entre os protótipos para cada propósito. Para essa análise, atribuíram-se valores numéricos para cada resposta da escala (tabela 6).

Tabela 6 - Valores numéricos atribuídos a escala *likert*

Resposta	Valor numérico
Muito fácil	5
Fácil	4
Conforme esperado	3
Difícil	2
Muito difícil	1

Para avaliação quantitativa do grau de alinhamento entre as respostas obtidas pela escala *likert*, utilizou-se o índice de concordância *within-group*, uma vez que os entrevistados são considerados um grupo no sentido estatístico (JAMES et al., 1984). O índice de concordância é calculado pela equação 1:

$$r_{WG(1)} = 1 - \left( \frac{S^2_{X_j}}{\sigma^2_{EU}} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- $S^2_{X_j}$  é a variância entre as pontuações fornecidas pelos  $K$  entrevistados na avaliação de determinado protótipo em uma determinada tarefa ( $X_j$ );
- $\sigma^2_{EU}$  é a variância do erro esperado assumindo uma distribuição uniforme<sup>6</sup>.

A variância  $S^2_{X_j}$  é calculada pela equação 2:

$$S^2_{X_j} = \frac{\sum_{i=1}^K (x_i - \bar{X})^2}{K-1} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- $x_i$  é a pontuação de um determinado juiz para um único item  $X_j$ ;
- $\bar{X}$  é a média das avaliações dos  $K$  juízes para um único item  $X_j$ .

Por fim, a variância  $\sigma^2_{EU}$  é calculada pela equação 3:

$$\sigma^2_{EU} = \frac{(A^2 - 1)}{12} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

- $A$  é a quantidade de alternativas na escala de resposta, que para esta pesquisa é 5, conforme tabela 6.

<sup>6</sup> O índice “EU” refere-se a variância do erro esperado (E) baseado em uma distribuição uniforme (U).

O índice de concordância ( $r_{KG(1)}$ ) assume valores entre 0.0 (zero) e 1.0 (um). Quanto mais próximo de 1.0 maior a homogeneidade entre as respostas, ou seja, a concordância é mais alta e o consenso mais forte (JAMES et al., 1984). Para esta pesquisa, considerou-se o valor 0.5 o valor mínimo para concluir que existe concordância entre as respostas.

Complementarmente, buscando alcançar um resultado que fosse independente da percepção do usuário, decidiu-se por realizar uma segunda análise, utilizando desta vez o intervalo de diferença da resposta entre os protótipos para um mesmo usuário. Sendo assim, calculou-se o intervalo de diferença na resposta subtraindo o valor atribuído por um determinado usuário à tarefa do protótipo eEPC, o valor atribuído por esse mesmo usuário para a tarefa realizada no protótipo BPMN. Construiu-se então um gráfico ponderado, ou seja, para cada tarefa criou-se 3 colunas, uma para respostas favoráveis ao protótipo eEPC, uma favorável ao protótipo BPMN e outra para respostas iguais para ambos os protótipos, e para cada coluna multiplicou-se a quantidade de respostas pelo intervalo de diferença. Sendo assim, a diferença no tamanho das colunas indica a opinião dos usuários, se o protótipo eEPC ou BPMN é mais fácil ou se são equivalentes.

#### **3.2.4.4. Métricas comparativas e combinadas**

Para finalizar, as métricas comparativas e combinadas foram calculadas com base nos valores obtidos para eficácia, eficiência e satisfação entre os protótipos. Buscando verificar a diferença significativa entre os mesmos, calculou-se a porcentagem relativa do protótipo BPMN com relação ao protótipo eEPC para a realização de cada questão, considerando eficácia, satisfação, esforço (quantidade de ações empregada) e tempo (em segundos).

## 4. RESULTADOS

A seção de resultados apresenta as principais entregas das últimas 3 fases desta pesquisa. Os resultados da primeira fase, revisão bibliográfica, encontram-se no item 2 deste trabalho.

### 4.1. Desenvolvimento dos protótipos

Esta seção apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento de dois protótipos: protótipo A, com vistas modeladas com o método eEPC; e o protótipo B, com o método BPMN+FAD.

Para a modelagem de ambos os protótipos, utilizou-se o software ARPO, um software brasileiro que foi cedido pela própria empresa<sup>7</sup> para a realização desta pesquisa. Sendo assim, ambos os protótipos possuem funcionalidades similares, como opções de zoom, menu em árvore e informações sobre propriedades do elementos (ocorrência de um determinado elemento no processo) nas vistas geradas pela funcionalidade *website*.

#### 4.1.1. Protótipo A: eEPC

Para a modelagem do primeiro protótipo, em eEPC, utilizou-se as dicas de Scheer, Thomas e Adam (2005) apresentadas no tópico 2.4.2.

##### 4.1.1.1. Vistas finais eEPC

A tela inicial com a qual o usuário estabelece o primeiro contato com o modelo é a tela de macrofases modelada em VAC, método de modelagem empregado pela

---

<sup>7</sup> <http://www.klugsolutions.com/>

ferramenta ARPO e ARIS<sup>8</sup> (*Architecture of Integrated Information Systems*) para modelagem de macroprocessos. Esta vista inicial pode ser observada na figura 10.

A partir desta tela inicial, o usuário pode acessar:

- Vista modelada em VAC com fases e *gates* da macrofase Desenvolvimento (figura 11), clicando no triângulo vermelho em baixo da macrofase;
- Qualquer outra vista da dimensão processos como fases (figura 12) e detalhamento de atividades modeladas (figura 13) selecionando o menu em árvore na lateral esquerda da tela.
- Vista de propriedades de um elemento (figura 14), que apresenta a ocorrência do mesmo durante as fases do processo, clicando no meio do símbolo do elemento;
- Qualquer área e papel da dimensão organizacional (figura 15) também no menu em árvore na lateral esquerda.

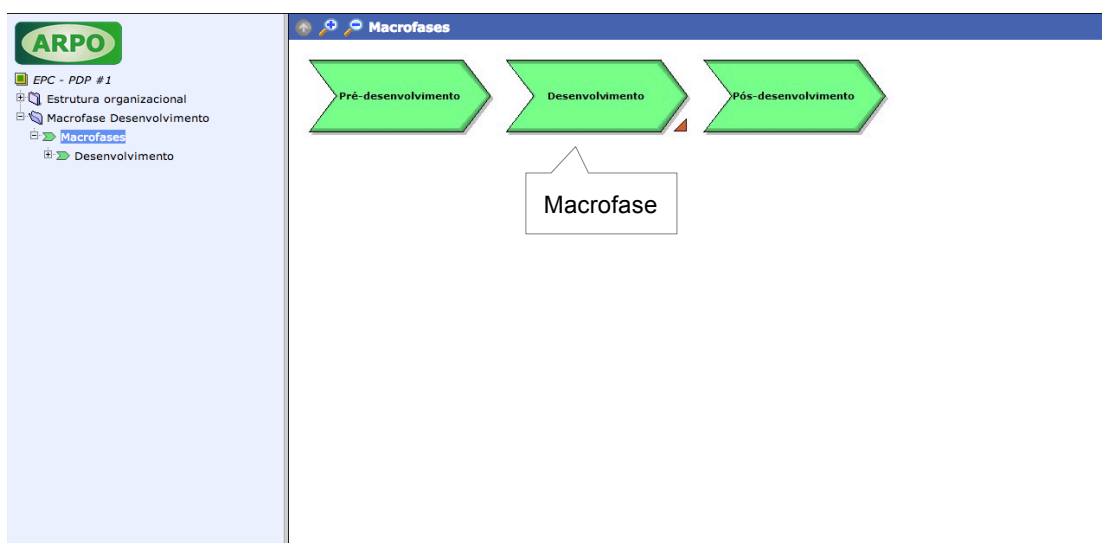


Figura 10 - Vista inicial modelada em VAC para o eEPC – Macrofases

<sup>8</sup> <http://www.softwareag.com/>

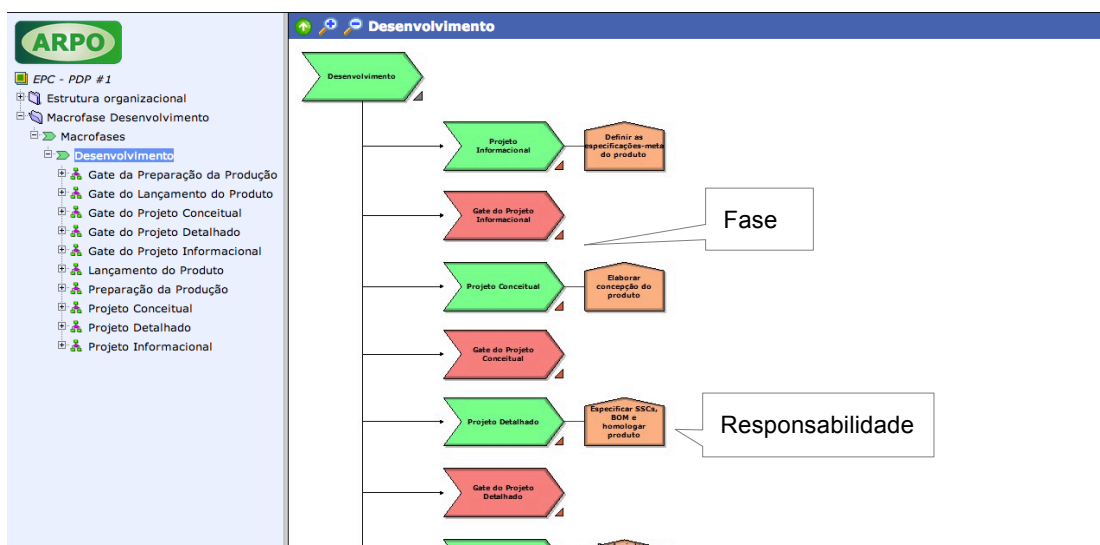


Figura 11 - Macrofase de Desenvolvimento modelada em VAC para o eEPC

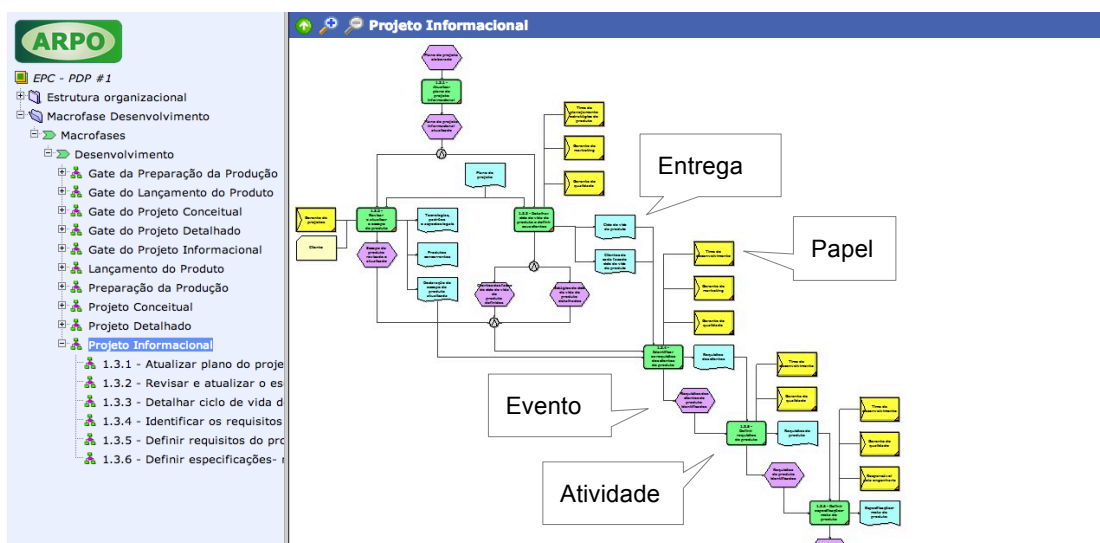


Figura 12 - Exemplo de fase modelada pelo eEPC, com atividades, entregas, papéis e eventos



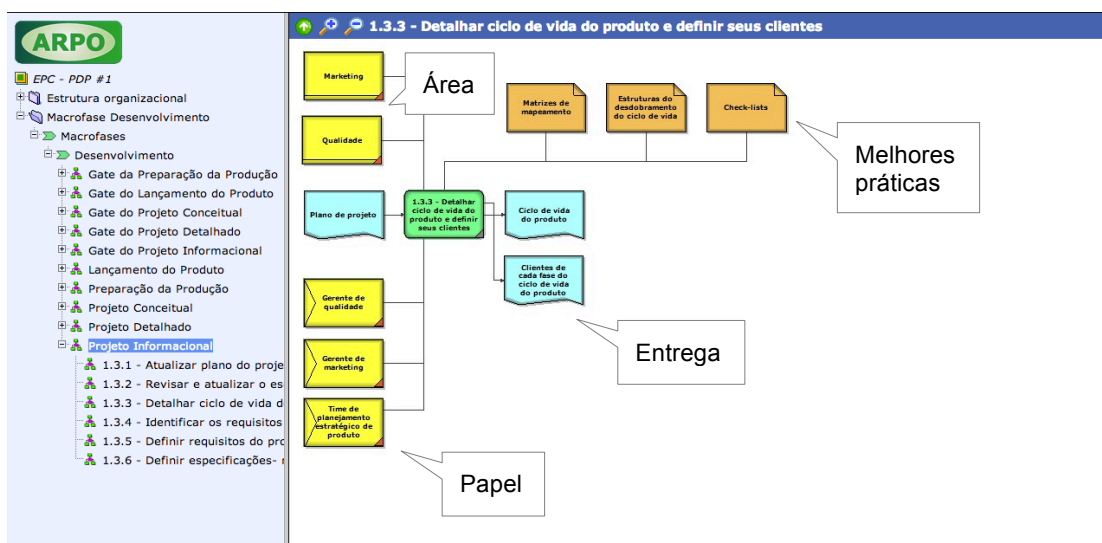


Figura 13 - Exemplo de subnível em modelado em eEPC, com detalhes de uma atividade (áreas, papéis, entregas e melhores práticas)

ARPO

EPC - PDP #1

- Estrutura organizacional
- Macrofase Desenvolvimento
  - Macrofases
    - Desenvolvimento
      - Gate da Preparação da Produção
      - Gate do Lançamento do Produto
      - Gate do Projeto Conceitual
      - Gate do Projeto Detalhado
      - Gate do Projeto Informacional
      - Lançamento do Produto
      - Preparação da Produção
      - Projeto Conceitual
      - Projeto Detalhado
      - Projeto Informacional
        - 1.3.1 - Atualizar plano do projeto
        - 1.3.2 - Revisar e atualizar o es
        - 1.3.3 - Detalhar ciclo de vida d
        - 1.3.4 - Identificar os requisitos
        - 1.3.5 - Definir requisitos do pro
        - 1.3.6 - Definir especificações-

Propriedades do objeto

Propriedade	Valor
Nome do objeto	Qualidade
Tipo de objeto	Unidade organizacional

Diagrama com ocorrência do objeto

1.3.2 - Revisar e atualizar o escopo do produto
1.3.3 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes
1.3.4 - Identificar os requisitos dos clientes do produto
1.3.5 - Definir requisitos do produto
1.3.6 - Definir especificações- meta do produto
1.4.2 - Modelar funcionalmente o produto
1.4.3 - Desenvolver princípios de solução para as funções
1.4.4 - Desenvolver as alternativas de solução para o produto
1.4.5 - Definir arquitetura
1.4.6 - Analisar SSCs
1.4.7 - Definir ergonomia e estética
1.4.9 - Selecionar a concepção do produto
1.5.12 - Testar e Homologar produto
1.5.7 - Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo
1.6.3 - Receber e instalar recursos
Áreas da empresa
Qualidade

Ocorrência

Figura 14 - Exemplo de vista de propriedades de um elemento, com ocorrência do mesmo durante as fases do processo em eEPC

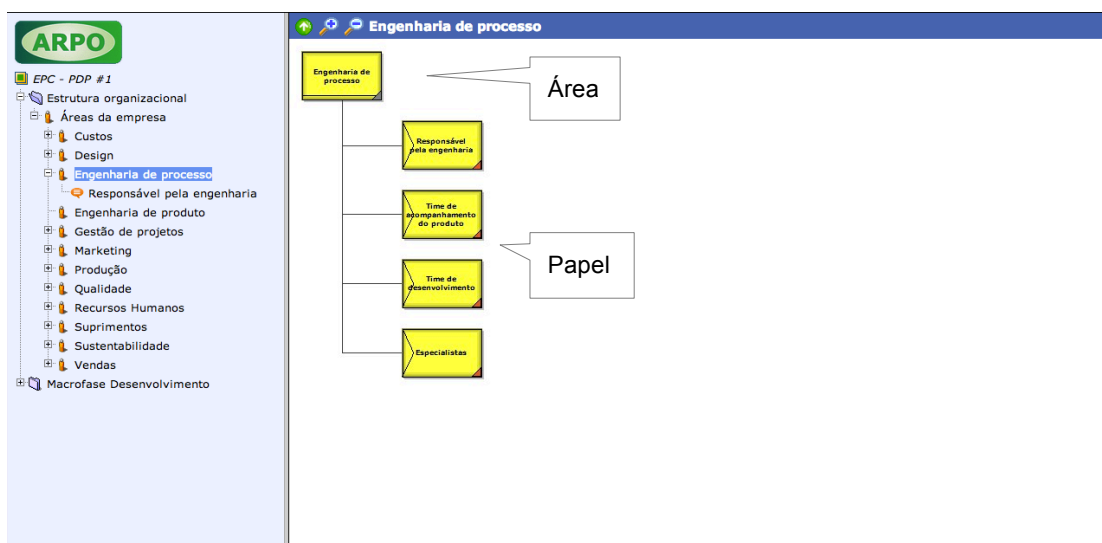


Figura 15 - Exemplo de vista da organização, com áreas e papéis, na dimensão organizacional em eEPC

#### 4.1.2. Protótipo B: BPMN

A modelagem em BPMN foi realizada tomando como base os conceitos de White (2010), apresentados no item 2.4.1.

A ferramenta ARPO, utilizada nesta pesquisa, não possui o detalhamento completo em nível de entregas, papéis e melhores práticas para a modelagem em BPMN. A ferramenta utiliza o detalhamento em FAD para o BPMN. Desta maneira, decidiu-se por adotar o BPMN+FAD, ou seja, a modelagem em BPMN detalhada em FAD, de modo a proporcionar possibilidade de comparação com o protótipo em eEPC.

##### 4.1.2.1. Vistas finais BPMN+FAD

Assim como no eEPC, a vista inicial da modelagem BPMN+FAD é a vista das macrofases modeladas em VAC (figura 16). Como ambos os protótipos foram modelados no mesmo software (ARPO), algumas vistas são iguais, como por exemplo, as vistas da dimensão organizacional e as de propriedades de um determinado elemento.

Por fim, a modelagem em FAD é muito similar ao detalhamento em eEPC, uma vez que utiliza os mesmos construtos, podendo ter, em muitos casos, vistas idênticas.

A figura 17 apresenta a vista de macrofase, enquanto que as vistas de fase e de subnível de detalhamento são apresentadas nas figuras 18 e 19, respectivamente. Por fim, a figura 20 apresenta a vista de propriedades, enquanto a 21 a vista da dimensão organizacional.

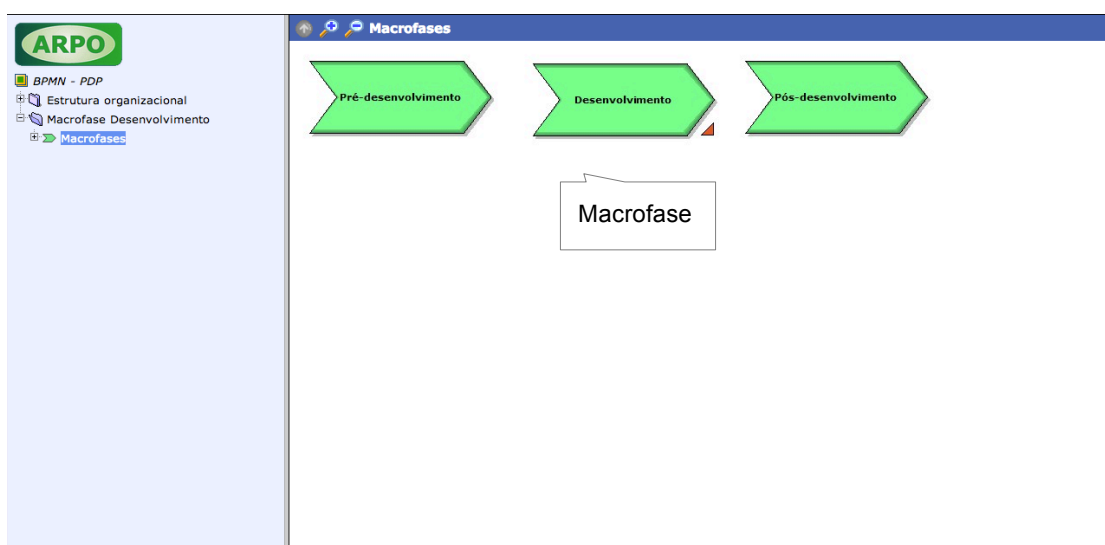


Figura 16 - Vista inicial modelada em VAC para o BPMN+FAD – Macrofases

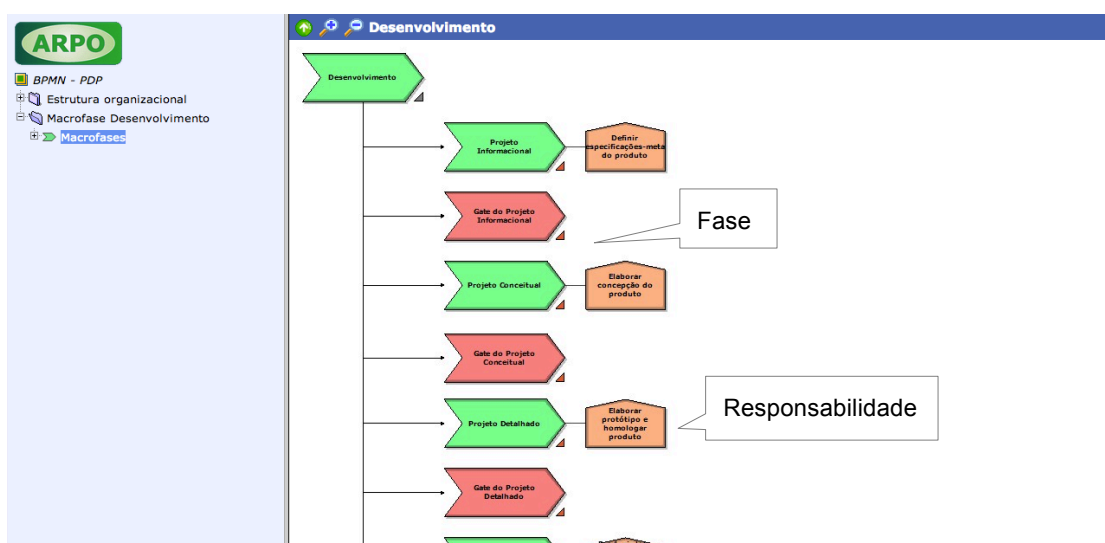


Figura 17 – Macrofase de Desenvolvimento modelada em VAC para o BPMN+FAD

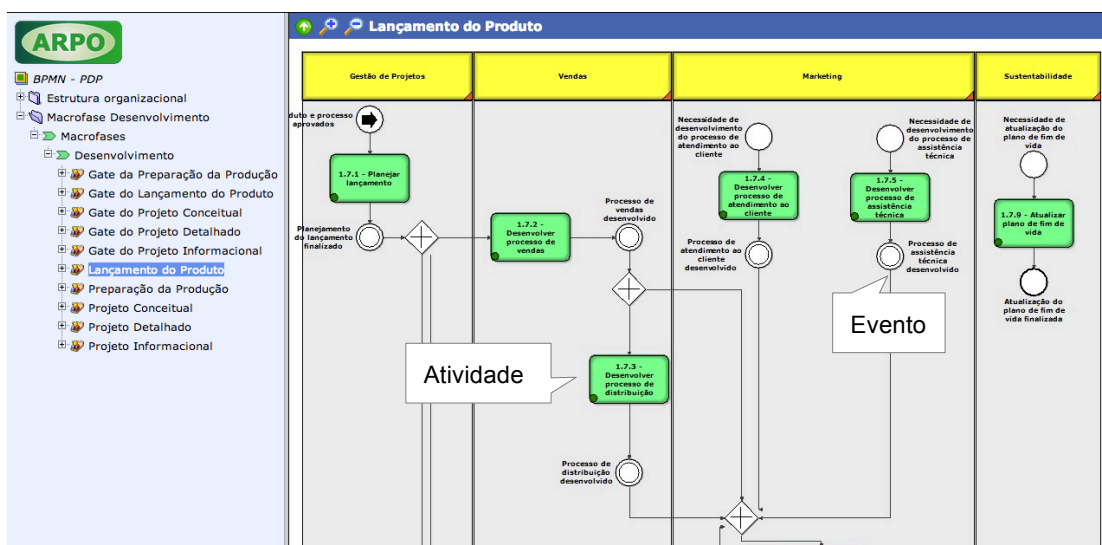


Figura 18 - Exemplo de fase modelada pelo BPMN, com atividades e eventos

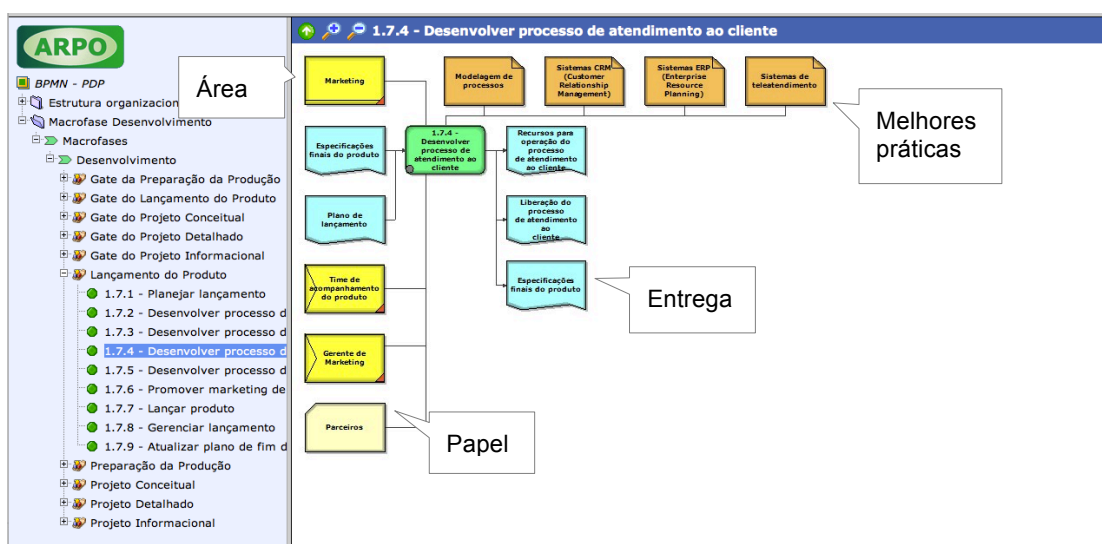


Figura 19 – Exemplo de subnível modelado em FAD, com detalhes de uma atividade (áreas, papéis, entregas e melhores práticas)

The screenshot displays the ARPO software interface. On the left is a tree view under 'BPMN - PDP' showing 'Estrutura organizacional' and 'Macrofase Desenvolvimento'. The main area is divided into two sections: 'Propriedades do objeto' and 'Diagrama com ocorrência do objeto'.

Propriedade	Valor
Nome do objeto	Produto no mercado
Tipo de objeto	Documento

Below the table, the 'Diagrama com ocorrência do objeto' section shows a BPMN diagram with a task labeled '1.7.7 - Lançar produto'. A callout box labeled 'Ocorrência' points to this task.

Figura 20 - Exemplo de vista de propriedades de um elemento, com ocorrência do mesmo durante as fases do processo em BPMN+FAD

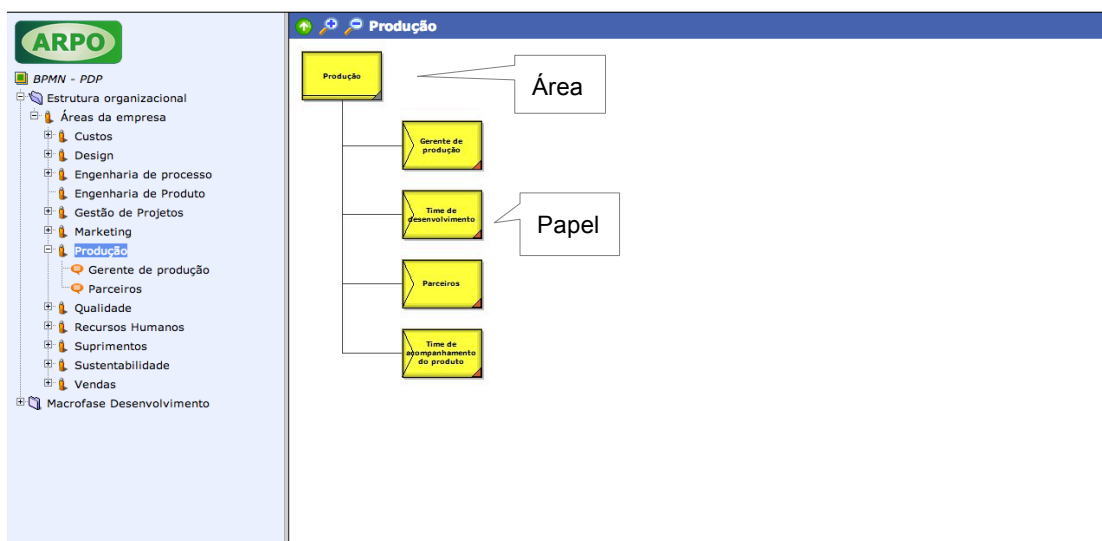


Figura 21 - Exemplo de vista da organização, com áreas e papéis, na dimensão organizacional em BPMN+FAD

#### 4.1.3. Teste piloto

A fim de validar os protótipos para a aplicação do teste de usabilidade, realizou-se dois testes pilotos, um utilizando o protótipo em eEPC primeiramente, seguido do protótipo em BPMN, e outro com a ordem contrária. Empregaram-se os procedimentos definidos no roteiro de entrevista para o teste de usabilidade (item 3.2.3.3) de modo a realizar os testes piloto no mesmo ambiente que os testes finais. Além dos testes piloto realizados pela própria pesquisadora, realizaram-se também

dois testes (trocando a ordem dos protótipos) por outra pesquisadora na área de Modelagem do Processo de Desenvolvimento de Produtos.

Sendo assim, com a realização dos testes piloto, foi possível:

- Identificar e corrigir erros de elaboração dos protótipos;
- Estimar o tempo para a realização do teste de usabilidade;
- Testar o roteiro de entrevistas, assim como a necessidade de equipamentos extras. Adicionou-se um mouse extra para a entrevistadora;
- Garantir que a inversão da ordem dos protótipos para realização das tarefas não resultaria em problemas para o usuário;
- Testar o posicionamento dos equipamentos na baia de testes;
- Testar o funcionamento do software de captura da tela de computador e áudio;
- Identificar informações relevantes que a entrevistadora deveria anotar durante a realização dos testes para a posterior análise dos resultados.

## 4.2. Realização dos testes de usabilidade

Esta seção apresenta a seleção dos usuários e o desenvolvimento do roteiro de entrevista para a realização dos testes de usabilidade.

### 4.2.1. Seleção dos usuários

Através do questionário online apresentado no item 3.2.3.1 foram selecionados 8 usuários com o perfil desejado para a realização dos testes de usabilidade.

A tabela 7 apresenta o perfil dos usuários, sendo que os valores em negrito são os com maior número de usuários.

Tabela 7 - Perfil dos usuários selecionados para o teste de usabilidade

Caracterização do participante	Disponibilidade para realizar o teste	<b>"Sim" (8)</b>
	Idade	<b>"Menos de 30" (8)</b>

	Conflito de interesses	<b>“Nenhum” (8)</b>
	Grau de instrução	"Graduação em andamento" (3)
		"Graduação completa" (2)
		"Pós-graduação em andamento" (3)
	Curso de ensino superior	<b>“Engenharia de Produção” (5)</b> "Engenharia Ambiental" (2) "Engenharia Elétrica" (1)
	Curso de pós graduação	<b>Engenharia de Produção (3)</b>
Conhecimento da tarefa	Disciplina cursada em desenvolvimento de produtos	<b>“Processo de desenvolvimento de produtos (graduação)” (5)</b>
		"Processo de desenvolvimento de produtos (pós-graduação)" (3)
	Experiência profissional com desenvolvimento de produtos	"Sim, como membro de equipe (ou cargo subordinado ao gerente de produto)" (2)
		<b>"Nunca participei profissionalmente de um projeto de desenvolvimento de produto"(6)</b>
	Uso profissional de modelos de referência	<b>"Não" (4)</b>
		"Sim"(2)
		"Não se aplica" (2)
	Familiaridade com o modelo de referência de Rozenfeld et al. (2006)	<b>"Sim, cursando uma disciplina que ensinava o Modelo de Referência para PDP (Rozenfeld et. al., 2006)" (8)</b>
	Familiaridade com EPC	<b>"Nunca tomei contato, nem como usuário nem modelando um processo" (6)</b>
		"Já li/ouvi um pouco sobre o método; tenho uma ideia geral de como funciona mas nunca usei" (2)
	Familiaridade com BPMN	"Nunca tomei contato, nem como usuário nem modelando um processo" (3)
		"Já li/ouvi um pouco sobre o método; tenho uma ideia geral de como funciona, mas nunca usei" (3)
		"Fiz uma vez um trabalho acadêmico ou participei de um projeto onde usávamos um modelo/modelávamos um processo usando BPMN" (2)
	Contato com métodos de modelagem	<b>BPMN (Business Process Modeling Notation) e similares (6)</b>
		VSM (Value Stream Mapping) e similares (7)
		SADT (Structured analysis and design technique) e similares (3)
		EPC (Event-driven Process Chain) e similares (2)
Experiência computacional	Anos de experiência com computador	<b>"Mais de 6 anos" (8)</b>
	Tempo de utilização semanal do computador	<b>"Mais de 10 horas" (8)</b>
Experiência no sistema	Utilização de softwares de modelagem	<b>“Utilizo raramente, apenas quando exigido na minha organização” (4)</b>
		"Utilizo frequentemente, mas apenas para os principais projetos que conduzo na minha organização" (1)
		"Não se aplica" (3)
	Familiaridade com softwares de modelagem	Visio (4)
		<b>PowerPoint (5)</b>
		Yed (3) Intalio (1)

#### 4.2.2. Roteiro de entrevistas

O roteiro de entrevistas para a comparação dos métodos foi desenvolvido tendo como base os propósitos para modelos de PDP propostos por Browning (2010) e Amigo et al. (2013). Browning (2010) separa os propósitos de acordo com cinco categorias de clientes: dono do processo, responsável por planejar os projetos e criar cronogramas, gestor/líder de projeto, engenheiro/*designer* ou membro do time e auditor/assessor ou avaliador. O questionário desta pesquisa considerou somente os usuários dono do processo, uma vez que essa pesquisa tem como foco o ponto de vista gerencial das empresas, e não operacional.

A elaboração do questionário seguiu 3 passos, os quais são detalhados a seguir:

1. A partir dos propósitos propostos por Browning (2010) e Amigo et al. (2013), identificaram-se aqueles que se encaixam no escopo da pesquisa: visualização e compreensão do processo (vide item 1.2). Além dos propósitos fora do escopo da pesquisa (como por exemplo, os referentes à melhoria do processo), excluíram-se também propósitos que fossem tão genéricos a ponto de impossibilitar a elaboração de uma tarefa para o teste de usabilidade e/ou propósitos que só pudessem ser verificados em modelo de referência específico (e não genérico como usado no caso desta pesquisa). A tabela 8 mostra essa seleção, sendo que os propósitos em verde foram julgados possíveis de serem avaliados por esta pesquisa enquanto que os propósitos em vermelho foram descartados. A tabela 9 apresenta o motivo pelo qual os propósitos foram descartados.

Tabela 8 - Seleção de propósitos para desenvolvimento do roteiro de entrevistas

Fonte	Propósitos
Browning (2010)	Organizar conhecimento sobre o trabalho
	Identificar efeitos em cadeia do processo de mudança
	Analisar e melhorar processos
	Definir atividades padrão e preferida
	Definir entregas padrão e entrega padrão principal
	Definir <i>handoffs</i> padrão e estrutura de fluxo de trabalho padrão
	Relacionar papéis às atividades
	Relacionar papéis às entregas



Amigo et al. (2013)	Avaliar complexidade do processo
	Definir sequência de atividades
	Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas
	Identificar ferramentas e <i>templates</i> padrão
	Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal
	Monitorar processos e atividades
	Agendar atividades e tarefas
	Mostrar relação hierárquica entre atividades
	Mostrar fluxo de dados/informação
	Definir padrões de qualidade para as entregas padrões

Tabela 9 - Propósitos descartados da pesquisa e suas justificativas

Propósitos descartados	Motivo para desconsideração
Organizar conhecimento sobre o trabalho	Fora de escopo - Gestão do conhecimento
Identificar efeitos em cadeia do processo de mudança	Fora de escopo - Melhoria do processo
Analisar e melhorar processos	Fora de escopo - Melhoria do processo
Definir <i>handoffs</i> padrão e estrutura de fluxo de trabalho padrão	Não aplicável em modelo genérico
Monitorar processos e atividades	Não aplicável no teste de usabilidade
Agendar atividades e tarefas	Não aplicável em modelo genérico

2. Após a seleção dos propósitos, passou-se para a fase de desenvolvimento das tarefas e suas respectivas respostas para gabarito. Buscou-se explorar cada propósito da maneira mais completa possível, criando tarefas para que pudessem ser realizadas através da observação das vistas dos modelos. Para cada propósito desenvolveram-se duas questões, cada uma a ser respondida através da observação do modelo de referência em questão. Ambas as questões são equivalentes, proporcionado que os entrevistados testem a usabilidade dos métodos sem serem influenciados. Como o objetivo do questionário é testar a usabilidade dos métodos de modelagem, as questões desenvolvidas simulam as tarefas do dono do processo. Em alguns casos, fez-se necessário elaborar mais de uma questão para explorar de maneira completa o propósito. Sendo assim, a partir de doze propósitos selecionados, desenvolveram-se quinze tarefas (em pares, uma para cada protótipo). O questionário final com os propósitos

e as tarefas é apresentado na tabela 10 e o questionário completo (com o gabarito de respostas) encontra-se no apêndice C.

Tabela 10 - Questionário de avaliação de usabilidade

Tarefa	Propósitos	Questão A	Questão B
1	I- Mostrar relação hierárquica entre atividades	Informe as duas primeiras fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento"	Informe as duas últimas fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento"
2	II- Definir atividades padrão e preferidas	Informe as 3 primeiras atividades da fase Projeto Informacional	Informe as 3 primeiras atividades da fase Projeto Conceitual
3	III- Definir sequência de atividades	Após encerrar a atividade "Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo" da fase Projeto Detalhado, qual atividade deve ser iniciada?	Após encerrar a atividade "Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção, qual atividade deve ser iniciada?
4	IV- Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas	A atividade "Projetar recursos de fabricação" pode ser realizada simultaneamente à atividade "Planejar o processo de fabricação e montagem"? (Fase Projeto Detalhado)	A atividade "Desenvolver processo de manutenção" pode ser realizada simultaneamente à atividade "Receber e instalar recursos"? (Fase Preparação da Produção)
5		Liste as atividades que dependem das entregas de saída da atividade "Definir ergonomia e estética" da fase Projeto Conceitual	Liste as atividades que dependem das entregas de saída da atividade "Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção
6	V- Definir entregas padrão e entrega padrão principal	Informe as entregas de saída da atividade "Decidir por fazer ou comprar SSCs" da fase Projeto Detalhado	Informe as entregas de saída da atividade "Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção
7	VI- Relacionar papéis às atividades	Liste a(s) atividade(s) com a(s) qual(is) o "time de acompanhamento do produto" está relacionado na fase Preparação da Produção	Liste a(s) atividade(s) com a(s) qual(is) o "gerente de custos" está relacionado na fase Projeto Detalhado
8	VII- Relacionar papéis às entregas	Liste a(s) entrega(s) com a(s) qual(is) o "gerente de recursos humanos" está relacionado na fase "Preparação da Produção"	Liste a(s) entrega(s) (de entrada e saída) com a(s) qual(is) o "gerente de vendas" está relacionado na fase "Projeto Detalhado"
9	VIII- Mostrar fluxo de dados/informação	A entrega "Planos de processo" é saída/entrada de quais atividades respectivamente? (Fase Projeto Detalhado)	A entrega "Requisitos funcionais, função global, lista de funções do produto" é saída/entrada de quais atividades respectivamente? (Fase Projeto Conceitual)
10	IX- Identificar ferramentas e templates padrão	Quais são as melhores práticas sugeridas para a atividade "Planejar fim de vida do produto" da fase Projeto Detalhado?	Quais são as melhores práticas sugeridas para a atividade "Desenvolver processo de distribuição" da fase Lançamento do Produto?
11		Liste as atividades nas quais a melhor prática "Diagrama de Mudge" é utilizada na fase Projeto Informacional	Liste as atividades nas quais a melhor prática "Catálogos de solução" é utilizada na fase Projeto Conceitual

12	X- Definir responsabilidades e habilidades	Informe as melhores práticas sugeridas para o "Gerente de suprimentos" na fase de "Projeto conceitual"	Informe as melhores práticas sugeridas para o "Gerente de vendas" na fase de "Projeto Detalhado"
13	padrão para papéis e pessoal	Informe as responsabilidades atribuídas ao papel de "Gerente de projetos" segundo o modelo	Informe as responsabilidades atribuídas ao papel de "Gerente de Produção" segundo o modelo
14	XI- Definir padrões de qualidade para as entregas padrões	Informe os padrões de qualidade que o modelo fornece para a entrega "Estrutura do produto (BOM)" na fase de "Projeto detalhado"	Informe os padrões de qualidade que o modelo fornece para a entrega "Concepção escolhida para o produto" na fase de "Projeto conceitual"
15	XII- Avaliar complexidade do processo	Informe a quantidade de papéis envolvidos na fase Projeto Informacional	Informe a quantidade de papéis envolvidos na fase Lançamento do Produto

O roteiro de entrevistas foi colocado na forma de um questionário *online* de modo a facilitar o preenchimento da resposta por parte do entrevistado. No questionário *online*, para um dado propósito, o usuário realiza a questão A (no modelo A), seguida da questão B (no modelo B) e por fim responde a uma questão comparativa sobre a facilidade de realização da tarefa em cada modelo. Entre cada tarefa o questionário apresenta uma tela pedindo para que o entrevistado aguarde sem mexer no teclado e mouse para que o entrevistador prepare a tela para a realização da próxima tarefa, para que assim seja possível realizar o cálculo do número de ações empregadas por cada usuário para a realização de cada tarefa. O apêndice E apresenta um exemplo do roteiro de entrevistas no questionário *online*.

### 4.3. Análise dos resultados obtidos

Este tópico apresenta os resultados obtidos através dos testes de usabilidade realizados de acordo com os métodos expostos no item 3.2.3.3 com os 8 usuários.

#### 4.3.1. Eficácia

Conforme o item 3.2.4.1, a análise da eficácia foi realizada por meio da construção de dois gráficos: o primeiro apresenta a proporção de usuários por tipo de sucesso (total, parcial e falha), enquanto que o segundo apresenta uma versão detalhada, mostrando além do tipo de sucesso, o tipo de estratégia adotada pelo

entrevistado para realização da tarefa (ideal ou não ideal) e se usuário pediu ou não ajuda. Os gráficos são apresentados nas figuras 22 e 23, respectivamente.

O gráfico de eficácia simplificada (figura 22) nos mostra que apenas a tarefa 15 não atingiu o mínimo de 50% de eficácia em ambos os protótipos. Como esta eficácia mínima não foi atingida apenas no protótipo em BPMN e o mesmo possuía uma dificuldade superior ao eEPC para a conclusão da tarefa, considerou-se que a tarefa 15 foi compreendida de maneira adequada pelos usuários que concluíram a tarefa com sucesso total no eEPC e portanto foi considerada para as demais análises de eficiência e métricas auto-reportadas.

A tarefa 15 consistia em informar a quantidade de papéis envolvidos na fase “Projeto Informacional” ou “Lançamento do Produto” e estava relacionada ao propósito “XII- Avaliar a complexidade do processo”. O grande índice de erros encontrado para essa questão no BPMN pode ser explicado em parte por o entrevistado necessitar entrar no nível de detalhamento de todas as atividades para encontrar os papéis, enquanto que para o eEPC, os papéis se encontravam na vista da própria fase.

Por sua vez, o gráfico de eficácia detalhada (figura 23) nos mostra que doze tarefas (5, 7, 9, 11, 12, 13 e 15 do protótipo BPMN e 8, 9, 11, 12 e 13 do protótipo eEPC) tiveram índices de eficácia total com estratégia ideal (sucesso total, estratégia ideal com ou sem ajuda) menores que 50%, indicando que apesar dos usuários acertarem essas tarefas, elas não foram realizadas utilizando a estratégia ideal, ou seja, com menor quantidade de ações possível.

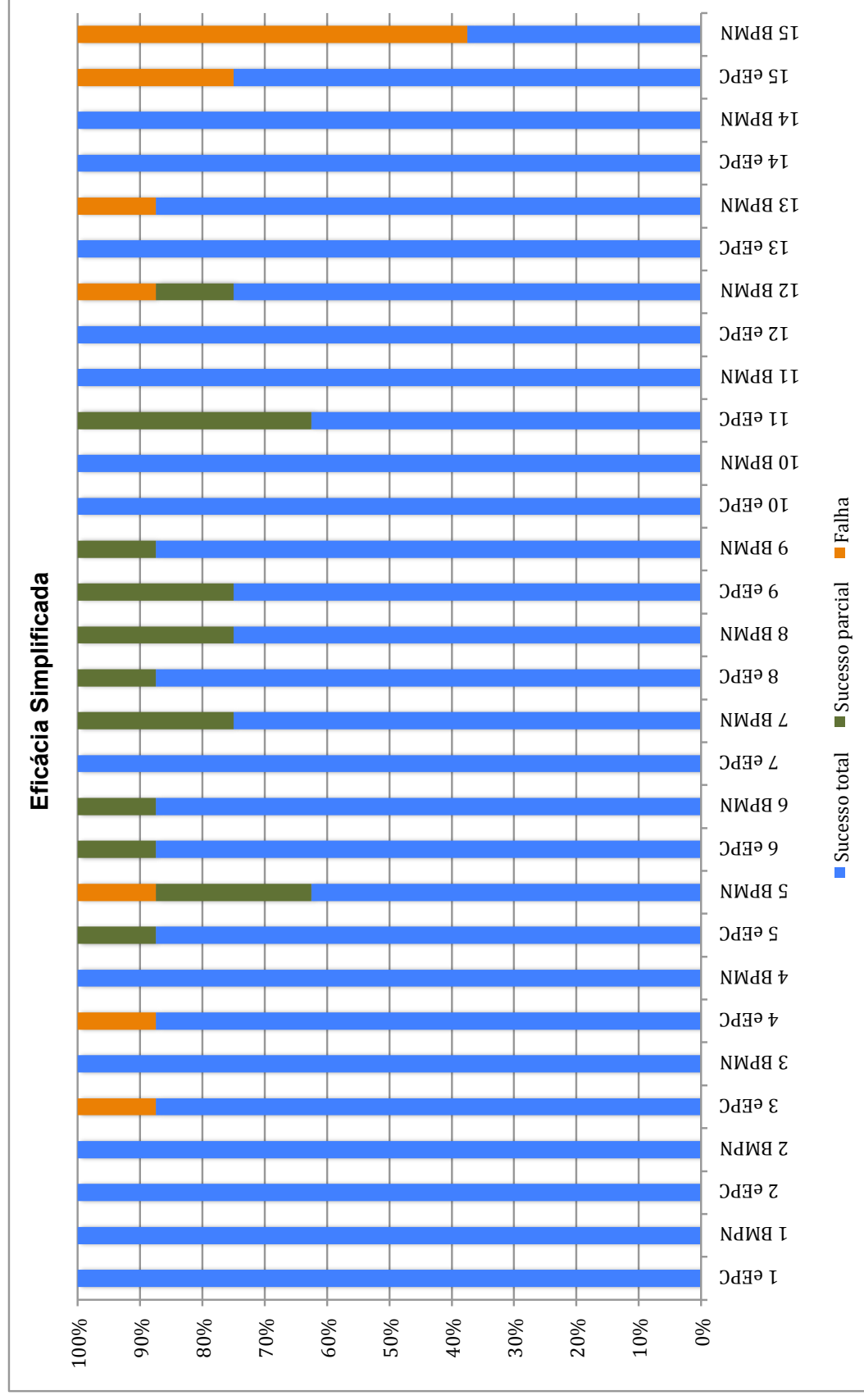


Figura 22 - Eficácia simplificada (sucesso total, parcial e falha)

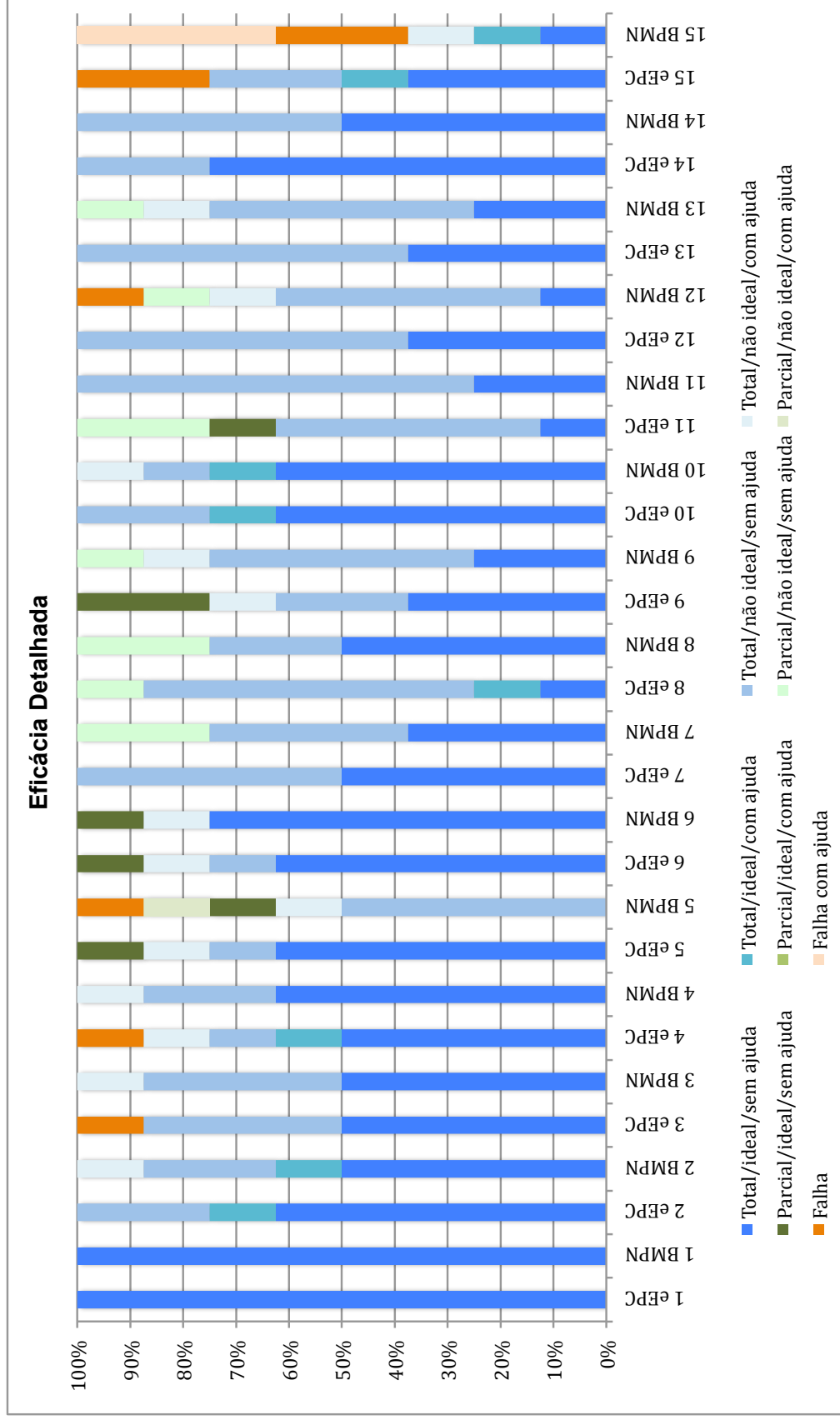


Figura 23 - Eficácia Detalhada

#### 4.3.2. Eficiência

Para o cálculo da eficiência, conforme explicado no item 3.2.4.2, utilizou-se duas métricas: número de ações para realização da tarefa (número de cliques no software do protótipo) e tempo gasto para realização da tarefa (tempo de planejamento e execução em segundos).

De modo a comparar os dois protótipos a partir da mesma base de comparação, para a realização da análise de eficiência, utilizou-se apenas as respostas dos usuários que obtiveram sucesso total em ambas as tarefas, de acordo com as recomendações de Tullis e Albert (2008), garantindo que o usuário compreendeu a tarefa e comparou os protótipos de maneira adequada. Sendo assim, o tamanho da amostra analisada variou de acordo com a tarefa, ou seja, algumas tarefas tiveram uma amostra de tamanho oito enquanto outras tiveram amostras menores, sendo a menor amostra nas tarefas 5 e 15, que tiveram apenas três usuários que obtiveram sucesso total em ambas as tarefas.

A figura 24 apresenta as médias dos números de ações (barras em tons mais escuros) por tarefa para ambos os protótipos com seus respectivos intervalos de confiança de 95% (linhas verticais em preto), além do número mínimo de ações exigido para cada protótipo em cada tarefa, de acordo com o gabarito do apêndice C - Gabarito de realização do teste de usabilidade (barras em tons mais claros). Por meio do gráfico é possível observar que das quinze tarefas analisadas, em onze delas o protótipo eEPC exigiu em média um número menor de ações que o BPMN, em duas o BPMN exigiu em média um número menor de ações, enquanto que em duas delas a média foi a mesma para ambos os protótipos. De acordo com o teste t de *student*, essa diferença entre os protótipos só foi significativa em três tarefas: 5, 12 e 15 onde o eEPC exigiu um número menor de ações. Para as outras tarefas, a diferença entre as médias foram consideradas sem relevância estatística pelo teste t de *student*, ou seja, com a amostra disponível não é possível garantir com 95% de confiança que os protótipos exigem um número de ações diferente.

A figura 25 apresenta o esforço a mais empregado pelos usuários em relação ao número mínimo de ações para realização de uma determinada tarefa de maneira correta (definido no gabarito do apêndice C - Gabarito de realização do teste de usabilidade). É possível observar que das quinze tarefas analisadas, em sete delas

o esforço a mais empregado em relação ao mínimo foi maior no BPMN, enquanto que em seis delas o esforço a mais empregado foi maior no eEPC.

Por fim, a figura 26 apresenta a média de tempo em segundos gastos pelos usuários para a realização de determinada tarefa, além dos respectivos intervalos de confiança de 95%. Através da observação do gráfico, é possível perceber que o tempo de execução da tarefa foi maior no protótipo BPMN para dez das quinze tarefas analisadas, sendo que para as outras cinco, o tempo foi maior no protótipo eEPC. De acordo com o teste t de *student*, essa diferença só é significativa para três tarefas: 7, 12 e 15, sendo que no caso os usuários demoraram em média mais tempo para realizarem essas tarefas no protótipo BPMN do que no eEPC. Para as outras tarefas, a diferença entre os tempos foram consideradas sem relevância estatística pelo teste t de *student*, ou seja, não é possível garantir com 95% de confiança e com a amostra disponível que os protótipos exigem um tempo diferente de execução e planejamento.

Os resultados da análise de eficiência utilizados para o desenvolvimento dos gráficos apresentados assim como o resultado do teste t de *student*, são apresentados no Apêndice F – Análise da eficiência e teste t de *student*.



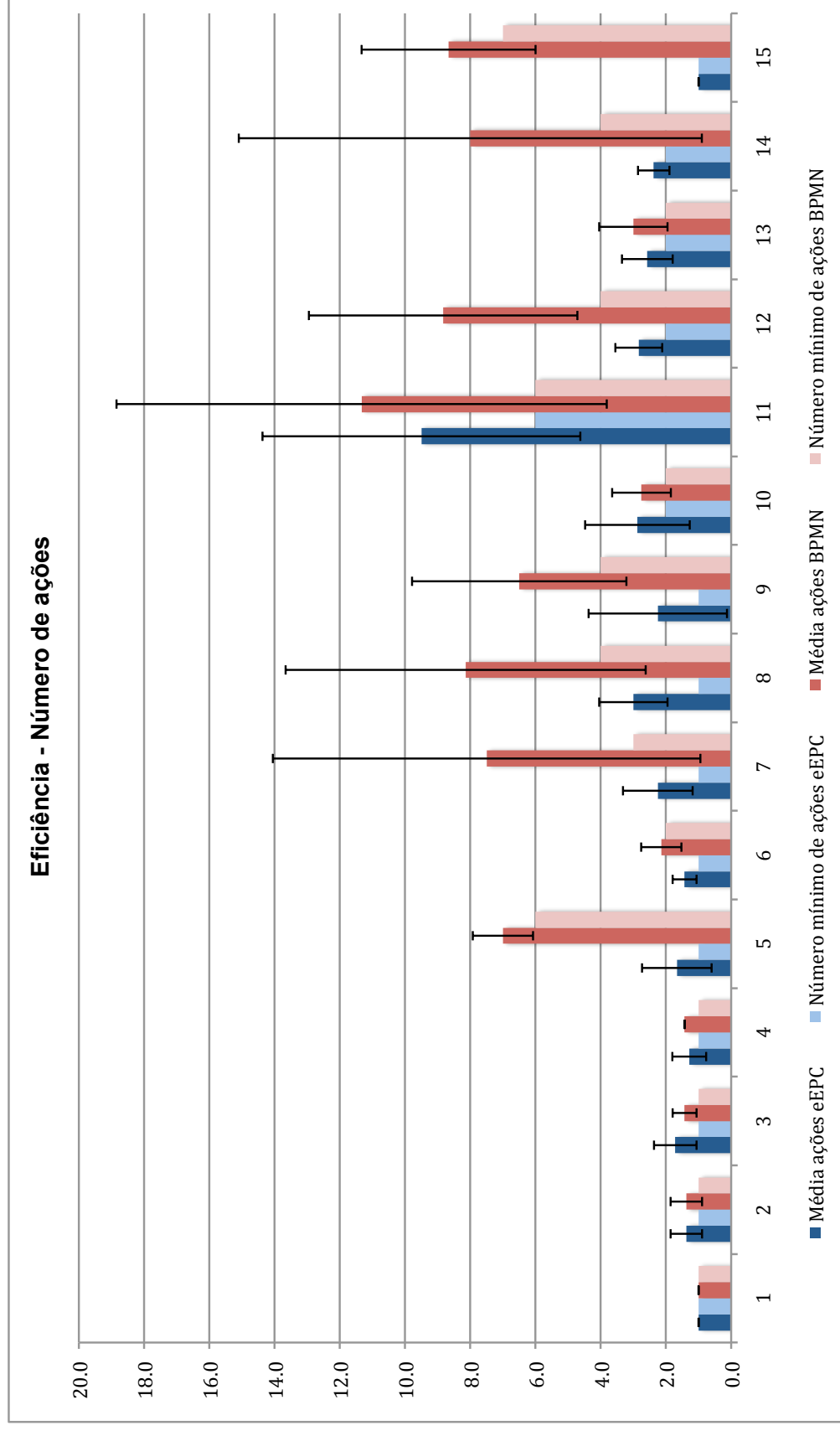


Figura 24 - Análise da eficiência através da métrica número de ações

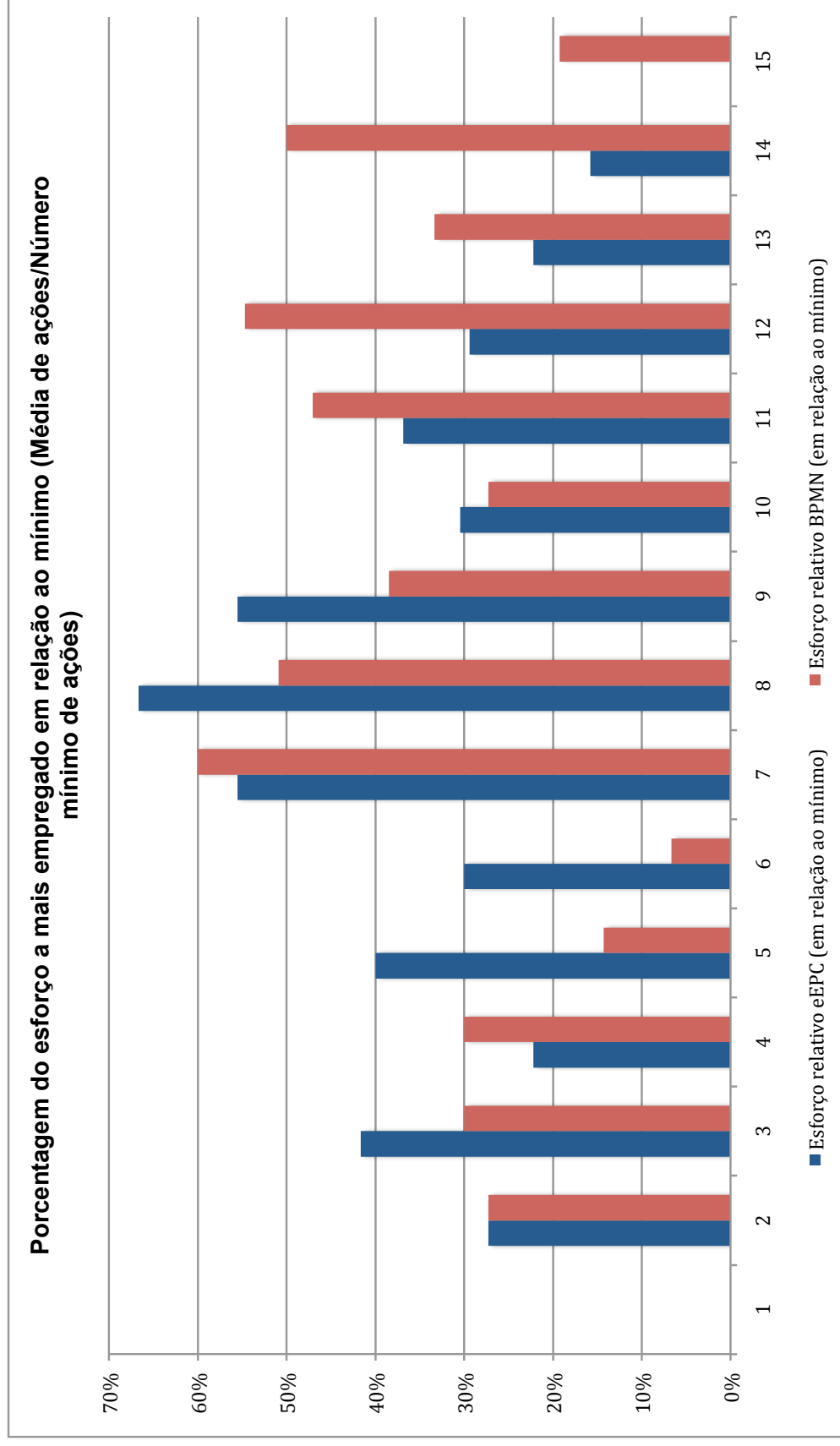


Figura 25 - Porcentagem do esforço a mais empregado em relação ao mínimo (Média de ações/Número mínimo de ações)

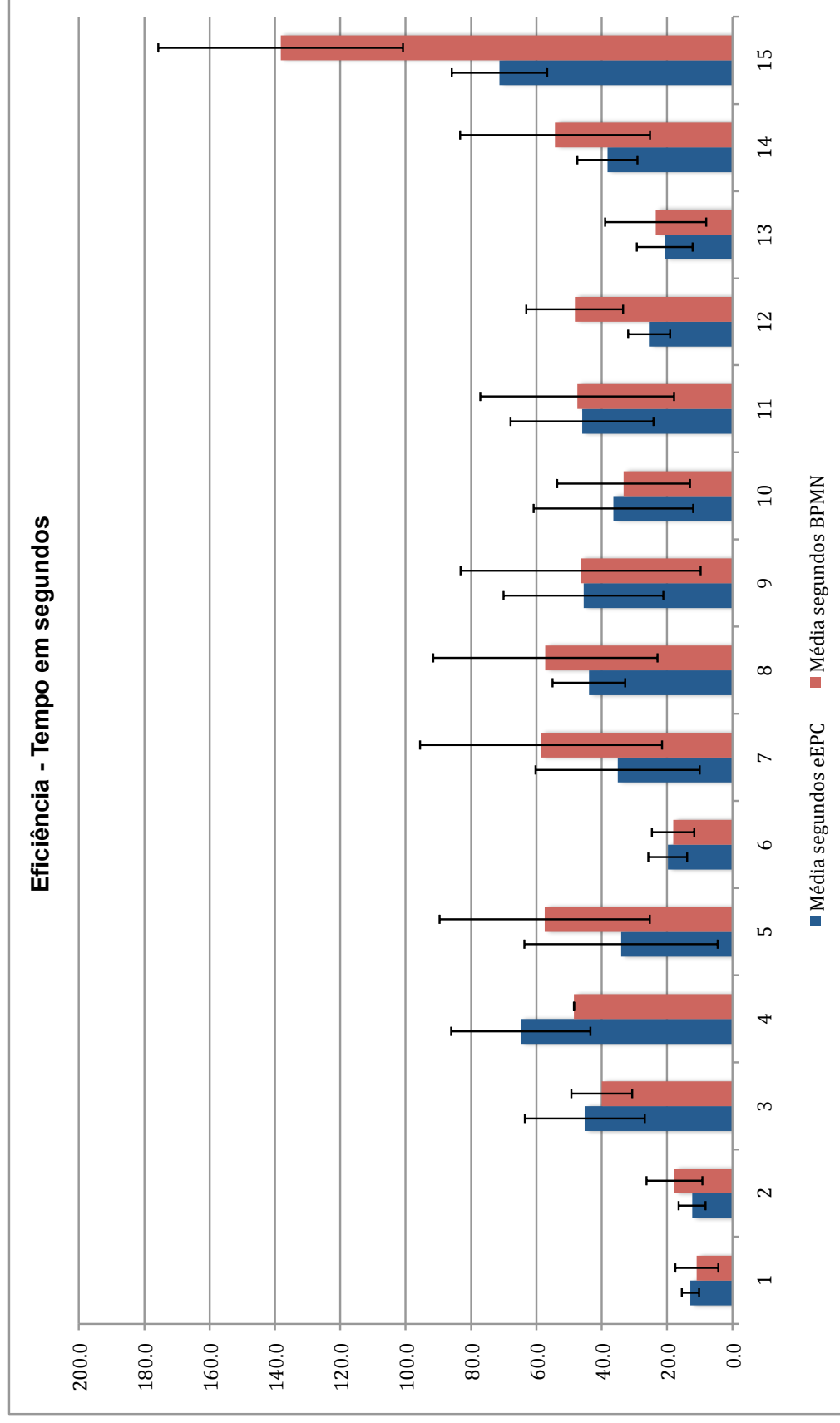


Figura 26 - Análise da eficiência através da métrica tempo para realização da tarefa

### 4.3.3. Métricas auto reportadas

Assim como para a eficiência, na análise das métricas auto reportadas utilizaram-se apenas as respostas dos usuários que obtiveram sucesso total em ambas as tarefas, de acordo com as recomendações de Tullis e Albert (2008), garantindo que o usuário compreendeu a tarefa e comparou os protótipos de maneira adequada. Sendo assim, o tamanho da amostra analisada variou de acordo com a tarefa, ou seja, algumas tarefas tiveram uma amostra de tamanho 8 enquanto outras tiveram amostras menores, sendo a menor amostra nas tarefas 5 e 15, que tiveram apenas 3 usuários que obtiveram sucesso total em ambas as tarefas.

A figura 27 apresenta a média da opinião dos usuários com relação à facilidade de cada protótipo em cada tarefa (coluna com valores referentes ao eixo esquerdo do gráfico), assim como o respectivo índice de concordância (círculos plotados com valores referentes ao eixo direito do gráfico). Das quinze tarefas analisadas, onze tiveram um índice de concordância acima de 50% para ambos os protótipos, indicando que os usuários possuíam uma opinião similar com relação à facilidade dos protótipos. Destas onze tarefas, os usuários consideraram como protótipo mais fácil o eEPC em seis delas, o BPMN em quatro e em uma consideraram os protótipos similares em termos de facilidade de utilização.

De modo a minimizar a diferença de percepção da escala de comparação entre os usuários, analisou-se a diferença entre as respostas dadas por cada usuário para cada protótipo, conforme explicado no item 3.2.4.3. A figura 28 apresenta resultado e mostra que na maioria das tarefas os usuários consideraram que a interface eEPC é mais fácil de ser utilizada que o BPMN: em cinco tarefas (2, 3, 9, 14 e 15) das onze com índice de concordância acima de 50%, os usuários consideraram o eEPC mais fácil que o BPMN (a coluna favorável ao protótipo eEPC é a maior, com exceção da tarefa 3 onde a coluna favorável ao eEPC é igual a nula), em duas tarefas (5 e 6) o BPMN foi considerado mais fácil (maior coluna é a favorável ao BPMN), e por fim, em quatro tarefas (1, 10, 11 e 13), os usuários consideraram que não existe diferença significativa de facilidade de execução das tarefas em ambos os protótipos (a coluna de diferença nula foi a maior).

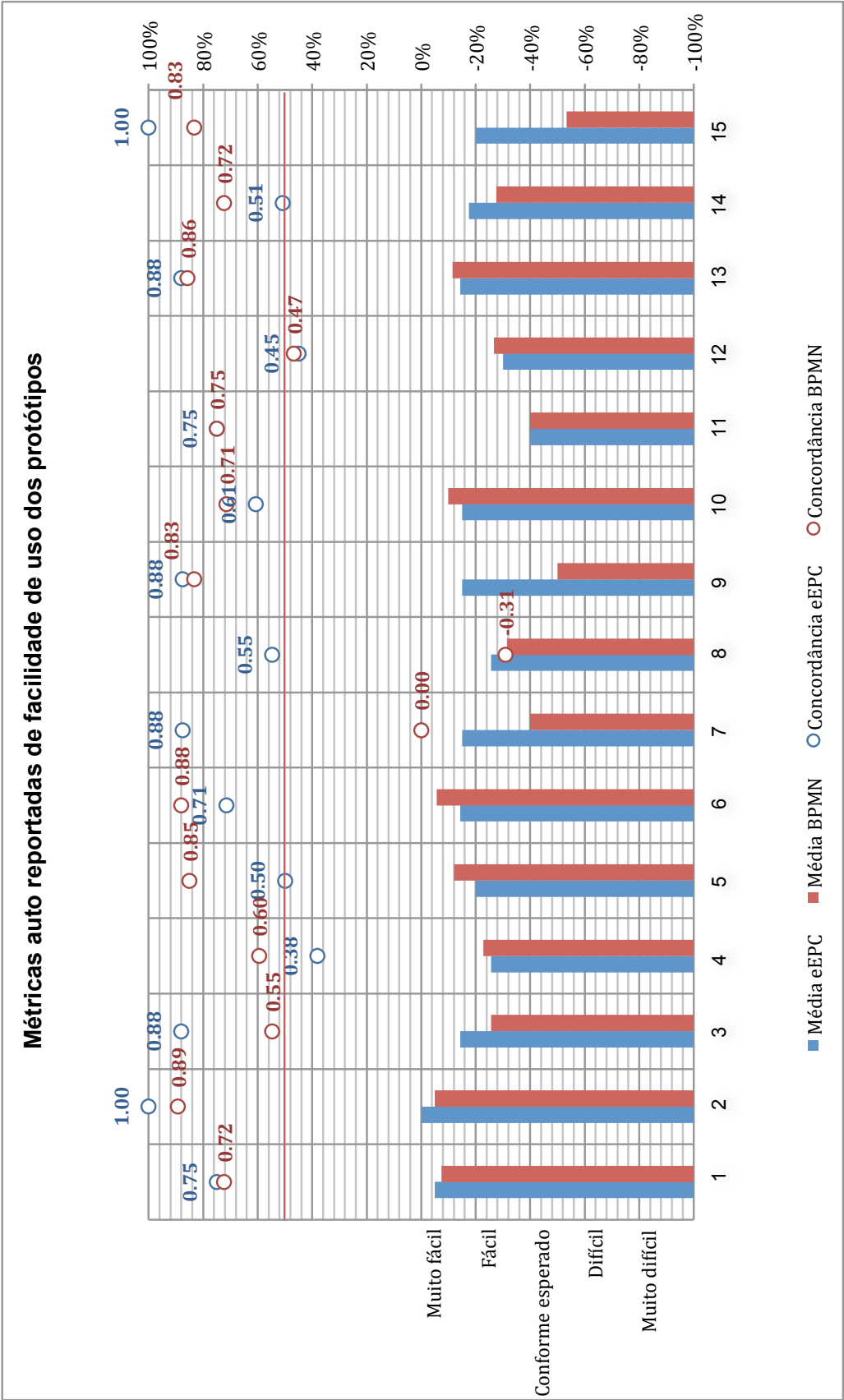


Figura 27 - Métricas auto reportadas de facilidade de uso dos protótipos

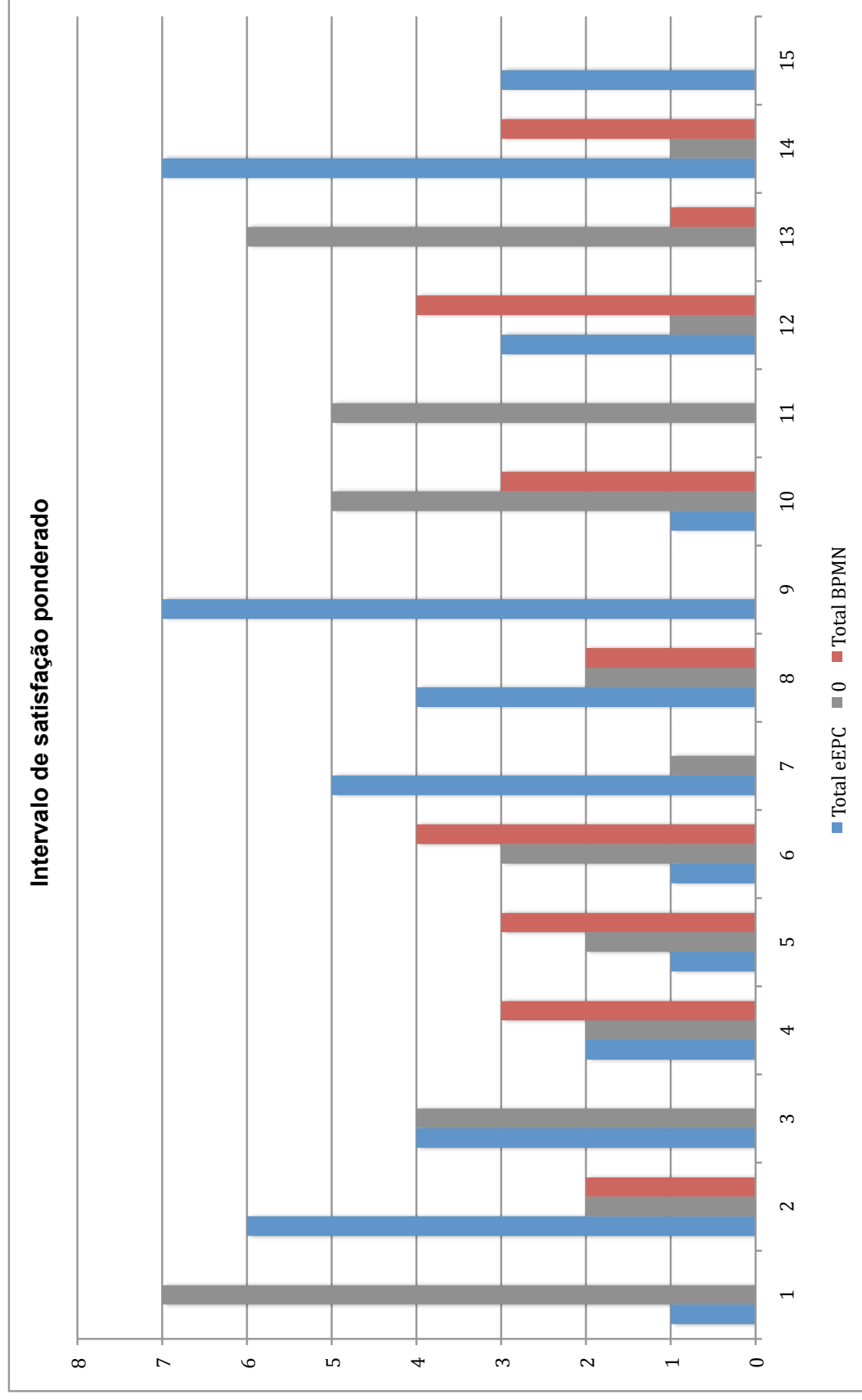


Figura 28 - Métrica auto reportada - intervalo de satisfação ponderado

#### **4.3.4. Métricas comparativas e combinadas**

As métricas comparativas e combinadas foram analisadas com base nos valores obtidos para eficácia, eficiência e métricas auto reportadas, identificando a diferença significativa entre os protótipos de maneira geral (considerando todas as métricas), conforme melhor explicado no item 3.2.4.4.

A figura 29 apresenta o gráfico com os resultados das porcentagens relativas do protótipo BPMN em relação ao eEPC para eficácia, esforço (número de ações), tempo (em segundos) e satisfação. Resultados de porcentagens positivas para esforço e tempo são favoráveis para o protótipo eEPC enquanto que positivas para eficácia e satisfação são favoráveis ao protótipo BPMN.

O gráfico mostra que em sete tarefas (2, 7, 8, 12, 13, 14 e 15) o eEPC se mostrou favorável ao BPMN em pelo menos três métricas, indicando que os usuários concordaram que existe uma diferença favorável em termos de eficácia, esforço, tempo e satisfação em relação ao protótipo eEPC. As tarefas 7, 8 e 15 apresentaram as quatro métricas favoráveis ao eEPC, enquanto que as tarefas 2, 12, 13 e 14 se mostraram indiferente em uma métrica. Para as outras oito tarefas, no entanto, houve divergências: um protótipo foi considerado melhor por uma métrica enquanto que pior ou indiferente por outra (s) métrica (s).

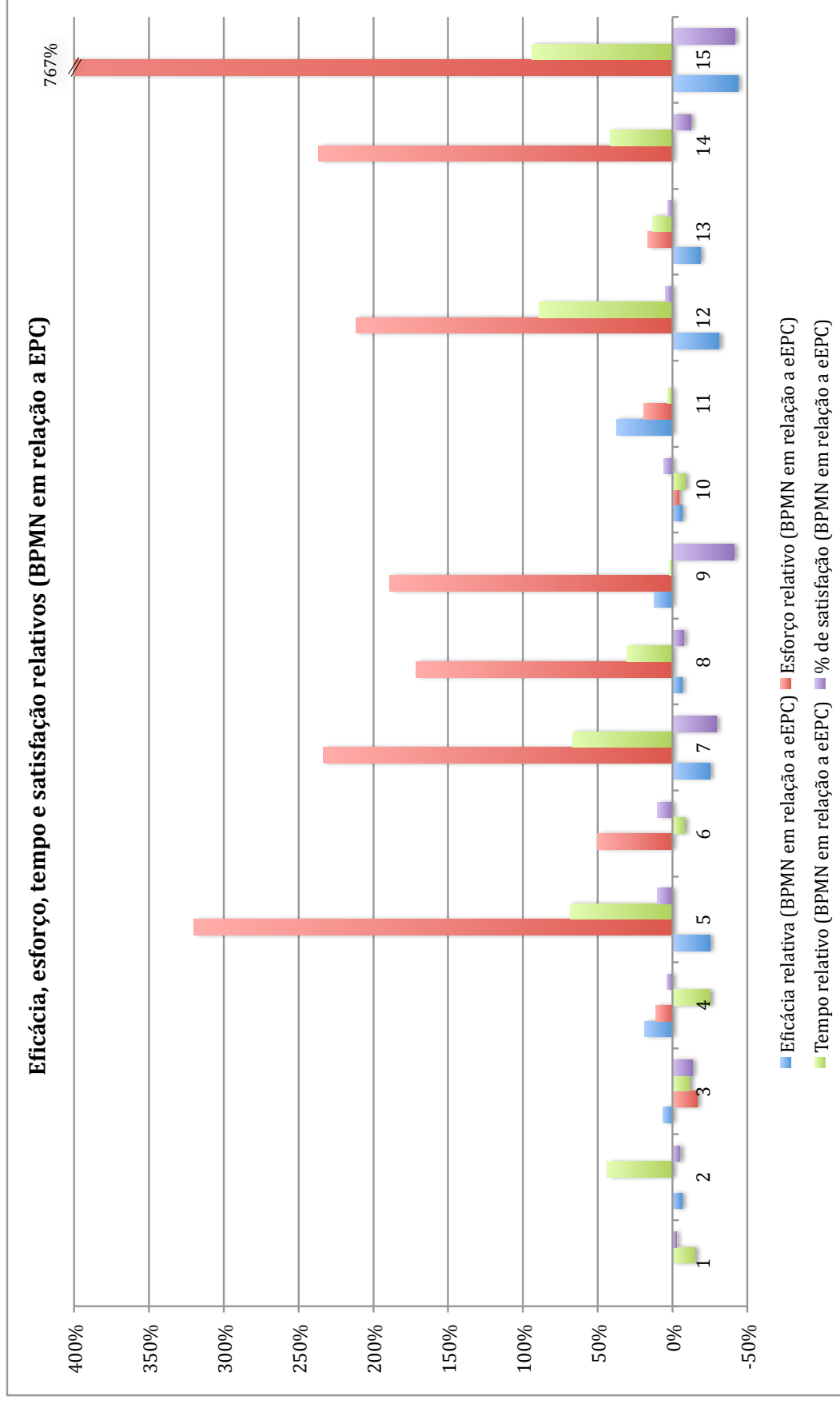


Figura 29 - Métricas comparativas e combinadas



## 5. CONCLUSÕES

Nesse capítulo são discutidas as conclusões do trabalho e em seguida as limitações e sugestões de trabalhos futuros.

### 5.1. Análise dos resultados

O capítulo 5 apresenta a análise dos resultados e suas conclusões. Este capítulo é dividido em dois principais grupos de propósitos com características similares, de modo a facilitar o entendimento da análise realizada. É importante lembrar aqui que um propósito pode ter mais de uma tarefa (esta pesquisa consta com doze propósitos e quinze tarefas) conforme explicado no item 4.2.2.

Para dez propósitos analisados (I a XI e XI) com a amostra adquirida não é possível concluir com 95% de confiança que os protótipos apresentam diferenças significativas em relação à eficiência, ou seja, a diferença não pode ser estendida a toda população com o nível de confiança estabelecido. A tabela 11 apresenta estes propósitos assim como um resumo com o protótipo que obteve um melhor resultado para cada uma das métricas (eficácia, esforço, tempo e satisfação). Dos dez propósitos listados, em quatro (II, VI, VII e XI) os usuários consideraram que o eEPC foi mais adequado ao uso que o BPMN, ou seja, teve resultados favoráveis em pelo menos uma métrica e equivalente nas outras métricas (propósitos em azul). Já para o propósito V os usuários consideraram que o BPMN foi mais apropriado que o eEPC em relação a eficácia e satisfação (em vermelho). Para o propósito I, ambos os protótipos foram considerados equivalentes em todas as métricas, o que está de acordo com o esperado, uma vez que a vista utilizada para a realização da tarefa deste propósito (tarefa 1) é a idêntica para os dois protótipos. Finalmente, para quatro propósitos (III, IV, VIII e IX) o protótipo mais adequado não foi considerado o mesmo por todas as métricas.

Tabela 11 - Propósitos sem diferença estatística de eficiência entre protótipos

Propósito	Tarefa	Eficácia	Eficiência -Esforço	Eficiência -Tempo	Satisfação
I- Mostrar relação hierárquica entre atividades	1	Igual	Igual	Igual	Igual
II- Definir atividades padrão e preferidas	2	eEPC	Igual	Igual	eEPC
III- Definir sequência de atividades	3	BPMN	Igual	Igual	eEPC
IV- Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas	4	BPMN	Igual	Igual	Igual
	5	eEPC	eEPC	Igual	BPMN
V- Definir entregas padrão e entrega padrão principal	6	BPMN	Igual	Igual	BPMN
VI- Relacionar papéis às atividades	7	eEPC	Igual	eEPC	Igual
VII- Relacionar papéis às entregas	8	eEPC	Igual	Igual	Igual
VIII- Mostrar fluxo de dados/informação	9	BPMN	Igual	Igual	eEPC
IX- Identificar ferramentas e templates padrão	10	eEPC	Igual	Igual	Igual
	11	BPMN	Igual	Igual	Igual
XI- Definir padrões de qualidade para as entregas padrões	14	eEPC	Igual	Igual	eEPC

Já para os propósitos X “Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal” e XII “Avaliar complexidade do processo” pode-se dizer que o eEPC se mostrou mais adequado ao uso, em termos de eficácia, eficiência e satisfação, que o BPMN.

Com relação ao propósito X, suas duas tarefas (12 e 13) apresentaram resultados similares: o eEPC se mostrou mais eficaz, mais eficiente (tanto em tempo quanto esforço) e igual em termos de satisfação. A diferença entre as tarefas deste propósito é que a tarefa 12 apresentou relevância estatística para eficiência enquanto que a tarefa 13 não.

Já referente ao propósito XII, a interface BPMN obteve menos de 40% de eficácia enquanto que a em eEPC obteve 75%. Acredita-se que a diferença de eficácia se deve ao fato da tarefa ser mais complexa na interface BPMN, uma vez que se faz necessário acessar todas os detalhamentos das atividades para verificar os papéis envolvidos na fase. Assim como no caso da eficácia, o eEPC se mostrou superior ao BPMN nas outras métricas: esforço, tempo utilizado e satisfação.

A tabela 12 apresenta os propósitos X e XII e os respectivos resultados obtidos em cada métrica.

Tabela 12 - Propósitos nos quais o eEPC é mais eficaz e eficiente (com relevância estatística)

Propósito	Tarefa	Eficácia	Eficiência -Esforço	Eficiência -Tempo	Satisfação
X- Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal	12	eEPC	eEPC	eEPC	Igual
	13	eEPC	Igual	Igual	Igual
XII- Avaliar complexidade do processo	15	eEPC	eEPC	eEPC	eEPC

Pode-se dizer, portanto, que o eEPC é mais apropriado que o BPMN para propósitos em que se faz necessário o acesso a informações detalhadas, como por exemplo, papéis, melhores práticas e padrões de qualidade (propósitos VI, VII, X, XI e XII). Essa conclusão pode ser confirmada pelos comentários anotados durante as entrevistas:

- “O eEPC é mais prático quando é necessário entender a relação entre as atividades e os outros elementos, já que entregas e papéis são representadas na vista da fase, enquanto que no caso do BPMN, é necessário entrar no subnível da atividade para ter acesso a esse tipo de informação”;
- “O eEPC é mais adequado quando necessário acesso a detalhes, no entanto o BPMN é mais limpo quando a tarefa se refere apenas a atividades”.

Em conclusão, para o usuário “dono do processo”, o eEPC é mais apropriado que o BPMN visto que (1) o eEPC se mostrou mais apropriado em termos de eficácia, eficiência e satisfação em dois propósitos testados (propósitos em azul na tabela 12), enquanto o mesmo não aconteceu para nenhum propósito no caso do BPMN (2) o eEPC apresentou melhores resultados que o BPMN em pelo menos uma métrica (e compatível nas métricas restantes) para seis propósitos (em azul nas tabelas 11 e 12), enquanto que o mesmo só aconteceu para um propósito no caso do BPMN (em vermelho na tabela 11); (3) o eEPC se mostrou mais eficaz que o BPMN em seis dos doze propósitos analisados, enquanto o contrário só aconteceu para três; (4) o eEPC requereu uma menor quantidade de ações (diferença com relevância estatística) em três tarefas enquanto o BPMN em nenhuma; (5) o tempo empregado para a realização das tarefas foi estatisticamente menor no eEPC em três tarefas e em nenhuma no BPMN; (6) os usuários consideraram que o eEPC foi mais fácil de se utilizar em cinco das quinze tarefas, e o BPMN em apenas duas.

## 5.2. Limitações e sugestões de trabalhos futuros

Este capítulo apresenta as principais limitações deste trabalho e sugere melhorias para trabalhos futuros.

Primeiramente, com relação à amostra utilizada no teste de usabilidade, uma das limitações se refere ao número de respondentes: apesar de oito ser um número apropriado para testes de usabilidade segundo Tullis e Albert (2008), no caso desta pesquisa houve algumas tarefas que não obtiveram relevância estatística. Outra limitação relacionada à amostra refere-se ao perfil dos respondentes, no caso desta pesquisa, adotou-se estudantes que tiveram contato com o modelo de referência de Rozenfeld et al. (2006), ou seja, a pesquisa não foi realizada com os reais donos dos processos, podendo refletir em resultados divergentes. Sugere-se como trabalhos futuros, modelar um protótipo que não exija conhecimentos prévios por parte do entrevistado e aplicar os testes de usabilidade com respondentes que tenham o papel de dono do processo em empresas reais com processo de desenvolvimento de produtos estruturado, além de utilizar uma amostra de tamanho maior para garantir resultados com maior relevância estatística.

Outra limitação se refere ao protótipo construído para avaliação: houve diversos comentários por parte dos entrevistados com sugestões de melhorias, como por exemplo fixar o zoom na tela ao invés de deixá-lo sumir quando a tela é rolada para baixo e facilitar o acesso aos subníveis de detalhamento das atividades que nos protótipos desta pesquisa são realizados através de uma botão pequeno no canto do símbolo, ao invés do próprio símbolo.

Adicionalmente outra limitação foi a descrição das tarefas, que causou confusão para alguns usuários em alguns casos, como por exemplo na tarefa 15 (Informe quantidade de papéis envolvidos na fase Projeto Informacional/Lançamento do Produto), onde alguns usuários consideraram apenas papéis internos enquanto que outros consideraram tanto internos como externos.

Ainda, uma limitação desta trabalho refere-se à ferramenta de modelagem utilizada. A ARPO utiliza o detalhamento do método BPMN de uma maneira diferente da maioria das ferramentas disponíveis no mercado, o detalhamento do BPMN é realizado com o método FAD e não o próprio detalhamento da ferramenta. Esta diferença pode acarretar em diferenças quanto à avaliação de propósitos

referente a detalhes, como entregas, melhores práticas, papéis e áreas responsáveis.

Por fim, outra limitação deste projeto é que a avaliação dos propósitos foi realizada através do desenvolvimento de tarefas por parte da pesquisadora e, apesar de buscar-se abranger o máximo possível de variantes de um determinado propósito, esse resultado é plausível de maiores investigações. Para trabalhos futuros sugere-se tanto a investigação de novos propósitos quanto um melhor entendimento das variantes dos propósitos utilizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEU, B. L. . **Uma linguagem para modelagem de processos baseada em semântica de ações**. Dissertação de mestrado em Ciência da Computação – Centro de Informáticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2005.

AMARAL, D. C. **Arquitetura para Gerenciamento de Conhecimentos Explícitos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

AMIGO, C. R. **Modelos de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos: Novas Possibilidades de Representação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.

AMIGO, C. R. et al. **Product development process modeling: state of the art and classification**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.

BROWNING, T. R. **On the alignment of the purposes and views of process models in project management**. Journal of Operations Management, v. 28, n. 4, p. 316-332, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272696309000862>>. Acessado em 30 de outubro de 2012.

BROWNING, T. R. **The Many Views of a Process: Toward a Process Architecture Framework for Product Development Processes**. Systems Engineering, v. 12, n. 1, p. 69-90, 2008.

BROWNING, T. R.; FRICKE, E.; NEGELE, H. **Key Concepts in Modeling Product Development Processes**. Systems Engineering, v. 9, n.2, p. 104-128, 2006.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance – Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing new product and process development: text and cases**. Free Press. 1993.

COBB, C.G. **Enterprise Process Mapping – Integrating Systems for Compliance and Business Excellence**. ASQ Quality Press, Milwaukee. 2005.

COOPER, R. G. **Winning at new products**. 3rd ed. Cambridge, Mass.: Perseus. 2001.

COSTA, E. P. **Aplicação de modelagem de processos de negócio na determinação de direcionadores de custo de mão-de-obra em um sistema de produção e colheita de cana-de-açúcar**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010a.

COSTA, J. M. H. **Proposta de uma ferramenta de diagnóstico do processo de desenvolvimento de produtos baseada em um padrão de recorrência de efeitos indesejados**. Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010b.

CRAWFORD, C. M.; BENEDETTO, C. A. DI. **New products management**. 8th ed. McGraw-Hill/Irwin, 2006.

DAVIS, R. **Business Process Modelling with ARIS: A Pratical Guide**. Springer, 2001. Monografia de Final de Curso em Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

FERREIRA, K. **Teste de Usabilidade**. Monografia de final de curso – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

HEISIG, P. et al. **Challenges and Future Fields of Research for Modelling and Management of Engineering Processes**. Outlook, September, 2008.

JAMES, L. R.; DEMAREE, R. G.; WOLF, G. Estimating within-group interrater reliability with and without response bias. **Journal of Applied Psychology**, v.69, n.1, p. 85-98, 1984.

JESTON, J.; JOHAN, N. **Business Process Management - Practical Guidelines to Successful Implementations**. Elsevier, 2006.

KARLSSON, C. **Researching Operations Management**. Taylor and Francis, 2008.

OWEN, M; RAJ, J. **BPMN and Business Process Management: Introduction to the New Business Process Modeling Standard**. Popkin Software, 2003.

MEREDITH, J. et al. **Alternative research paradigms in operations**. Journal of Operations Management, v. 8, n. 4, p. 297-326, 1989. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0272696389900338> Acessado em 17 de novembro de 2012.

MUNDIM, A. P. F.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; et al. Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 1, 2002.

NETO, M. A. A. Técnicas de modelagem: uma abordagem pragmática. In: VALLE, R; OLIVEIRA, S. B. (Orgs.). **Análise e Modelagem de Processos de Negócio**. São Paulo: Editora Atlas, p. 52-76, 2009.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. AP Professional, 1994.

NORAN, O. S. **Business Modelling: UML vs. IDEF**. School of Computing and Information Technology, Griffith University. 2000. Disponível em: <http://www.ict.griffith.edu.au/noran/Docs/UMLvsIDEF.pdf> Acessado em 15 de novembro de 2012.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design**. London: The Design Council, 1988.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre. Bookman, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. The Lean Enterprise Institute, 2003.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ROZENFELD, H. **Reflexões sobre a Manufatura Integrada por Computador (CIM)**. Manufatura classe mundial: mitos e realidades, São Paulo, 1996.

RUBIN, J. **Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design and Conduct Effective Tests**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1994.

SCHEER, A. W.; THOMAS, O.; ADAM O. Process Modeling Using Event-Driven Process Chains. In: DUMAS, M; AALST, W. van der; HOFSTEDE, A. H. M. ter. **Process-aware Information Systems: Bridging People and Software Through Procoss Technology**. New Jersey: John Wiley & Sons, p. 119-145, 2005.

SMITH, R. P.; MORROW, J. A. **Product development process modeling**. Design Studies, v. 20, n.3, p. 237-261, 1999. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X98000180> Acessado em 02 de setembro de 2012.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring the user experience: Collecting, analysing, and presenting usability metrics**. Morgan Kaufmann, 2008.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 4th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2007.

URBAN, G. L.; HAUSER, J. R. **Design and marketing of new products**. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993.

VERNADAT, F. B. **Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications**. London: Chapman & Hall, 1996.

VERNADAT, F. B. **Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods**. Annual Reviews in Control, No 31, p. 137-145, 2007.

VOSS, C., TSIKRIKTSIS, N., & FROHLICH, M. (2002). **Case research in operations management**. London: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, No. 2, p. 195-219. Disponível em: <http://www.dep.ufmg.br/disciplinas/epd804/artigo4.pdf> Acessado em 13 de outubro de 2012.

WHITE, S. A. **Introduction to BPMN**. BPTrends. 2004. Disponível em: [http://yoann.nogues.free.fr/IMG/pdf/07-04\\_WP\\_Intro\\_to\\_BPMN\\_-\\_White-2.pdf](http://yoann.nogues.free.fr/IMG/pdf/07-04_WP_Intro_to_BPMN_-_White-2.pdf) Acessado em 06 de outubro de 2012.

WÜRMLI, F. C. **Avaliação da Aplicabilidade e da Qualidade dos Resultados do Método de Diagnóstico do Processo de Desenvolvimento de Produtos**. Relatório de Iniciação Científica – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.



YAHAYA, S. **New product development management issues and decision-making approaches.** Management Decision, v. 45, n. 7, p. 1123-1142, 2007.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Questionário de seleção de perfil de usuário

Background usuário	Nome completo	
	E-mail	
	Você possui disponibilidade de realizar um teste presencial (de aproximadamente 1 hora) no próximo mês?	Sim ou não
	Você ou qualquer membro próximo de sua família está envolvido com algum desses negócios ou indústrias?	Empresas que desenvolvem/vendem softwares de modelagem de processos
		Associações /organizações relacionadas com modelagem de processos
Consultorias/empresas que assessoram empresas na modelagem de processos		
Não se aplica		
Formação educacional/ profissional	Qual o seu grau de instrução?	Ensino superior incompleto
		Ensino superior em andamento
		Ensino superior completo
		Pós-graduação incompleta
		Pós-graduação em andamento
		Pós-graduação completa
Indique seu curso de ensino superior		
Indique seu curso de pós-graduação		
Conhecimento e Experiência sobre Processo de Desenvolvimento de Produtos	Já realizou algum curso/disciplina relacionada com o tema "Gestão do processo de desenvolvimento de produtos"?	Sim ou não
	Assinale todas as disciplinas da lista a seguir que você cursou:	SEP0151 - Processo de Desenvolvimento de Produto (Graduação)
		SEP5782 - Processo de Desenvolvimento de Produtos (Pós-graduação)
		Não se aplica
		Outro
	Já participou profissionalmente de algum projeto de desenvolvimento de produto?	Sim, como gerente de produto
		Sim, como membro de equipe
		Sim, como membro externo à organização
		Nunca participei profissionalmente
	Durante sua experiência profissional, fez uso de qualquer tipo de modelo de referência para processos?	Sim
Não		
Não se aplica		

	Você está familiarizado com o Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (Rozenfeld et. al, 2006)?	Sim ou não
	Como você adquiriu conhecimento sobre o Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (Rozenfeld et. al, 2006)?	Cursando uma disciplina que ensinava o Modelo
		Pesquisando/Estudando por conta própria
		Trabalhando em uma empresa que usava um modelo baseado nesse Modelo
		Não se aplica
		Outro
Conhecimento e Experiência sobre modelagem de processos	Você já realizou alguma vez a modelagem de um processo?	Sim ou não
	Como você avalia seu grau de familiaridade com o método de modelagem EPC (Event-driven Process Chain)?	Nunca tomei contato, nem como usuário nem modelando um processo
		Já li/ouvi um pouco sobre o método; tenho uma idéia geral de como funciona mas nunca usei
		Fiz uma vez um trabalho acadêmico ou participei de um projeto onde usávamos um modelo/modelávamos um processo usando EPC
		Usei esporadicamente um modelo elaborado em EPC trabalhando em uma empresa ou realizando uma pesquisa
		Conheço profundamente o método, pois já pesquisei ou trabalhei rotineiramente modelando com EPC ou usando modelos modelados com EPC
	Como você avalia seu grau de familiaridade com o método de modelagem BPMN (Business Modeling Notation)?	Nunca tomei contato, nem como usuário nem modelando um processo
		Já li/ouvi um pouco sobre o método; tenho uma idéia geral de como funciona mas nunca usei
		Fiz uma vez um trabalho acadêmico ou participei de um projeto onde usávamos um modelo/modelávamos um processo usando BPMN
		Usei esporadicamente um modelo elaborado em BPMN trabalhando em uma empresa ou realizando uma pesquisa
		Conheço profundamente o método, pois já pesquisei ou trabalhei rotineiramente modelando com EPC ou usando modelos modelados com BPMN
	Selecione todos os métodos de modelagem com os quais	EPC (Event-driven Process Chain) e similares

	você já teve contato:	BPMN (Business Process Modeling Notation) e similares
		VSM (Value Stream Mapping) e similares
		SADT ( <i>Structured analysis and design technique</i> ) e similares
		Não se aplica
		Outro
Conhecimento e experiência em sistemas computacionais	Há quanto tempo utiliza o computador?	Não utiliza
		Entre 1 e 3 anos
		Entre 3 e 6 anos
		Mais de 6 anos
	Em média, quanto tempo você utiliza o computador semanalmente?	Menos de 5 horas
		Entre 5 e 10 horas
		Mais de 10 horas
Experiência com softwares de modelagem de processos	Você utiliza ou utilizou alguma vez um software de modelagem de processos?	Sim ou não
	Sobre o uso de software para modelagem de processos escolha uma das alternativas:	Utilizo raramente, apenas quando exigido na minha organização
		Utilizo freqüentemente, mas apenas para os principais projetos que conduzo na minha organização
		Utilizo em todos os projetos que conduzo na minha vida profissional, de simples aos mais complexos
		Não se aplica
	Com quais softwares você está familiarizado?	ARPO
		Visio
		PowerPoint
		Bizagi
		Intalio
		Yed
		Aris
		Não se aplica
		Outro

**Apêndice B – Termo de consentimento livre e esclarecido**

Você está sendo convidado para participar da pesquisa para comparar duas formas de visualização do modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos. Você foi selecionado por ser ou ter sido aluno de graduação ou pós-graduação do curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir e retirar o seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. O objetivo deste estudo é avaliar qual vista tradicional (EPC ou BPMN) atende melhor aos propósitos de modelos de referência de PDP, a partir da perspectiva de interação com o usuário. A sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar um conjunto de tarefas e responder questões comparando dois modelos. Não há riscos relacionados à sua participação na pesquisa. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.

Neste termo consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal para que você possa tirar dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

**Pesquisadora: Fernanda Castanha Wurmlí**

**Orientador: Prof. Henrique Rozenfeld**

Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP

Departamento de Engenharia de Produção

Av. Trabalhador São-Carlense, 400 – Centro, CEP: 13566-590, São Carlos/SP - Brasil

**Telefone:** +55 11 94142-0903

**E-mail:** ferwurmlí@gmail.com

Declaro que entendi os objetivos de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

---

Sujeito da pesquisa

### Apêndice C – Gabarito de respostas do teste de usabilidade

	Propósitos	Questão A	Resposta A	Questão B	Resposta B
1	Mostrar relação hierárquica entre atividades	Informe as duas primeiras fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento"	Projeto Informacional	Informe as duas últimas fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento"	Preparação da produção
			Projeto Conceitual		Lançamento do produto
2	Definir atividades padrão e preferidas	Informe as 3 primeiras atividades da fase Projeto Informacional	1.3.1 - Atualizar Plano do Projeto Informacional	Informe as 3 primeiras atividades da fase Projeto Conceitual	1.4.1 - Atualizar o plano do projeto conceitual
			1.3.2 - Revisar e atualizar o escopo do produto		1.4.2 - Modelar funcionalmente o produto
			1.3.3 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes		1.4.3 - Desenvolver princípios de soluções para as funções
3	Definir sequência de atividades	Após encerrar a atividade "Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo" da fase Projeto Detalhado, qual atividade deve ser iniciada?	1.5.8 - Otimizar Produto e Processo	Após encerrar a atividade "Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção, qual atividade deve ser iniciada?	1.6.5 - Homologar processo
4	Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas	A atividade "Projetar recursos de fabricação" pode ser realizada simultaneamente à atividade "Planejar o processo de fabricação e montagem"? (Fase Projeto Detalhado)	Não / após	A atividade "Desenvolver processo de manutenção" pode ser realizada simultaneamente à atividade "Receber e instalar recursos"? (Fase Preparação da Produção)	Não / após
5	Identificar dependências/precedências de atividades/funções via entregas	Liste as atividades que dependem das entregas de saída da atividade "Definir ergonomia e estética" da fase Projeto Conceitual	1.4.8 - Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento	Liste as atividades que dependem das entregas de saída da atividade "Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção	1.6.5 - Homologar processo
			1.4.9 - Selecionar a concepção do produto		1.6.6 - Otimizar produção
6	Definir entregas padrão e entrega padrão principal	Informe as entregas de saída da atividade "Decidir	Informação de fornecedores	Informe as entregas de saída da atividade	Lote piloto produzido

6	Definir entregas padrão e entrega padrão principal	por fazer ou comprar SSCs" da fase Projeto Detalhado	Informação de fornecedores Cotação dos SSCs comprados Decisão make-or-buy	"Produzir lote piloto" da fase Preparação da Produção	Lote piloto produzido Problemas na produção do lote piloto Aprovação final dos recursos
7	Relacionar papéis às atividades	Liste a(s) atividade(s) com a(s) qual(is) o "time de acompanhamento do produto" está relacionado na fase Preparação da Produção	1.6.9 - Desenvolver processo de manutenção	Liste a(s) atividade(s) com a(s) qual(is) o "gerente de custos" está relacionado na fase Projeto Detalhado	1.5.3 - Decidir fazer ou comprar SSCs
			1.6.10 - Ensinar pessoal		1.5.8 - Otimizar produto e processo
8	Relacionar papéis às entregas	Liste a(s) entrega(s) com a(s) qual(is) o "gerente de recursos humanos" está relacionado na fase "Preparação da Produção"	Liste de pessoas envolvidas com processos produtivos	Liste a(s) entrega(s) de entrada e saída) com a(s) qual(is) o "gerente de vendas" está relacionado na fase "Projeto Detalhado"	Documentos gerados
			Funcionários treinados		Documentos compartilhados
9	Mostrar fluxo de dados/informação	A entrega "Planos de processo" é saída/entrada de quais atividades respectivamente? (Fase Projeto Detalhado)	1.5.2 - Criar e detalhar SSCs, documentação e configuração	A entrega "Requisitos funcionais, função global, lista de funções do produto" é saída/entrada de quais atividades respectivamente? (Fase Projeto Conceitual)	1.4.2 - Modelar funcionalmente o produto
			1.5.7 - Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo		1.4.3 - Desenvolver princípios de soluções para as funções
					1.4.4 - Desenvolver as alternativas de solução para o produto
10	Identificar ferramentas e templates padrão	Quais são as melhores práticas sugeridas para a atividade "Planejar fim de vida do produto" da fase Projeto Detalhado?	DFD (Design for Dissassembly)	Quais são as melhores práticas sugeridas para a atividade "Desenvolver processo de distribuição" da fase Lançamento do Produto?	Modelagem de processos
			DFE (Design for Environment)		Sistemas CRM (Customer Relationship Management) Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)
11	Identificar ferramentas e templates padrão	Liste as atividades nas quais a melhor prática "Diagrama de Mudge" é utilizada na fase Projeto Informacional	1.3.5 - Definir requisitos do produto	Liste as atividades nas quais a melhor prática "Catálogos de solução" é utilizada na fase Projeto Conceitual	1.4.3 - Desenvolver princípios de soluções para as funções
			1.3.6 - Definir especificações meta do produto		1.4.5 - Definir arquitetura

<b>12</b>	Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal	Informe as melhores práticas sugeridas para o "Gerente de suprimentos" na fase de "Projeto conceitual"	Análise make-or-buy	Informe as melhores práticas sugeridas para o "Gerente de vendas" na fase de "Projeto Detalhado"	Sistemas PLM (Product Lifecycle Management)
<b>13</b>	Definir responsabilidades e habilidades padrão para papéis e pessoal	Informe as responsabilidades atribuídas ao papel de "Gerente de projetos" segundo o modelo	Responsável por um projeto específico de desenvolvimento e líder de um time de desenvolvimento.	Informe as responsabilidades atribuídas ao papel de "Gerente de Produção" segundo o modelo	Responsável pelo processo produtivo de um determinado produto
<b>14</b>	Definir padrões de qualidade para as entregas padrões	Informe os padrões de qualidade que o modelo fornece para a entrega "Estrutura do produto (BOM)" na fase de "Projeto detalhado"	As informações sobre itens (SSCs) devem estar completas e atualizadas. A estrutura deve mostrar o relacionamento entre itens (SSCs). A estrutura deve mostrar os documentos relacionados com cada um dos itens (SSCs).	Informe os padrões de qualidade que o modelo fornece para a entrega "Concepção escolhida para o produto" na fase de "Projeto conceitual"	A concepção escolhida deve estar de acordo com as especificações-meta do produto. A concepção escolhida deve explorar adequadamente o conceito de modularidade e otimizar o uso de SSCs quando possível. A concepção escolhida deve ter sido concebida prevendo a estratégia de fim de vida do produto.
<b>15</b>	Avaliar complexidade do processo	Informe quantidade de papéis envolvidos na fase Projeto Informacional	7	Informe quantidade de papéis envolvidos na fase Lançamento do Produto	7





Protótipo	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC
Tarefa	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
Descrição das ações	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Preparação o da Produção" (menu)	Clique em "Preparação o da Produção" (menu) e memorize código da fase (1.6)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Preparação o da Produção" (menu) e memorize código da fase (1.6)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Projeto Conceitual" (menu)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Lançamento do Produto" (menu)
	Clique na atividade "Decidir por fazer ou comprar SSCs"		Clique em "Custos" (menu)		Clique em "Recursos Humanos" (menu)		Clique em todas atividades no menu lateral até encontrar a entrega "Planos de processo" (Necessário clicar em 2 atividades)		Clique em "Planejar fim de vida do produto"	Clique em "Desenvolver processo de distribuição"
			Clique em "Time de acompanhamento do produto"		Clique em "Gerente de recursos humanos"		Clique na entrega "Planos de processo"			
					Clique em "Ensinar pessoal"					
# de ações	2	1	3	1	4	1	4	1	2	2
Busca cega	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não

Protótipo	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC	BPMN	eEPC
Tarefa	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15
Descrição das ações	Clique em "Projeto Informacional" (menu)	Clique em "Projeto Conceitual" (menu)	Clique em "Projeto Conceitual" (menu) e memorize código da fase (1.4)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Gestão de Projetos" (menu)	Clique em "Produção" (menu)	Clique em "Projeto Detalhado" (menu)	Clique em "Projeto Conceitual" (menu)	Clique em "Projeto Informacional" (menu)	Clique em "Lançamento do Produto" (menu)
	Clique em todas atividades no menu lateral até encontrar a melhor prática "Diagrama de Mudge" (Necessário clicar em 4 atividades)	Clique em todas atividades no menu lateral até encontrar a melhor prática "Catálogos de solução" (Necessário clicar em 4 atividades)	Clique "Suprimentos" (menu)	Clique em "Gerente de vendas"	Clique em "Gerente de projetos"	Clique em "Gerente de produção"	Clique em todas atividades no menu lateral até encontrar a estrutura do produto (BOM)" (Necessário clicar em 2 atividades)	Clique na entrega "Concepção escolhida para o produto"	Clique em todas atividades no menu lateral e conte a quantidade de papéis envolvidos (Necessário clicar em 6 atividades)	
	Clique na melhor prática "Diagrama de Mudge"	Clique na melhor prática "Catálogos de solução"	Clique em "Gerente de suprimentos"				Clique na entrega "Estrutura do produto (BOM)"			
			Clique em "Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento"							
# de ações	6	6	4	2	2	2	4	2	7	1
Busca cega	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não

## Apêndice E – Exemplo de questionário online para roteiro de entrevistas

### Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

Este teste de usabilidade consiste de 15 atividades, sendo que cada atividade será composta por três tarefas:

- a) Realizar tarefa no modelo A
  - b) Realizar tarefa no modelo B
  - c) Responder a pergunta com escala comparativa
- Ao final de cada tarefa, você deve aguardar enquanto a tela é preparada para a próxima tarefa. Por favor, não use o mouse nem o teclado enquanto aguarda.

Assim que a nova tarefa aparecer na tela, comece a respondê-la imediatamente.

Todas as atividades deste roteiro são obrigatórias.

Obrigada novamente pela sua colaboração e não se esqueça de assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

\* Required

Nome completo \*

Continue »

### Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

\* Required

#### 1.a - Modelo A

Informe as duas primeiras fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento" \*

« Back

Continue »

### Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

#### Por favor aguarde!

Aguarde a preparação das telas para a próxima atividade. Não use o mouse nem o teclado.

« Back

Continue »

## Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

\* Required

### 1.b - Modelo B

Informe as duas últimas fases que compõem a macrofase de "Desenvolvimento" \*



« Back

Continue »

## Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

### Por favor aguarde!

Aguarde a preparação das telas para a próxima atividade. Não use o mouse nem o teclado.

« Back

Continue »

## Roteiro de atividades - Teste de usabilidade

\* Required

### 1.c - Comparação entre os modelos

Avalie os protótipos analisados na escala abaixo de acordo com a sua percepção em relação à facilidade para execução dessa atividade: \*

A escala é comparativa; posicione os protótipos na escala de acordo com a dificuldade relativa para realização das tarefas.

	Muito difícil	Difícil	Conforme esperado	Fácil	Muito fácil
Modelo A	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modelo B	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

« Back

Continue »

### Apêndice F – Análise da eficiência e teste t de student

Ações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Média ações eEPC	1.0	1.4	1.7	1.3	1.7	1.4	2.3	3.0	2.3	2.9	9.5	2.8	2.6	2.4	1.0
Número mínimo de ações eEPC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	6.0	2.0	2.0	2.0	1.0
Intervalo de confiança eEPC	0.0	0.5	0.7	0.5	1.1	0.4	1.1	1.0	2.1	1.6	4.9	0.7	0.8	0.5	0.0
Média ações BPMN	1.0	1.4	1.4	1.4	7.0	2.1	7.5	8.1	6.5	2.8	11.3	8.8	3.0	8.0	8.7
Número mínimo de ações BPMN	1.0	1.0	1.0	1.0	6.0	2.0	3.0	4.0	4.0	2.0	6.0	4.0	2.0	4.0	7.0
Intervalo de confiança BPMN	0.0	0.5	0.4	0.0	0.9	0.6	6.6	5.5	3.3	0.9	7.5	4.1	1.0	7.1	2.7
Esforço relativo eEPC (em relação ao mínimo)	0%	27%	42%	22%	40%	30%	56%	67%	56%	30%	37%	29%	22%	16%	0%
Esforço relativo BPMN (em relação ao mínimo)	0%	27%	30%	30%	14%	7%	60%	51%	38%	27%	47%	55%	33%	50%	19%
T de student	1.000	1.000	0.172	0.805	0.047	0.094	0.273	0.131	0.174	0.857	0.350	0.047	0.200	0.183	0.044
Esforço relativo (BPMN em relação a eEPC)	0%	0%	-17%	11%	320%	50%	233%	171%	189%	-4%	19%	212%	17%	237%	767%

Tempo em segundos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Média segundos eEPC	12.9	12.4	45.2	64.8	34.1	19.8	35.2	43.9	45.6	36.4	46.0	25.5	20.7	38.3	71.3
Intervalo confiança eEPC	2.6	4.1	18.3	21.3	29.6	5.9	25.1	11.1	24.4	24.4	21.9	6.4	8.5	9.2	14.6
Média segundos BPMN	10.9	17.8	40.0	48.5	57.5	18.2	58.6	57.3	46.5	33.3	47.5	48.3	23.5	54.3	138.3
Intervalo confiança BPMN	6.6	8.5	9.3	0.0	32.2	6.5	37.0	34.3	36.7	20.3	29.6	14.8	15.5	29.1	37.4
T de student	0.658	0.197	0.513	0.159	0.515	0.564	0.048	0.472	0.975	0.570	0.817	0.011	0.754	0.310	0.043
Tempo relativo (BPMN em relação a eEPC)	-15%	44%	-12%	-25%	69%	-8%	67%	30%	2%	-9%	3%	89%	13%	42%	94%