

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Guilherme Gomes Martins

Construção de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico

**Juiz de Fora
2016**

Guilherme Gomes Martins

Construção de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: José Maria Nazar David.

Juiz de Fora

2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Martins, Guilherme Gomes.

Construção de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico / Guilherme Gomes Martins. -- 2016.

78 f. : il.

Orientador: José Maria Nazar David

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2016.

1. Serviços de Colaboração. 2. Sistemas Colaborativos. 3. Ecossistemas de Software Científico. I. David, José Maria Nazar, orient. II. Título.

Guilherme Gomes Martins

Construção de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovada em 13 de Setembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. D.Sc. José Maria Nazar David - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D.Sc. Fernanda Cláudia Alves Campos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D.Sc. Rita Suzana Pitangueira Maciel
Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente aos meus pais, Nelma Gomes Martins e Gilmar José Martins, pelo apoio e pelas vibrações positivas que dedicaram a mim durante toda a minha trajetória da pós-graduação, por terem acreditado na minha capacidade e terem ficado ao meu lado quando decidi encarar este desafio.

À minha noiva, Thamara Moreira Souza, por sempre me apoiar, por entender os motivos pelo qual estive ausente, estressado e preocupado, por me perdoar sempre que descontei uma frustração nela, e principalmente, por ter acreditado em mim nos momentos em que nem eu acreditava.

Aos professores Regina Braga, Fernanda Campos e Marco Antônio pelos conhecimentos transmitidos durante toda a caminhada da pós-graduação. Em especial, ao meu orientador José Maria Nazar David, pela paciência, discussões e, principalmente, pela confiança sem as quais este trabalho não seria realizado.

Aos amigos do NEnC, Claudio Lelis, Phillipe Marques, Leandro Simões, Frâncila Neiva, Vitor Freitas, Humberto Dalpra, Marcos Miguel, Tássio Sirqueira, Marcio Arakaki e Anrafel Pereira, pelo convívio, discussões, risadas e pela amizade que certamente levarei por toda a vida.

“Na ciência não existem fracassos, existem lições aprendidas. ”

Claudio Lelis

RESUMO

[Contexto] Experimentos científicos complexos envolvem a utilização de dados e recursos distribuídos que necessitam da colaboração de diversos pesquisadores. Por envolver pesquisadores geograficamente distribuídos, o desenvolvimento de um experimento pode ser caracterizado através de um ecossistema de experimentação científica, onde grupos de pesquisa distribuídos interagem trocando informações para realizar um experimento. Neste contexto, a plataforma E-SECO implementa uma abordagem de ecossistema de software científico com o objetivo de apoiar a experimentação entre grupos de pesquisadores distribuídos. Entretanto, não basta oferecer apenas recursos de colaboração para diferentes grupos de pesquisa. Para que os grupos possam de fato colaborar entre si, é necessário apoiar as suas atividades considerando o contexto de cada um deles, bem como as suas necessidades.

[Objetivo] Diante disso, o objetivo deste trabalho é tratar a falta de um processo para apoiar o desenvolvimento de serviços de colaboração de modo a considerar informações do contexto de cada um dos grupos. Em específico, grupos que utilizam uma plataforma de ecossistema de software científico.

[Método] Para isso, este trabalho apresenta duas estratégias: (i) um processo para o desenvolvimento de serviços de colaboração que considera a abordagem de Linha de Produtos de Software e de uma Arquitetura Orientada a Serviço, e (ii) um mecanismo para apoiar o alinhamento entre os serviços de colaboração considerando-se a necessidade de eles interoperarem.

[Resultados] A partir deste processo, é possível disponibilizar serviços de colaboração que atendam às necessidades específicas de cada grupo de pesquisa e, com o mecanismo de apoio ao alinhamento de seus conceitos, potencializar a interoperabilidade em ecossistemas de software. Podem-se citar como contribuições deste trabalho a apresentação de um processo para o desenvolvimento de serviços de colaboração, um mecanismo de apoio ao alinhamento entre serviços de colaboração, e a investigação de sua viabilidade.

Palavras-chave: Serviços de Colaboração, Sistemas Colaborativos, Ecossistemas de Software Científico

ABSTRACT

[Context] Complex scientific experiments involve the use of distributed data and resources that require the collaboration of several researchers. Considering that they comprise geographically distributed researchers, the conduction of an experiment can be characterized by a scientific experimentation ecosystem in which distributed research groups interact by exchanging information to perform an experiment. In this context, the E-SECO platform implements a software scientific ecosystem approach in order to support the development of services that support the distributed experimentation among groups of researchers. However, it is not enough to only offer collaboration features to support the development of services by different groups. It is also necessary to support its activities considering the context of each of group and their needs, as well as the mechanisms that compose a software ecosystem. **[Objective]** Thus, the objective of this study is to address the lack of a process to support the development of such collaboration services to consider information on the context of each group. In particular, groups which utilize a scientific platform software ecosystem. **[Method]** Therefore, this work presents two strategies: (i) a process for the development of collaborative services that considers the Software Product Line and a Service Oriented Architecture, and (ii) a mechanism to support the alignment between collaboration services considering the need of them to interoperate. **[Results]** Experiments were performed in order to verify the feasibility of the solution. From the proposed process, it is possible to provide collaboration services that fulfill the requirements of each research group and, with the support mechanism for the alignment of its concepts, it is possible to enhance the interoperability of software ecosystems. As contributions it can be cited: present a process for the development of collaboration services, and offer a mechanism to support the alignment between collaboration services.

Keywords: Collaboration Services, Collaborative Systems, Scientific Software Ecosystem

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura da Dissertação | 17 |
| Figura 2 - Elementos de Colaboração (FUKS et al., 2003) | 19 |
| Figura 3 - Ciclo de Vida de um Experimento Científico (adaptado de (FREITAS et al., 2015)) | 22 |
| Figura 4 - Visão Geral da Arquitetura da Plataforma E-SECO (adaptado de (FREITAS et al., 2015)) | 24 |
| Figura 5 - Evolução do Núcleo de Artefatos da Plataforma E-SECO | 31 |
| Figura 6 - Integração do Processo de Desenvolvimento Acrescentado ao Ambiente de Desenvolvimento E-SECO | 32 |
| Figura 7 - Visão Geral do Processo para o Desenvolvimento de Serviços de Colaboração .. | 34 |
| Figura 8 - Detalhamento das Atividades de Criação e Evolução de um Serviço | 35 |
| Figura 9 - Derivação de Serviços de Colaboração | 39 |
| Figura 10 - Modelo de <i>Features</i> do Serviço de Lista de Usuários | 41 |
| Figura 11 - Mapeamento entre o Modelo de <i>Features</i> e a Ontologia de Colaboração | 41 |
| Figura 12 - Fragmento do Arquivo XML de Mapeamento | 42 |
| Figura 13 - Componente <i>Web</i> da Lista de Usuários Derivada | 43 |
| Figura 14 - Mecanismo de Apoio ao Alinhamento entre Serviços de Colaboração | 45 |
| Figura 15 - Ambiente de Validação Semiautomática | 47 |
| Figura 16 - Busca de Serviços de Colaboração com o PRIME | 48 |
| Figura 17 - Alinhamento entre Dois Serviços de Colaboração | 49 |
| Figura 18 - Componente <i>Web</i> da Lista de Usuários Utilizando Informações do Arquivo de Alinhamento | 50 |
| Figura 19 - Modelo de Features da Evolução do Serviço Lista de Usuários | 54 |
| Figura 20 - Mapeamento entre o Modelo de <i>Features</i> e a Ontologia de Colaboração Atualizado | 55 |
| Figura 21 - Componente <i>Web</i> da Evolução da Lista de Usuários Derivada | 56 |
| Figura 22 - Respostas do Questionário de Avaliação do Estudo de Caso Piloto | 57 |
| Figura 23 - Componente <i>Web</i> da Evolução da Lista de Usuários do Estudo de Caso | 60 |
| Figura 24 - Respostas do Questionário de Avaliação do Estudo de Caso | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Trabalhos Relacionados | 28 |
| Tabela 2 - Planejamento Inicial da Lista de Usuários | 40 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| API | <i>Application Developer Interface</i> |
| ECOS | Ecosistema de Software |
| ECOSC | Ecosistema de Software Científico |
| E-SECO | <i>e-Science Ecosystem</i> |
| IoT | <i>Internet of Things</i> |
| LPS | Linha de Produtos de Software |
| LPSC | Linha de Produtos de Software Científico |
| MVC | <i>Model, View, Control</i> |
| NEnC | Núcleo de Engenharia do Conhecimento |
| OWL | <i>Web Ontology Language</i> |
| PRIME | <i>PRagmatic Interoperability to MEaningful collaboration</i> |
| SOA | Arquitetura Orientada a Serviço |
| SOAP | <i>Simple Object Access Protocol</i> |
| SGWC | Sistemas de Gerenciamento de <i>Workflows</i> Científicos |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| UFJF | Universidade Federal de Juiz de Fora |
| W3C | <i>World Wide Web Consortium</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | PRESSUPOSTO TEÓRICO | 18 |
| 2.1 | ONTOLOGIAS | 18 |
| 2.2 | ELEMENTOS DE COLABORAÇÃO | 19 |
| 2.1.1 | Ontologia de Colaboração | 20 |
| 2.3 | CICLO DE VIDA DE UM EXPERIMENTO CIENTÍFICO | 21 |
| 2.4 | ECOSSISTEMA DE SOFTWARE CIENTÍFICO | 23 |
| 2.5 | A PLATAFORMA E-SECO | 24 |
| 2.6 | TRABALHOS RELACIONADOS | 26 |
| 2.7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO | 29 |
| 3 | APOIO AO DESENVOLVIMENTO E EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO | 30 |
| 3.1 | PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO | 30 |
| 3.1.1 | Requisitos do Desenvolvimento de Serviços de Colaboração | 32 |
| 3.1.2 | Desenvolvimento de Serviços de Colaboração | 33 |
| 3.1.3 | Criação e Evolução de Serviços de Colaboração | 35 |
| 3.1.4 | Derivação de Serviços de Colaboração | 38 |
| 3.2 | UTILIZAÇÃO DO PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO | 40 |
| 3.3 | MECANISMO DE APOIO À INTEROPERABILIDADE ENTRE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO | 43 |
| 3.3.1 | Requisitos do Mecanismo de Apoio à Interoperabilidade entre Serviços | 44 |
| 3.3.2 | Funcionamento do Mecanismo de Apoio à Interoperabilidade entre Serviços | 45 |
| 3.3.3 | Funcionamento do Ambiente de Validação Semiautomática | 46 |
| 3.4 | UTILIZAÇÃO DO MECANISMO DE APOIO À INTEROPERABILIDADE ENTRE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO | 48 |
| 3.4.1 | Utilização do Arquivo de Alinhamento | 50 |
| 3.5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO | 51 |
| 4 | AVALIAÇÃO DA PROPOSTA | 52 |
| 4.1 | DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO | 52 |
| 4.2 | PRIMEIRO ESTUDO DE CASO - PILOTO | 53 |
| 4.2.1 | Resultados do Primeiro Estudo de Caso - Piloto | 56 |
| 4.3 | SEGUNDO ESTUDO DE CASO – REGULAR | 59 |
| 4.3.1 | Resultados do Segundo Estudo de Caso - Regular | 60 |
| 4.4 | AMEAÇAS À VALIDADE | 63 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.5. | CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO | 63 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 65 |
| 5.1 | CONTRIBUIÇÕES | 65 |
| 5.2 | LIMITAÇÕES | 66 |
| 5.3 | TRABALHOS FUTUROS | 67 |
| | REFERÊNCIAS | 68 |
| | APÊNDICE A | 71 |
| | APÊNDICE B | 73 |
| | APÊNDICE C | 75 |

1 INTRODUÇÃO

Experimentos científicos são atividades complexas que envolvem a utilização de dados e recursos computacionais, bem como o suporte à colaboração entre pesquisadores geograficamente distribuídos. Neste contexto, *e-Science* se caracteriza como uma área cujo objetivo é apoiar os pesquisadores no desenvolvimento de experimentos em grande escala através de uma infraestrutura computacional e de abordagens, como o uso de *workflows* científicos (MATTOSO et al., 2008).

Sistemas de gerenciamento de *workflows* científicos (SGWC) apresentam modelos que descrevem as dependências entre processos, ou tarefas, no decorrer da execução do experimento, e organizam os recursos necessários para cada um desses processos (FREITAS et al., 2015). Normalmente, cada processo representa um experimento, e cada tarefa deste experimento pode ser realizada por um serviço científico. Pesquisadores colaboram compartilhando serviços científicos desenvolvidos de acordo com as atividades de seu grupo e/ou utilizando outros serviços científicos disponibilizados por grupos geograficamente distribuídos.

Portanto, para realizar um experimento científico, os pesquisadores utilizam diversos serviços de colaboração para apoiar suas atividades, por exemplo, serviço para prototipação de *workflows* científicos, serviço para gerenciamento de grupos, serviço para troca de mensagens, entre outros.

É importante distinguir um serviço científico de um serviço de colaboração. Um serviço científico é um serviço que cumpre uma tarefa de um *workflow* científico, por exemplo, COSTA et al., (2015) apresentam a prototipação de um *workflow* no qual uma de suas tarefas é “Realizar uma busca de regiões na sequência de DNA produzida que devem ser retiradas ou mascaradas”, essa tarefa é cumprida por um serviço científico específico. Um serviço de colaboração é um serviço que apoia as atividades do processo de experimentação, por exemplo, o serviço que organiza a lista de pesquisadores que colaboram durante um experimento.

Portanto, para que a colaboração ocorra de forma efetiva é necessário que tanto os serviços científicos quanto os serviços de colaboração interoperem em diferentes níveis. Neste contexto, a interoperabilidade pode ser definida como a capacidade que diferentes sistemas possuem de usar os recursos uns dos outros (POKRAEV, 2009). A partir daí os sistemas podem compartilhar funcionalidades e informações em diferentes níveis. No nível sintático, por exemplo, os dados devem possuir a mesma sintaxe em todos os sistemas para que eles interoperem. No nível semântico, os dados devem possuir significados equivalentes, mesmo

que a sintaxe não seja a mesma. Por fim, a interoperabilidade pragmática busca garantir que o remetente e o receptor dos dados compartilhem a mesma expectativa sobre o efeito dos dados trocados. Neste caso, o contexto em que elas ocorrem possui um papel fundamental (TOLK e MUGUIRA, 2003).

Considerando-se um ecossistema de software científico (ECOSC), a necessidade de se oferecer suporte à interoperabilidade se torna mais intensa. Isso se deve ao fato de que diferentes tecnologias podem apoiar grupos com características diversificadas, ou seja, cada grupo de pesquisa pode utilizar e desenvolver serviços de colaboração especialmente para as suas necessidades. Um ecossistema de software, segundo MANIKAS e HANSEN (2013), pode ser definido em termos da interação de um conjunto de atores no topo de uma plataforma tecnológica comum que resulta em uma série de soluções de software ou serviços. A partir de estudos relativos a um ecossistema de software, FREITAS et al., (2015) definem um ECOSC como sendo a interação entre fornecedores de software científico, institutos de pesquisa, pesquisadores, órgãos de fomento, instituições financiadoras, e as partes interessadas nos resultados de pesquisa.

Segundo FUKS et al. (2007), para um sistema oferecer suporte ao trabalho colaborativo, ele deve atender a três elementos: comunicação, coordenação e cooperação. Além disso, ele deve ser capaz de prover informações relacionadas aos dados produzidos e utilizados nas atividades realizadas pelos pesquisadores. Por outro lado, apenas oferecer serviços que possuam aspectos de comunicação, coordenação e cooperação aos sistemas não é suficiente para promover a colaboração efetiva entre os pesquisadores. Por exemplo, para apoiar a interoperabilidade nos níveis sintático e semântico, é necessário oferecer suporte para os serviços de colaboração que trocam dados entre diferentes grupos distribuídos.

Para apoiar a interoperabilidade, ontologias são normalmente associadas aos serviços de colaboração para oferecer suporte semântico. Segundo VIVACQUA e GARCIA (2011), uma ontologia sobre colaboração é fundamental, pois é ela que irá estruturar o conhecimento sobre o trabalho em grupo de forma a apoiar o desenvolvimento e a utilização dos elementos de colaboração nos sistemas, além de ajudar a propagar e padronizar termos.

Outro fato que deve ser observado é que a realização de um experimento científico vai além da criação de um *workflow*. Segundo BELLOUM et al., (2011), o ciclo de vida de um experimento pode ser dividido em quatro etapas: (i) Investigação do Problema, (ii) Prototipação do Experimento, (iii) Execução do Experimento e (iv) Publicação dos Resultados. Cada etapa deve possuir apoio específico à colaboração, de modo a integrar os resultados e as informações geradas em cada uma delas. Em cada etapa diferentes ferramentas são utilizadas e necessitam

ser adequadamente representadas. Portanto, desenvolver serviços de colaboração para serem utilizados em plataformas de ecossistemas de software científico é uma atividade complexa que necessita de um suporte adequado.

Para fornecer serviços de colaboração que considerem a complexidade de um ecossistema de software científico, é necessário apoiar o seu desenvolvimento de modo a garantir que tanto os aspectos tecnológicos quanto os de qualidade do ecossistema sejam atendidos. Uma das formas de apoiar o desenvolvimento de serviços de colaboração é por meio da adoção de um processo. Segundo GIMENES e TRAVASSOS (2002), a adoção de processos para apoiar o desenvolvimento de serviços traz benefícios, como, por exemplo, a documentação e o compartilhamento de boas práticas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é apoiar a criação e evolução de serviços de colaboração no contexto de uma plataforma de ecossistema de software científico. Para tal, propõe-se a utilização (i) de um processo de desenvolvimento de serviços de colaboração, e (ii) de um mecanismo que apoie a interoperabilidade entre serviços de colaboração.

O processo de desenvolvimento de serviços de colaboração aborda tanto a criação de novos serviços quanto a evolução de serviços já existentes. Este processo utiliza os conceitos de Linha de Produtos de Software (LPS) e de uma Arquitetura Orientada a Serviço (SOA), de modo a possibilitar a disponibilização de serviços de colaboração que atendam às necessidades específicas de cada instância distribuída. Além disso, a LPS de cada serviço de colaboração é representada por um modelo de *features*, que, por sua vez, é mapeado em uma ontologia de colaboração de modo a agregar mais semântica à sua representação (COSTA et al., 2015). A ontologia de colaboração foi desenvolvida com base nos trabalhos de VIVACQUA e GARCIA, (2011), OLIVEIRA (2009), LIMA (2013) e ZHANG et al., (2014). Considera conceitos referentes aos elementos de colaboração apresentados pelo modelo 3C de Colaboração (FUKS et al., 2007), e as etapas do ciclo de vida de um experimento científico (BELLOUM et al., 2011).

O mecanismo de apoio à interoperabilidade considera as informações dos serviços de colaboração mapeadas na ontologia de colaboração para analisar a possibilidade de interoperabilidade entre eles. Em um primeiro momento, as informações dos serviços que desejam interoperar são transferidas para a ontologia de colaboração como elementos, a partir destas informações são realizados cálculos de similaridade entre elas de modo a criar pares de elementos compatíveis. Em seguida, os pares compatíveis são validados por um especialista do domínio e, após esta validação, um arquivo XML com os pares é gerado. O arquivo gerado poderá ser utilizado para apoiar a troca de informações entre os dois serviços alinhados.

Para apoiar a condução deste trabalho foi utilizada uma plataforma de ECOSC denominada E-SECO (*e-Science Ecosystem*) (FREITAS et al., 2015). Esta plataforma busca apoiar o desenvolvimento de experimentos científicos e, para tanto, considera as etapas do ciclo de vida de um experimento científico. Além disso, ela utiliza uma rede ponto-a-ponto que conecta as diversas instâncias distribuídas do E-SECO.

Para avaliar a proposta, realizou-se um estudo de caso que buscou responder as seguintes questões de pesquisa: (i) Como o processo de desenvolvimento de serviços de colaboração auxilia a evolução de serviços já existentes no ecossistema?; e (ii) Como os serviços derivados de uma LPS criada de acordo com o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração conseguem interoperar entre si? A partir de uma análise qualitativa dos dados coletados, foi possível apresentar evidências sobre a viabilidade da proposta e, conseqüentemente, responder às questões de pesquisa.

Além deste capítulo, este trabalho possui quatro capítulos adicionais, como pode ser observado na Figura 1. O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos relacionados à abordagem proposta, tais como os conceitos de Colaboração, o Ciclo de Vida de um Experimento Científico e a plataforma E-SECO. O Capítulo 3 descreve a abordagem proposta neste trabalho, ou seja, um processo de desenvolvimento de serviços de colaboração e o mecanismo de apoio ao alinhamento entre eles. O Capítulo 4 apresenta o estudo realizado com o intuito de apresentar evidências sobre a viabilidade da proposta. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais deste trabalho.

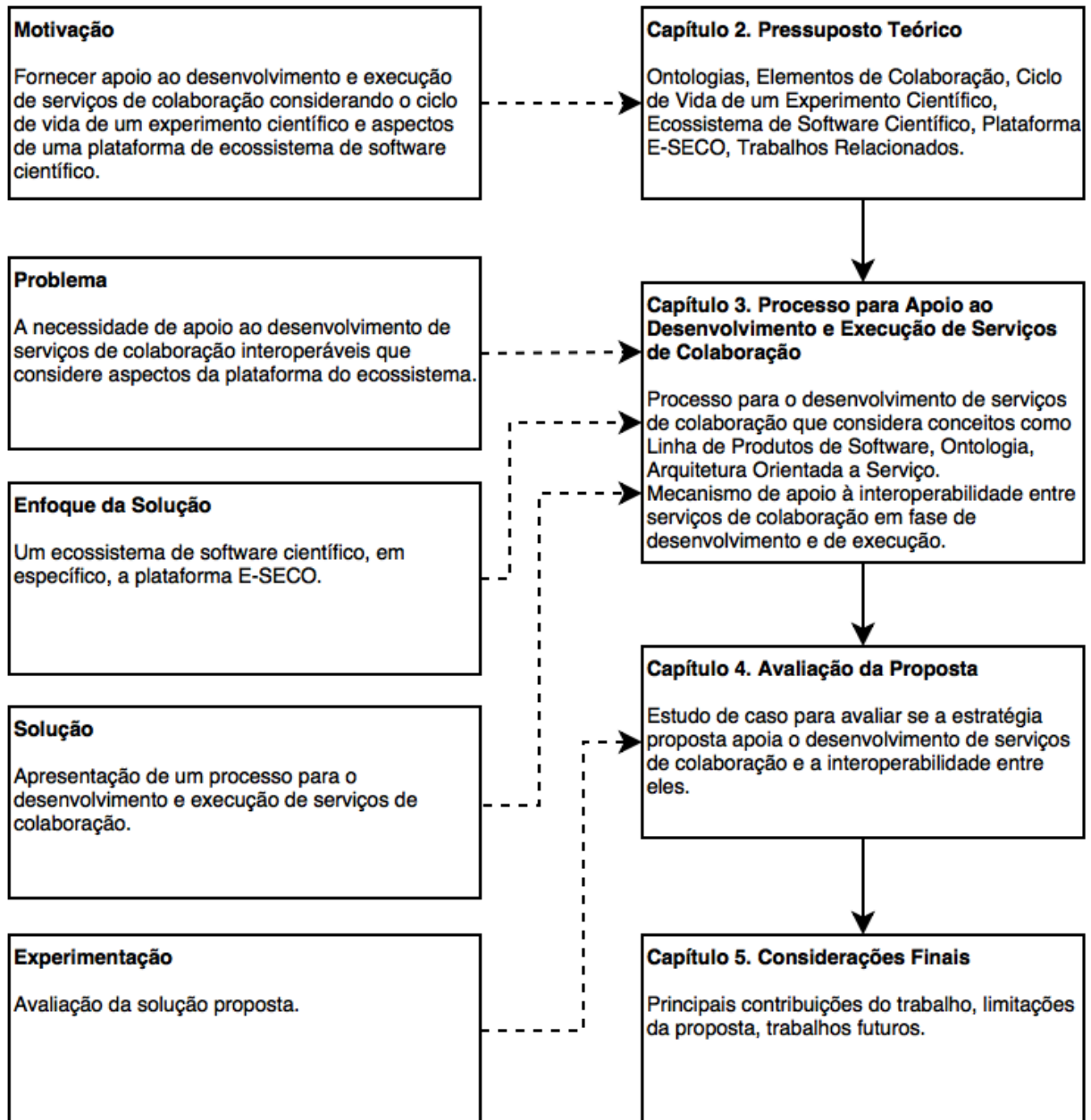


Figura 1 - Estrutura da Dissertação

2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Este capítulo possui o objetivo de apresentar os principais conceitos envolvidos na proposta deste trabalho, tais como: Ontologias, Elementos de Colaboração, Ciclo de Vida de um Experimento Científico, Ecossistema de Software Científico. Além disso, este capítulo apresenta a plataforma E-SECO e os trabalhos relacionados encontrados na literatura.

2.1 ONTOLOGIAS

NECHES et al. (1991) apresentam uma ontologia como sendo responsável por definir os termos e as relações entre esses termos, que compõem o vocabulário de um domínio específico, e também por definir regras para a combinação de termos e relações para estender este vocabulário. No contexto da Ciência da Computação, uma ontologia define uma especificação formal e explícita de um conceito compartilhado, isso permite capturar o entendimento comum de objetos e seus relacionamentos em um determinado domínio (GUARINO, 1998).

Segundo a W3C (*World Wide Web Consortium*), a linguagem padrão para a criação de ontologias é a OWL (*Web Ontology Language*). Através dela é possível descrever classes, restrições dessas classes, subclasses, o relacionamento entre as classes através de propriedades e instâncias pertencentes a elas. Outro fato importante é que a linguagem OWL é baseada em lógica descritiva, o que permite a utilização de operações lógicas capazes de descobrir conhecimentos implícitos presentes na ontologia, e de analisar sua consistência. Esse processo é realizado por uma máquina de inferência (*reasoners*). Com ela, pode-se, por exemplo, descobrir novos relacionamentos entre as classes, compreender melhor os níveis de hierarquia, determinando se uma classe pode ser subclasse de outra, entre outras coisas (COSTA, 2013). Outro recurso presente nas ontologias são as *properties chain*, através delas é possível descobrir informações que estão indiretamente relacionadas.

Um conceito importante para a realização de inferências em uma ontologia é o conceito de mundo aberto. Segundo ele, um determinado conhecimento só existe e pode ser encontrado se ele estiver definido, ou seja, informações implícitas só podem ser descobertas através da utilização de informações explicitamente definidas. Nenhuma suposição pode ser realizada ao se inferir um novo conhecimento, ou seja, se uma informação não está presente na ontologia, não se pode afirmar que ela não existe durante a inferência (JOHANSEN et. al., 2010).

Como pode ser observado, utilizar uma abordagem ontológica apresenta diversos benefícios, tais como a possibilidade de inferir novos conhecimentos e de padronizar termos e conceitos de um determinado domínio. A seguir, os elementos de colaboração serão apresentados, assim como uma ontologia criada com o intuito de modelar estes elementos.

2.2 ELEMENTOS DE COLABORAÇÃO

Atividades complexas de desenvolvimento de software ou de pesquisa necessitam, cada vez mais, do suporte à interação de especialistas e de recursos. Para isso, são criados grupos onde os membros interagem de forma a permitir a discussão de soluções e a tomada de decisões (FUKS et al., 2003).

A colaboração entre os membros de um grupo possibilita executar tarefas complexas que necessitam de habilidades multidisciplinares, permitindo que o grupo se complemente através do auxílio mútuo. Além disso, prepara cada membro do grupo para negociar, liderar, ter responsabilidade, se comunicar, coordenar, cooperar (FUKS et al., 2007; FUKS et al., 2003).

Com o intuito de responder “como” e “porque” as pessoas trabalham em grupo, FUKS et al. (2007) definem o Modelo de Colaboração 3C (Figura 1). Neste modelo é definido que os membros de um grupo necessitam do suporte à (i) comunicação, (ii) cooperação e (iii) coordenação para que a colaboração ocorra de forma efetiva. Estes três elementos de colaboração são apoiados pela (iv) percepção, que é responsável por auxiliar os membros do grupo a identificarem e terem consciência das tarefas desempenhadas pelo grupo como um todo.

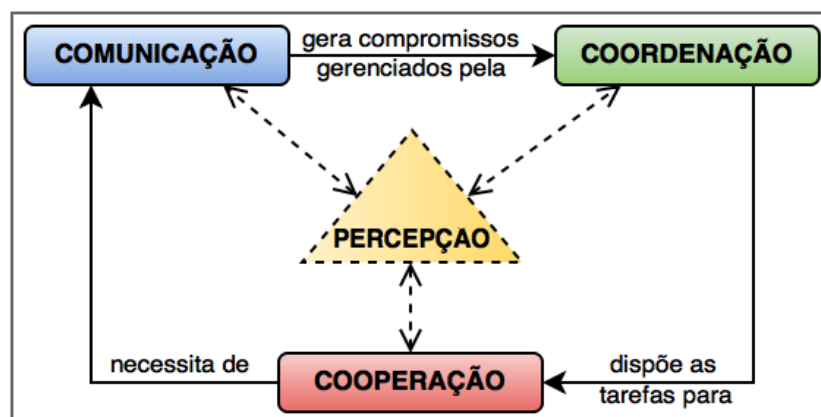


Figura 2 - Elementos de Colaboração (FUKS et al., 2003)

A Figura 2 apresenta o relacionamento entre os elementos de colaboração. De acordo com a Figura 2: (i) a comunicação está relacionada à troca de mensagens e informações entre os pesquisadores; (ii) a coordenação está relacionada à gestão das pessoas e da interdependência das atividades, tarefas e recursos; (iii) a cooperação está relacionada com a realização de atividades em comum em um ambiente compartilhado; e (iv) a percepção está relacionada ao modo como os pesquisadores compreendem as atividades e processos existentes.

Com o objetivo de unir os benefícios oriundos do uso de ontologias com os conceitos referentes aos elementos de colaboração, VIVACQUA e GARCIA (2011) apresentam uma ontologia que representa o domínio de sistemas colaborativos. Esta ontologia será abordada na subseção seguinte.

2.2.1 Ontologia de Colaboração

Segundo VIVACQUA e GARCIA (2011), uma ontologia sobre colaboração é fundamental, pois é ela que irá estruturar o conhecimento sobre o trabalho em grupo de forma a apoiar o desenvolvimento e a utilização dos elementos de colaboração nos sistemas, além de ajudar a propagar e padronizar termos. Diante disso, VIVACQUA e GARCIA (2011) apresentam uma ontologia para colaboração dividida em quatro módulos: (i) formação de grupos, (ii) comunicação, (iii) coordenação e (iv) cooperação. Os três últimos são referentes ao Modelo de Colaboração 3C (FUKS et al., 2007). A seguir, estes quatro módulos são descritos:

- **Formação de grupos:** os principais motivos que levam à criação de um grupo, podem ser, por exemplo, a necessidade de colaboração para resolver um problema em comum ou a exigência de uma entidade organizadora. Alguns elementos apresentados neste módulo são: Participante, Grupo, Objetivos, Competência, Motivação, entre outros.
- **Comunicação:** envolve a troca de informação entre duas ou mais pessoas (não necessariamente pertencentes ao mesmo grupo), que pode ocorrer, por exemplo, de forma textual, verbal, ou até mesmo por sinais. Um aspecto importante para a efetiva troca de informação é o estabelecimento de um protocolo de comunicação. Isso garante que todos os envolvidos irão compreender a informação da mesma forma. Alguns elementos apresentados neste módulo são: Mensagem, Protocolo de Comunicação, Emissor, Receptor, Forma, Sincronismo, entre outros.
- **Coordenação:** após a definição de um objetivo, o projeto costuma ser dividido em atividades e tarefas menores para que os esforços possam ser realizados de forma paralela, alcançando o objetivo com mais rapidez. Contudo, as atividades e tarefas

costumam ser interdependentes, o que gera a necessidade de acompanhamento de sua execução para garantir que o objetivo seja cumprido de forma eficiente. Alguns elementos apresentados neste módulo são: Plano de Trabalho, Prazo, Papel, Política, entre outros.

- **Cooperação:** algumas atividades e tarefas de um projeto podem ser realizadas de forma conjunta, o que exige um espaço compartilhado (que pode ser virtual). Este espaço compartilhado auxilia as ações conjuntas e a partilha de recursos. Alguns elementos apresentados neste módulo são: Atividade, Tarefa, Produto, Recurso, Espaço Compartilhado, entre outros.

A Ontologia de Colaboração utilizada para apoiar a criação de serviços de colaboração neste trabalho é a apresentada em (MARTINS et al., 2015). Esta ontologia foi desenvolvida com base nos conceitos apresentados nos trabalhos de (VIVACQUA e GARCIA, 2011), OLIVEIRA (2009), LIMA (2013) e ZHANG et al., (2014), considera conceitos referentes aos elementos de colaboração apresentados pelo modelo 3C de Colaboração (FUKS et al., 2007). Além disso, a ontologia relaciona conceitos sobre o ciclo de vida de um experimento científico (BELLOUM et. al., 2011), uma vez que os serviços de colaborações podem variar de acordo com a etapa do ciclo de vida em que está inserida. A seguir, serão apresentados os conceitos referentes ao ciclo de vida de um experimento científico.

2.3 CICLO DE VIDA DE UM EXPERIMENTO CIENTÍFICO

Experimentos científicos complexos, cada vez mais, são desenvolvidos por meio da colaboração entre diversos pesquisadores, que muitas vezes se encontram geograficamente distribuídos. Ao tratar experimentos distribuídos, existe a necessidade de se fornecer serviços de colaboração para apoiar a troca de informações entre os pesquisadores. Entretanto, não basta fornecer serviços de colaboração, uma vez que um experimento está inserido dentro de um ciclo de vida onde cada etapa possui necessidades específicas que devem ser consideradas (BELLOUM et. al., 2011).

Pode-se encontrar na literatura algumas propostas referentes ao ciclo de vida de um experimento (DEELMAN e GIL, 2006; OINN et. al., 2007; MATTOSO et. al., 2009; BELLOUM et. al., 2011; HOLL et. al., 2012). Este trabalho considera o ciclo de vida de um experimento científico proposto por FREITAS et al., (2015), que é uma extensão do ciclo apresentado por BELLOUM et. al., (2011).

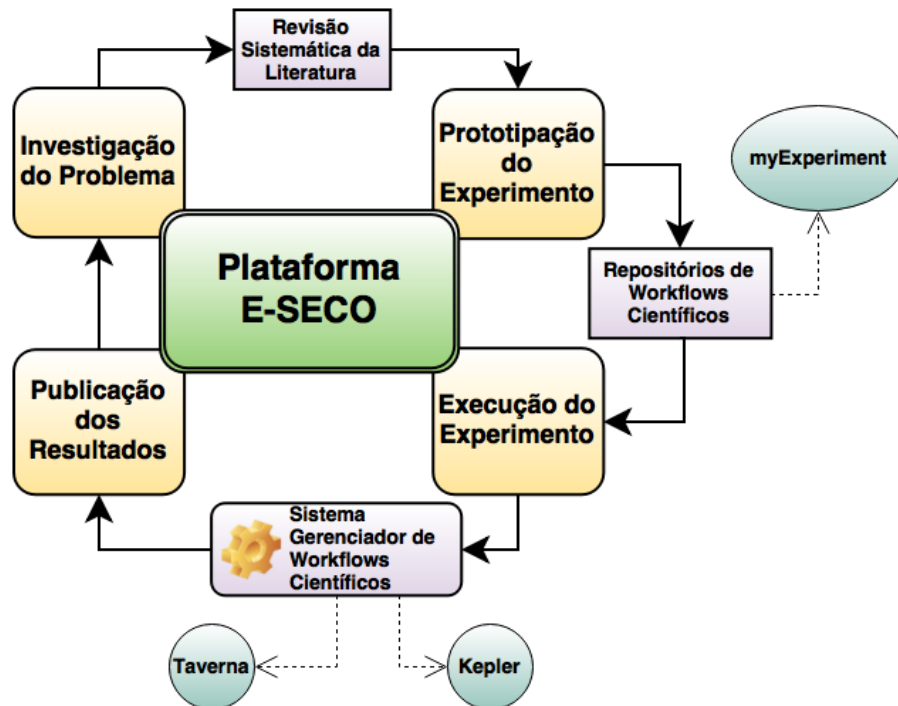


Figura 3 - Ciclo de Vida de um Experimento Científico (adaptado de (FREITAS et al., 2015))

Como pode ser observado na Figura 3, o ciclo de vida considerado possui quatro etapas, tais como: (i) Investigação do Problema, (ii) Prototipação do Experimento, (iii) Execução do Experimento e (iv) Publicação dos Resultados. Conforme apresentado em FREITAS et al., (2015), durante a primeira etapa (i), a equipe de pesquisa procura experimentos relacionados, interage com outros pesquisadores, define seus objetivos de pesquisa e desenvolve o projeto do experimento especificando, entre outras coisas, as atividades que deverão ser executadas. Dependendo da necessidade, a equipe pode realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007) para fundamentar seu experimento. Na segunda etapa (ii), a equipe inicia a prototipação do experimento, desenvolvendo todas as atividades necessárias para a concepção do *workflow* científico, ou pesquisando serviços que realizem as atividades em repositórios de workflows, como, por exemplo, o myExperiment¹. Na terceira etapa (iii), a equipe executa o *workflow* científico, desenvolvido na etapa anterior, em um sistema gerenciador de *workflows* científicos, como, por exemplo, o Kepler² ou o Taverna³. Além disso, os resultados obtidos pela execução do *workflow* são analisados. Por fim, na quarta etapa (iv), a equipe publica os resultados apresentados pelo experimento em um repositório científico.

¹ <http://www.myexperiment.org>

² <https://kepler-project.org>

³ <http://www.taverna.org.uk>

Para fornecer apoio à colaboração em todas as etapas do ciclo de vida de um experimento científico, é necessário conhecer os elementos de colaboração disponibilizados na LPS e como cada um destes elementos pode ser utilizado em cada etapa do ciclo de vida, de modo a integrar as informações geradas em cada etapa.

2.4 ECOSSISTEMA DE SOFTWARE CIENTÍFICO

Um ecossistema de software, segundo MANIKAS e HANSEN (2013), pode ser definido em termos da interação e colaboração de um conjunto de atores que utilizam uma plataforma tecnológica comum que apresenta uma série de soluções de software ou serviços. Segundo IANSITI e LEVIEN (2014), um ecossistema é composto por uma entidade centralizadora, uma plataforma e um conjunto de agentes de nicho. A entidade centralizadora é responsável pelo desenvolvimento da plataforma e pelo gerenciamento das interações com as partes externas. Os agentes de nicho são aqueles que influenciam o desenvolvimento do ecossistema. Pode-se citar como exemplo, o ecossistema para dispositivos móveis Android. No Android têm-se o Google como a entidade centralizadora, o Android como a plataforma e os desenvolvedores de aplicativos e fabricantes de dispositivos móveis como agentes de nicho. Nesse exemplo, o Google gerencia o relacionamento entre a plataforma Android e os desenvolvedores externos e as empresas fornecedoras de dispositivos móveis, tais como a Samsung e a Motorola. Os desenvolvedores externos desenvolvem aplicativos para a plataforma Android, os quais são comercializados na loja virtual do Google, o que gera receita tanto para o Google quanto para os desenvolvedores externos. Estes relacionamentos valorizam a plataforma e melhoram a experiência de sua utilização para os usuários finais.

A partir de estudos relativos a um ecossistema de software, FREITAS et al., (2015) definem um ecossistema de software científico como sendo a interação entre fornecedores de software científico, institutos de pesquisa, pesquisadores, órgãos de fomento, instituições financiadoras, e as partes interessadas nos resultados de pesquisa.

No contexto deste trabalho tem-se o ecossistema de software científico E-SECO, onde o grupo de pesquisa NEnC (Núcleo de Engenharia do Conhecimento) da UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) atua como a entidade centralizadora, o E-SECO como plataforma, e os alunos de mestrado e de graduação assumem o papel de desenvolvedores externos, como agentes de nicho. A seguir, a plataforma E-SECO será apresentada.

2.5 A PLATAFORMA E-SECO

A plataforma E-SECO (*e-Science Ecosystem*) apresenta uma arquitetura proposta para o desenvolvimento de experimentos científicos no contexto de uma abordagem de Linha de Produtos de Software Científico (LPSC). A plataforma utiliza uma infraestrutura que adota a abordagem de ecossistemas de software científico, e que prevê a utilização de uma rede ponto a ponto semântica para a interação entre as instâncias da aplicação (FREITAS et al., 2015).

A Figura 4 apresenta a visão geral da arquitetura da plataforma E-SECO, seus principais componentes serão descritos a seguir:

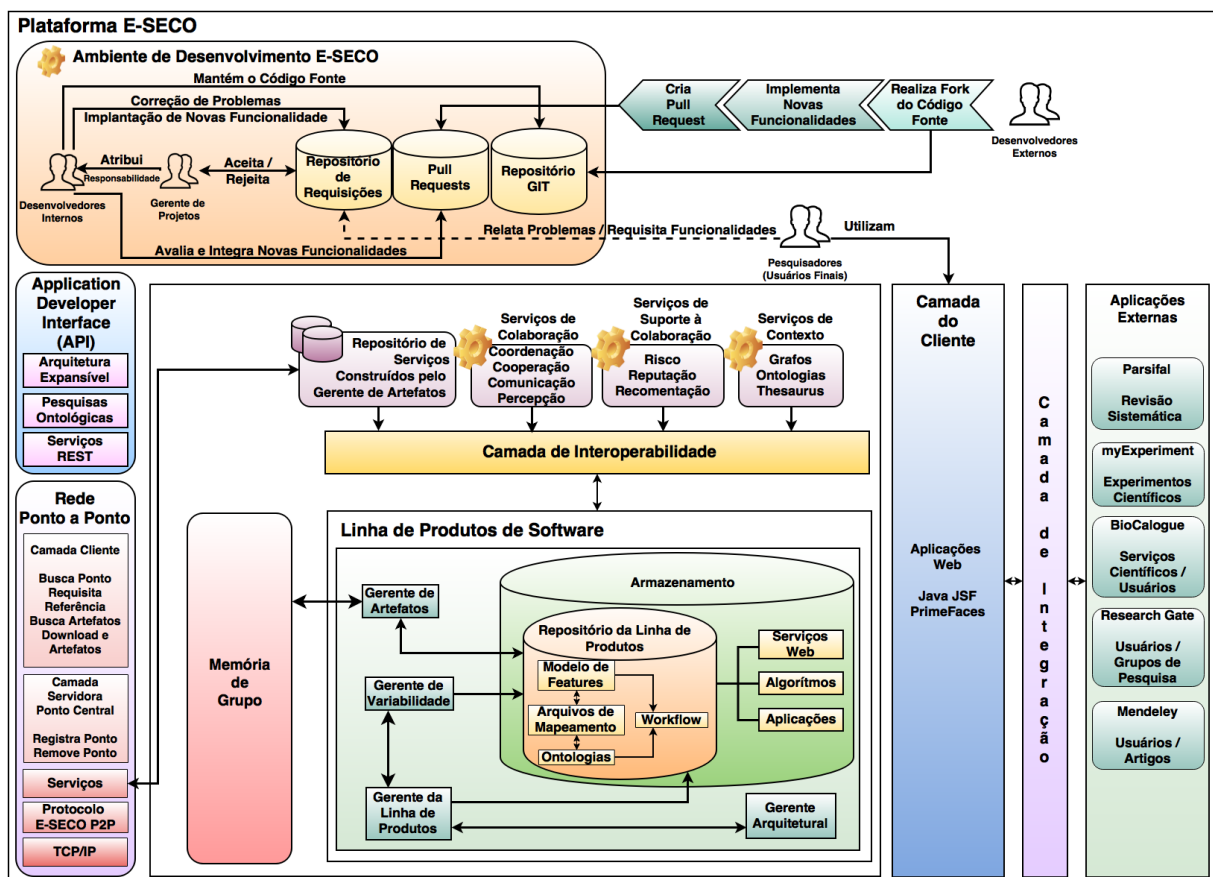


Figura 4 - Visão Geral da Arquitetura da Plataforma E-SECO (adaptado de (FREITAS et al., 2015))

- Repositório da Linha de Produtos:** apresenta os mecanismos para a concepção de *workflows* científicos através de objetos presentes no repositório da LPSC (COSTA et al., 2015). Esse repositório contém, entre outras coisas, (i) modelos de *features*, que apresentam os componentes da LPSC, (ii) ontologias, que apresentam as restrições e as relações entre os termos do domínio do modelo de *features*, e (iii) arquivos de

mapeamento, que relacionam uma classe da ontologia a uma *feature* do modelo de *features*. Nessa LPSC, cada *feature* do Modelo de *Features* representa um serviço científico que será utilizado para cumprir uma tarefa do *workflow* científico.

- **Memória de Grupo:** utilizada para prover informações de percepção e contexto aos pesquisadores durante a concepção de *workflows* científicos. Ela é composta por um banco de dados relacional e uma ontologia de aplicação, que são utilizados para armazenar o histórico das atividades desempenhadas pelos pesquisadores, e, a partir desse histórico, fornece informações de percepção e contexto (PEREIRA et al., 2013). É importante ressaltar que a memória de grupo atende apenas a atividade de concepção de *workflows* científicos, que corresponde à segunda etapa do ciclo de vida de um experimento, a etapa de Prototipação do Experimento.
- **Ambiente de Desenvolvimento E-SECO:** representa a forma como a plataforma E-SECO é evoluída. O código fonte do E-SECO está disponível no repositório GitHub⁴, de forma *open source*, para que a comunidade de desenvolvedores possa contribuir para a sua manutenção e evolução. Além disso, os usuários da plataforma podem contribuir para sua evolução relatando problemas encontrados durante sua utilização ou solicitando novas funcionalidades.
- **Camada do Cliente:** é a camada da arquitetura responsável pela interação com o usuário. Ela é desenvolvida como uma interface *web*.
- **Camada de Integração:** camada responsável por mediar a comunicação dos recursos do E-SECO com as APIs (*Application Developer Interface*) externas anexadas a ela, como, por exemplo, o myExperiment⁵ e o Parsifal⁶.
- **Rede Ponto-a-Ponto:** possibilita a troca de informações entre instâncias distribuídas do E-SECO. A partir dela os usuários podem, por exemplo, realizar trocas de informações sobre experimentos e buscar novos artefatos em outras instâncias do sistema para aprimorar sua LPSC. Isso forma um ecossistema através do qual cada instância compartilha recursos e serviços que podem ser utilizados por outras instâncias.
- **Camada de Interoperabilidade:** responsável por analisar a interoperabilidade entre os serviços científicos presentes no E-SECO. Nesta camada encontra-se a abordagem PRIME (*PRagmatic Interoperability to MEaningful collaboration*) (NEIVA et al., 2015). Ela apoia a busca de serviços científicos em diversas instâncias do E-SECO com

⁴ <https://github.com/pgcc/plscience-ecos/>

⁵ <http://www.myexperiment.org/>

⁶ <https://parsif.al/>

base em parâmetros sintáticos, semânticos e pragmáticos. Ao realizar uma busca, o usuário recebe uma lista de serviços científicos ranqueada da mais ao menos indicado para interoperar segundo os parâmetros informados. A partir da lista ranqueada, o usuário escolhe o serviço que melhor se adequa a seu contexto. Assim como a memória de grupo, PRIME é utilizada para auxiliar a concepção de *workflows* científicos durante a etapa de Prototipação do Experimento.

O E-SECO apoia as quatro etapas do ciclo de vida de um experimento, fornecendo um ambiente colaborativo para a investigação do problema, o desenvolvimento, a execução e a publicação de resultados dos *workflows* científicos. Para que a colaboração seja efetivamente efetuada, necessita-se de uma estratégia para apoiar a interoperabilidade entre os serviços de colaboração localizados em instâncias distintas. A seguir, serão apresentados os trabalhos relacionados.

2.6 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem alguns trabalhos na literatura que apoiam a colaboração no contexto de *e-Science*. Os trabalhos selecionados apresentam soluções que abordam (i) a utilização de ontologias para apoiar a colaboração, (ii) o desenvolvimento de uma LPS, por meio de um processo, (iii) e a utilização de uma LPS de serviços de colaboração.

ZHANG et al., (2014) apresentam Confucius, uma ferramenta de suporte à concepção colaborativa de *workflows* científicos por meio do apoio de uma ontologia de proveniência. Confucius foi desenvolvido a partir do sistema Taverna, um sistema de gerenciamento de *workflow* de código aberto. Confucius se baseia no rastreamento das interações humanas durante o processo de concepção de um *workflow*, gravando-as com o apoio da ontologia de proveniência. Segundo os autores, essa ontologia é centrada nos conceitos de *workflow*, que compreendem, por exemplo, a organização de tarefas, a ligação entre os dados, e a definição de pré-requisitos. Em suma, esta ontologia armazena informações sobre as atividades, usuários envolvidos com a concepção, nível de acesso de cada usuário a cada atividade do *workflow*, e as provê ao sistema para apoiar a coordenação do processo.

Apesar de Confucius fornecer apoio à colaboração, este apoio não ocorre de forma completa, por exemplo, Confucius não oferece serviços de comunicação para apoiar pesquisadores em experimentos geograficamente distribuídos. Além disso, ele não possui um meio para adaptar os serviços de colaboração oferecidos de acordo com as necessidades dos grupos de pesquisa que o utilizaram. Por fim, ele não apoia todas as etapas do ciclo de vida de

um experimento científico, ou seja, apoia apenas as etapas de concepção e de execução de *workflows*.

MIRANDA et al., (2014) apresentam CollabCumulus, uma abordagem que auxilia a análise e a consulta de dados de proveniência produzidos pela execução de *workflows* científicos em ambientes distribuídos. Seu objetivo é abstrair para os pesquisadores a estrutura e a linguagem de consulta ao banco de dados que os apoia nos experimentos. Para isso, CollabCumulus apresenta um portal, que funciona como uma rede social, que se comunica com a base de dados de proveniência, de modo a possibilitar que um pesquisador realize e compartilhe suas análises e opine sobre as análises de outros pesquisadores.

Assim, como o trabalho anterior, este trabalho não fornece apoio à colaboração de modo a considerar as necessidades específicas dos grupos de pesquisa. Além disso, a abordagem não apresenta uma proposta para apoiar a criação de novos serviços de colaboração ou evoluir os serviços existentes. Por fim, assim como no trabalho anterior, ele não apoia todas as etapas do ciclo de vida de um experimento científico, fornecendo suporte apenas às etapas de publicação dos resultados e investigação do problema.

GADELHA et al., (2009) apresentam uma LPS para a derivação de serviços de colaboração. Essa LPS foi construída a partir da análise de algumas aplicações colaborativas de modo a representar as semelhanças e diferenças nelas encontradas. Esta abordagem se baseia no Modelo de Colaboração 3C (FUKS et al., 2003) para orientar o desenvolvedor a selecionar os conceitos de colaboração desejados no serviço.

Assim como a proposta de GADELHA et al., (2009), esta pesquisa se baseia no Modelo 3C para organizar os conceitos de colaboração, entretanto, estes conceitos são utilizados por meio de uma Ontologia de Colaboração (MARTINS et al., 2015). Outro detalhe sobre a proposta de GADELHA et al., (2009) é que ela não possui um domínio de aplicação específico, o que prejudica a adequação dos serviços de colaboração segundo as necessidades dos diversos grupos de pesquisa.

GIMENES e TRAVASSOS (2002) apresentam um estudo sobre o desenvolvimento de software utilizando os conceitos de uma LPS. Seu objetivo é abordar as três atividades principais para o desenvolvimento de uma linha de produtos, são elas: o desenvolvimento do núcleo de artefatos, desenvolvimento do produto e gerenciamento da linha de produtos. A partir daí os autores apresentam um processo para o desenvolvimento de um LPS que relaciona essas atividades.

O trabalho de GIMENES e TRAVASSOS (2002), assim como o de GADELHA et al., (2009), não possui um domínio de aplicação específico, o que implica que o processo

apresentado por eles não leva em consideração as necessidades e os aspectos específicos do domínio da LPS. Esta pesquisa apresenta um processo que considera tanto os conceitos LPS e os aspectos específicos de um ECOSC.

A Tabela 1 apresenta um resumo das características observadas em cada trabalho de forma a sintetizar as semelhanças e diferenças entre eles e a solução proposta. As seguintes características foram consideradas: (i) os trabalhos que apresentam um processo que apoie o desenvolvimento de serviços; (ii) os trabalhos que apresentam alguma proposta para a adaptação dos serviços de colaboração às necessidades de seus usuários; (iii) os trabalhos que utilizam ontologias para apoiar a colaboração; (iv) os trabalhos que apoiam a interoperabilidade entre instâncias distribuídas de sua aplicação.

Tabela 1 - Trabalhos Relacionados

| Trabalhos | Processo de Desenvolvimento | Adaptação dos Serviços de Colaboração | Ontologia | Suporte à Interoperabilidade |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| ZHANG et al., (2014) | Não | Não | Ontologia de Proveniência | Não |
| MIRANDA et al., (2014) | Não | Não | Não | Não |
| GADELHA et al., (2009) | Não | LPS | Não | Não |
| GIMENES e TRAVASSOS (2002) | Sim | Não | Não | Não |
| Solução Proposta | Sim | LPS | Ontologia de Colaboração | Sim |

A maioria dos trabalhos apresentados abordam soluções para a apoiar a colaboração entre seus usuários. Entretanto, como pode ser observado na Tabela 1, apenas GADELHA et al. (2009) abordam uma forma de adaptar seus serviços de colaboração de acordo com as necessidades de seus usuários. Para isso, os autores utilizam uma LPS para gerar uma aplicação com diversos serviços de colaboração. Além disso, apenas ZHANG et al. (2014) utilizam uma

ontologia para apoiar a colaboração entre os usuários de modo a registrar as atividades desempenhadas por eles. Esta pesquisa propõe a utilização de uma ontologia de colaboração (MARTINS et al., 2015) para apoiar tanto o desenvolvimento de serviços de colaboração quanto a troca de informações entre serviços localizados em instâncias distribuídas. Outro ponto a ser destacado é que apenas GIMENES e TRAVASSOS (2002) apresentam um processo para apoiar o desenvolvimento de uma LPS. Contudo, esse processo é genérico, ou seja, não leva em consideração contextos específicos como, por exemplo, um ecossistema de software. Por fim, nenhum dos trabalhos apresentados oferecem apoio à interoperabilidade entre instâncias distribuídas das aplicações, o que é uma necessidade em um ECOSC.

As características acima destacadas demonstram a necessidade de um processo que apoie o desenvolvimento de serviços de colaboração, e que considere: (i) que os serviços pertencem a uma LPS, (ii) que os serviços estão associados a uma ontologia de colaboração, e (iii) que os serviços serão utilizados em um cenário específico, como, por exemplo, de experimentação científica distribuída.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os principais conceitos envolvidos na proposta deste trabalho, tais como Ontologias, Elementos de Colaboração, Ciclo de Vida de um Experimento Científico, Ecossistema de Software Científico e a plataforma E-SECO. Esta plataforma é utilizada para a aplicação do processo de desenvolvimento de serviços de colaboração, e do mecanismo de apoio à interoperabilidade, propostos por este trabalho.

Além disso, foram apresentados alguns trabalhos que apresentam propostas para apoiar a colaboração. Entretanto, nenhum deles considera os aspectos presentes no ambiente de um ecossistema de software científico. No próximo capítulo serão apresentados (i) o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração e, (ii) o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre os serviços de colaboração.

3 APOIO AO DESENVOLVIMENTO E EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO

Este capítulo apresenta a proposta deste trabalho e pode ser dividido em duas partes principais. A primeira parte apresenta um processo para apoiar o desenvolvimento de serviços de colaboração. Esse processo considera aspectos específicos da plataforma do ecossistema, tais como a utilização de uma Linha de Produto de Software (LPS) para o desenvolvimento dos serviços de colaboração, e o mapeamento entre a LPS e uma ontologia de domínio, ou seja, a Ontologia de Colaboração. A segunda parte apresenta o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração. O mecanismo de apoio à interoperabilidade utiliza as informações geradas pela LPS, seu mapeamento com a Ontologia de Colaboração e os dados fornecidos ao serviço de colaboração pelos grupos de pesquisa para apoiar a troca de informações entre eles.

3.1 PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO

Para desenvolver serviços de colaboração, no contexto do E-SECO, os desenvolvedores devem seguir o processo de desenvolvimento proposto de acordo com a plataforma do ecossistema. Este processo tem por objetivo auxiliar as tarefas de desenvolvimento, tanto da criação quanto da evolução, de serviços de colaboração, de modo a apoiar a variabilidade, especificidade e interoperabilidade entre os serviços desenvolvidos (ARAKAKI et al., 2016).

Ao se desenvolver um serviço de colaboração, o mesmo será integrado à plataforma do ecossistema e poderá ser utilizado por qualquer instância do E-SECO, de acordo com suas necessidades. Para isso, o processo de desenvolvimento envolve os conceitos de Linha de Produtos de Software (LPS), utilizando um repositório *online* como núcleo de artefatos, para apoiar o desenvolvimento dos serviços de colaboração desse repositório. Como pode ser observado na Figura 5, através das linhas vermelhas, o núcleo de artefatos da plataforma E-SECO foi evoluído de modo a agregar a LPS de serviços de colaboração, bem como o seu gerenciamento, para apoiar a derivação e utilização desses serviços pelas instâncias do E-SECO.

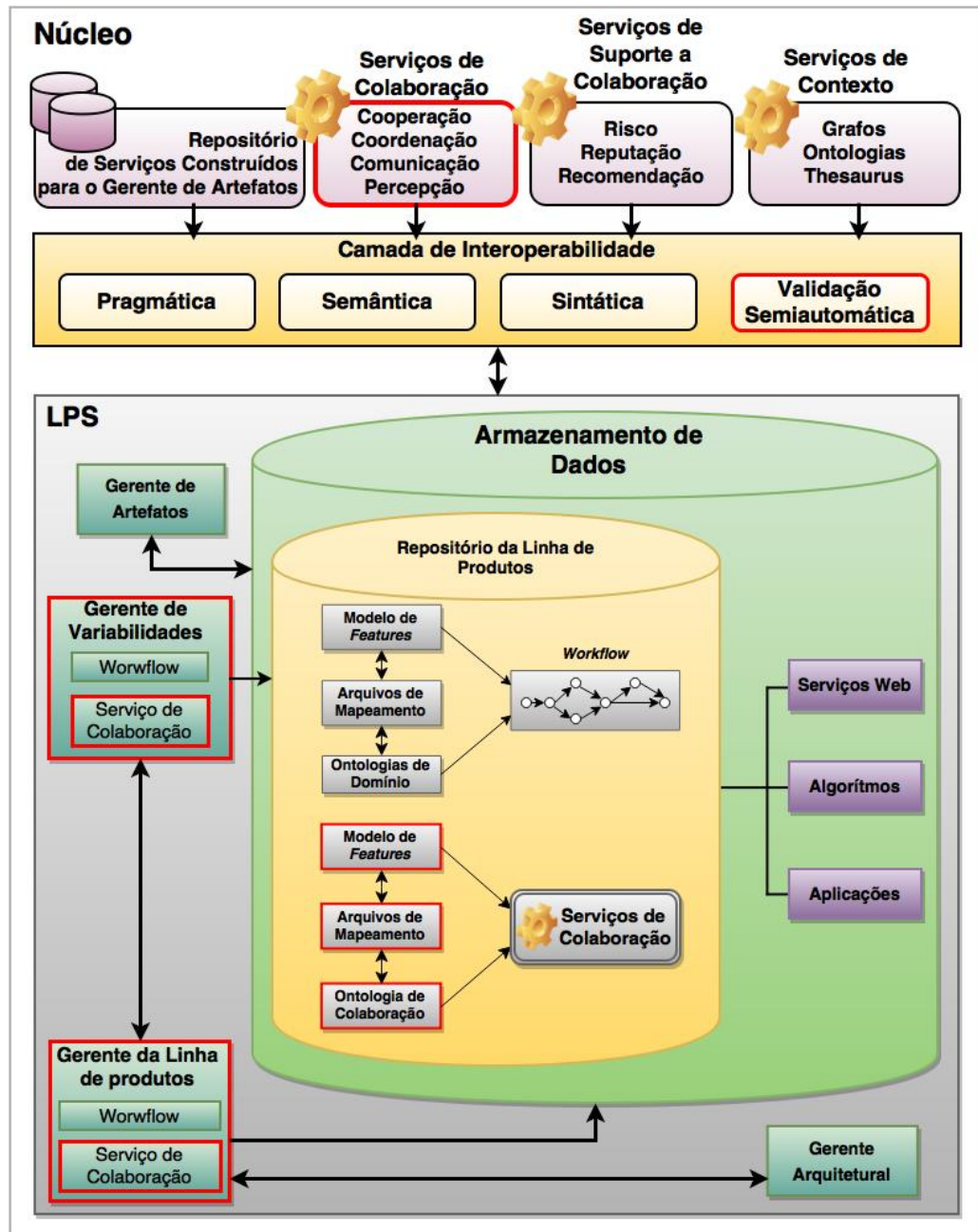


Figura 5 - Evolução do Núcleo de Artefatos da Plataforma E-SECO

Segundo GIMENES e TRAVASSOS (2002), a adoção de processos para apoiar o desenvolvimento de serviços que compõem a LPS, traz benefícios, como, por exemplo, a documentação e o compartilhamento de boas práticas. No E-SECO, as boas práticas, representadas por meio do processo proposto, visam garantir serviços reutilizáveis e compatíveis com a plataforma, e o contínuo atendimento aos requisitos não funcionais demandados por um ECOSC. Adicionalmente, pode diminuir a complexidade do desenvolvimento de serviços, uma vez que os desenvolvedores agora possuem um processo para guiá-los.

Dessa forma, acredita-se que, sem um processo para auxiliar o desenvolvimento de serviços de colaboração, estes poderão ser construídos sem uma adequação às funcionalidades já existentes na plataforma do E-SECO (FREITAS *et al.*, 2015). Por exemplo, serviços devem estar alinhados ao suporte à interoperabilidade, à busca e recuperação de serviços, entre outros. A Figura 6 apresenta a integração do processo de desenvolvimento proposto ao ambiente de desenvolvimento E-SECO.

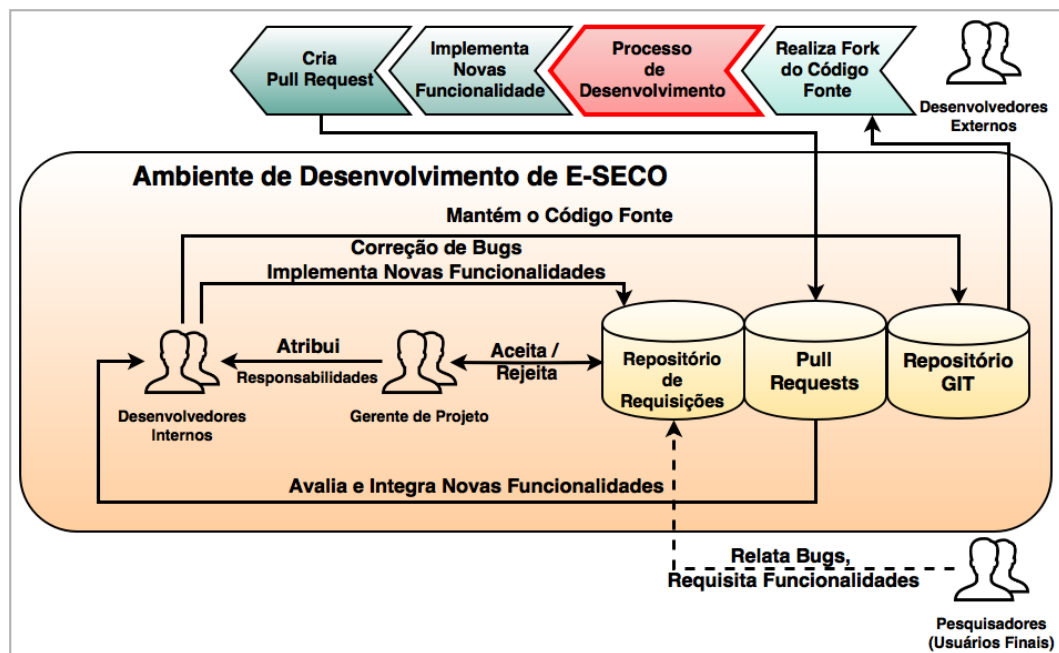


Figura 6 - Integração do Processo de Desenvolvimento Acrescentado ao Ambiente de Desenvolvimento E-SECO

A seguir, os requisitos levantados para a criação do processo de desenvolvimento de serviços de colaboração serão apresentados.

3.1.1 Requisitos do Desenvolvimento de Serviços de Colaboração

Antes de criar o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração, foram levantados requisitos funcionais e não funcionais que deveriam ser atendidos pelos serviços desenvolvidos. Estes requisitos foram obtidos por meio da análise de processos presentes na literatura (GIMENES e TRAVASSOS, 2002; KANG *et al.*, 2002) e das características presentes na plataforma E-SECO (COSTA *et al.*, 2015; FREITAS *et al.*, 2015; NEIVA *et al.*, 2015). A seguir a lista de requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) é apresentada:

- **RF1:** Deve apoiar a criação de um novo serviço de colaboração para a plataforma do ecossistema.
- **RF2:** Deve apoiar a evolução de um serviço de colaboração já existente na plataforma do ecossistema.
- **RF3:** Deve gerenciar a integração de novos serviços de colaboração ao repositório da plataforma do ecossistema.
- **RF4:** Deve gerenciar a integração de modificações em serviços de colaboração ao repositório da plataforma do ecossistema.
- **RNF1:** Deve considerar os padrões utilizados pela plataforma do ecossistema, tais como o modelo MVC (*Model, View, Control*) e SOA.
- **RNF2:** Deve considerar os requisitos de implementação utilizados pela plataforma do ecossistema, tais como a linguagem Java para *Web*.
- **RNF3:** Os serviços de colaboração devem possuir a capacidade de interoperar entre si.

Além dos requisitos não funcionais definidos, os serviços desenvolvidos devem considerar os requisitos não funcionais definidos para plataforma E-SECO (FREITAS et al., 2015). São eles: (i) flexibilidade, uma vez que deverá ser possível a integração de outros serviços após o desenvolvimento de um serviço; (ii) extensibilidade, uma vez que deverá ser possível estender os serviços de colaboração desenvolvidos; e (iii) escalabilidade, uma vez que deverá ser possível continuar a utilizar os recursos da plataforma após serem acrescentados novos serviços de colaboração. A seguir, o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração é descrito.

3.1.2 Desenvolvimento de Serviços de Colaboração

O processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração contém quatro tarefas, são elas: (i) Realizar Planejamento Inicial, (ii) Buscar e Recuperar Serviços, (iii) Criar Novo Serviço e (iv) Evoluir Serviço Existente. Ao executar cada uma das tarefas, espera-se produzir um serviço de colaboração que atende tanto aos aspectos tecnológicos quanto aos aspectos de qualidade da plataforma do ecossistema. A Figura 7 apresenta uma visão geral do processo para o desenvolvimento de serviços de colaboração. A notação utilizada para descrever o processo baseia-se na especificação BPMN⁷.

⁷ <http://www.bpmn.org/>

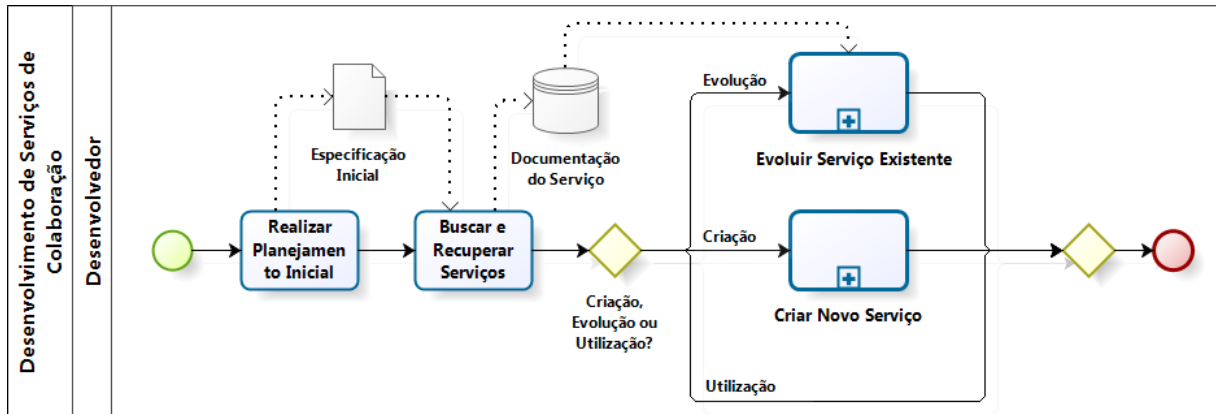


Figura 7 - Visão Geral do Processo para o Desenvolvimento de Serviços de Colaboração

O processo se inicia com a tarefa “Realizar Planejamento Inicial”, através da qual é gerada uma especificação inicial sobre as características desejadas para o serviço de colaboração. Para isso, o usuário deve preencher um pequeno formulário informando o tipo de serviço de colaboração, os requisitos funcionais desejados, os requisitos não funcionais e uma descrição do objetivo do serviço. Ao fim desta tarefa, tem-se a especificação inicial que será utilizada na atividade seguinte.

A segunda tarefa é “Buscar e Recuperar Serviços”, seu objetivo é encontrar algum serviço na plataforma do ecossistema que atenda à especificação realizada na atividade anterior. Caso encontre, todos os artefatos relacionados a ele devem ser recuperados. Para realizar essa busca, utiliza-se a abordagem PRIME (NEIVA *et al.*, 2015). PRIME recebe como entrada os dados fornecidos na tarefa anterior, realiza uma busca em todas as instâncias distribuídas do E-SECO e retorna uma lista de serviços que atendam às necessidades especificadas. Em adição, cada item da lista possui a opção de *download* do conjunto de artefatos relacionados ao serviço. É importante ressaltar que diversos serviços podem possuir um mesmo conjunto de artefatos, uma vez que os artefatos estão vinculados a uma LPS que pode derivar diversos serviços. A análise desse conjunto de artefatos é realizada de forma *ad hoc*.

Como resultado da tarefa “Buscar e Recuperar Serviços” podem ocorrer quatro casos. No primeiro, nenhum serviço que atenda à especificação é encontrado e, com isso, o serviço deverá ser desenvolvido desde o início. No segundo caso, encontra-se um serviço que atende parcialmente à especificação e, a partir da análise do conjunto de artefatos recuperados, constata-se que o serviço poderá ser evoluído. No terceiro caso, encontra-se um serviço que atende parcialmente à especificação e, a partir da análise dos artefatos recuperados, constata-se que a LPS da qual ele foi derivado possui a capacidade de derivar um serviço que atenda

totalmente à especificação. Por fim, no quarto caso, encontra-se um serviço que atende completamente à especificação da busca.

Os dois últimos casos apoiam o reuso dos serviços, evitando assim, o retrabalho com o desenvolvimento. A seguir, serão detalhadas as tarefas “Criar Novo Serviço” e “Evoluir Serviço Existente”.

3.1.3 Criação e Evolução de Serviços de Colaboração

As tarefas “Criar Novo Serviço” e “Evoluir Serviço Existente” do processo podem ser consideradas subprocessos que possuem seu próprio conjunto de tarefas. Essas tarefas apresentam semelhanças e diferenças entre si, como ilustrado na Figura 8. Por isso, as tarefas semelhantes serão divididas em dois casos, o primeiro referente à criação e o segundo à evolução.

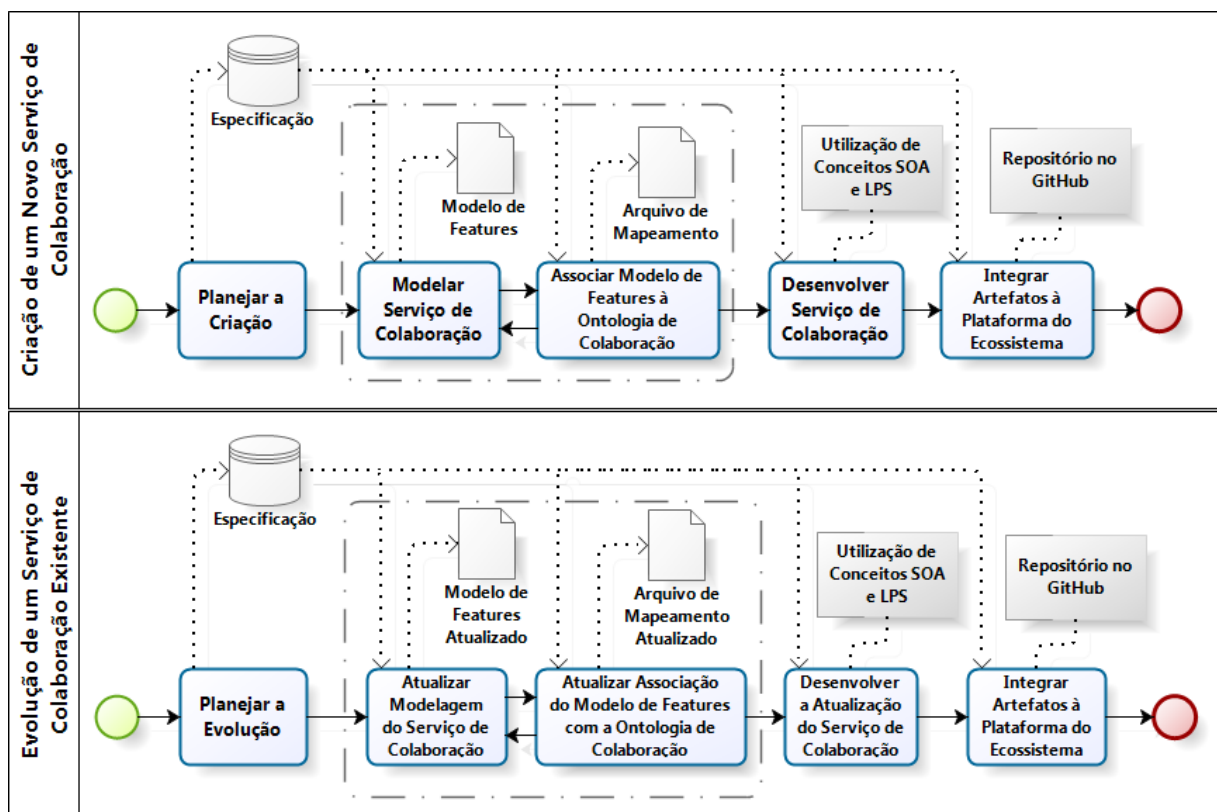


Figura 8 - Detalhamento das Atividades de Criação e Evolução de um Serviço

A primeira tarefa é “Planejar a Criação”. Para desenvolver um novo serviço de colaboração deve-se fazer o seu planejamento, tendo como base a especificação inicial, de modo a definir as suas características. Além disso, deve-se analisar sua necessidade e sua

contribuição para o ecossistema através de um estudo de viabilidade. Ao final desta tarefa, tem-se um conjunto de documentos referentes à especificação do serviço de colaboração, por exemplo, documento de requisitos, com a descrição requisitos funcionais e não funcionais do serviço a ser desenvolvido, documento de casos de uso, documento referente ao estudo de viabilidade e qualquer outro documento que a equipe desenvolvedora julgar necessário. A tarefa “Planejar a Evolução”, assim como na tarefa anterior, se refere ao planejamento do serviço de colaboração, a diferença é que o trabalho se concentra na evolução da documentação existente, e, caso seja necessário, poderão ser adicionados novos documentos. Ao final desta tarefa, tem-se um conjunto atualizado de documentos referentes à especificação do serviço de colaboração.

A segunda e a terceira tarefas são “Modelar Serviço de Colaboração” e “Associar Modelo de *Features* à Ontologia de Colaboração”. Uma das propostas do E-SECO é que seus serviços sejam desenvolvidos de acordo com uma LPS. Para representar as variabilidades e semelhanças dos serviços presentes na LPS, utiliza-se o modelo de *features* (KANG *et al.*, 2002). Como apresentado em COSTA *et al.*, (2015), realiza-se o mapeamento do modelo de *features* com a Ontologia de Domínio, que, neste caso, é a Ontologia de Colaboração, de modo a agregar mais semântica ao modelo de *features*. A Ontologia de Colaboração apresenta os conceitos que envolvem os elementos de colaboração associados a um serviço em um ecossistema, e o relacionamento entre esses conceitos. Como resultado, é possível verificar a consistência dos serviços gerados e derivar novos conhecimentos por meio do mecanismo de inferência (MARTINS *et al.*, 2015). Como pode ser observado na Figura 8, a modelagem é uma atividade cíclica que varia entre a criação do modelo de *features*, e seu mapeamento com a ontologia. Isso se deve ao fato de que a ontologia relaciona os conceitos de colaboração, e estes podem influenciar a criação e modificação do modelo de *features*, apresentando, por exemplo, conceitos que deveriam ser contemplados pelo modelo que, em um primeiro momento, não haviam sido incluídos. No caso da criação de serviços, um novo modelo de *features* e um novo arquivo de mapeamento entre ele e a Ontologia de Colaboração devem ser criados, segundo o planejamento da tarefa anterior. Ao final desta tarefa, tem-se um arquivo XML com o modelo de *features* do serviço de colaboração, e um arquivo XML com o mapeamento entre o modelo de *features* e a Ontologia de Colaboração. No caso da evolução, tanto o modelo de *features* quanto o arquivo de mapeamento devem ser alterados segundo a evolução planejada na tarefa anterior. Ao final desta tarefa, tem-se o arquivo XML do modelo de *features* e o arquivo XML do mapeamento atualizados.

A quarta tarefa é “Desenvolver Serviço de Colaboração”, que representa a codificação do serviço de colaboração. Para seguir o padrão de desenvolvimento da plataforma

E-SECO, os serviços devem ser desenvolvidos seguindo os conceitos de (i) uma LPS, o que possibilita maior variabilidade do serviço de colaboração, além de facilitar a evolução do serviço por meio do reuso, e (ii) os conceitos de SOA, de modo a facilitar a composição e a interoperabilidade entre os serviços do ecossistema (NEIVA *et al.*, 2015). É importante destacar que cada serviço de colaboração pertence a uma LPS, da qual ele foi derivado, ou seja, os produtos derivados da LPS são serviços que apresentam um subconjunto das *features* dessa LPS. No caso da criação, o desenvolvimento deve ser realizado desde o início, de acordo com o planejamento e a modelagem realizadas nas tarefas anteriores. Ao final desta tarefa, tem-se a LPS desenvolvida e apta a derivar serviços de colaboração. No caso da evolução, o desenvolvimento da evolução deve ser realizado a partir da LPS existente, de acordo com o planejamento e a modelagem realizadas anteriormente. Ao final desta tarefa, tem-se a LPS atualizada e apta a derivar novos serviços de colaboração. É importante destacar que, nesta etapa, tanto na criação quanto na evolução, é desejável que se realizem testes da LPS de modo a verificar se o que foi desenvolvido está consistente com o que foi especificado. Estes testes devem ser documentados e anexados ao conjunto de artefatos da LPS do serviço de colaboração.

Por fim, a quinta tarefa é “Integrar Artefatos à Plataforma do Ecossistema”. Nesta última tarefa, o serviço de colaboração desenvolvido será integrado à plataforma E-SECO, juntamente com os artefatos gerados nas tarefas anteriores. Neste trabalho, a integração ocorre por meio de um repositório no GitHub, onde todos os serviços desenvolvidos, e os artefatos relacionados a eles, são armazenados e disponibilizados para serem utilizados por qualquer instância do E-SECO que o deseje. No caso da criação de um novo serviço, uma nova área no repositório para armazenar os artefatos gerados é criada. Ao final desta tarefa, tem-se os artefatos da LPS integrados à plataforma do E-SECO. No caso da evolução, os novos artefatos, e os que foram modificados, são armazenados na área já existente do serviço evoluído. Ao final desta tarefa, tem-se os serviços da LPS integrados à plataforma do E-SECO. Em ambos os casos, os artefatos submetidos à integração com a plataforma do E-SECO devem ser avaliados pela equipe mantenedora da plataforma do ecossistema. Esta avaliação é importante para verificar se o serviço segue os aspectos tecnológicos e de qualidade especificados pelo ecossistema. Caso o serviço seja aprovado, seus artefatos serão anexados à plataforma.

Após a integração da LPS do serviço de colaboração à plataforma do ecossistema, ele estará apto a derivar serviços que poderão ser utilizados por qualquer instância do E-SECO. Além disso, espera-se que os serviços desenvolvidos com o apoio desse processo possuam um potencial maior de interoperabilidade, uma vez que eles estão mapeados na Ontologia de

Colaboração, o que permite a utilização de técnicas de análise que consigam alinhar os serviços considerando aspectos sintáticos e semânticos. O mecanismo de apoio à interoperabilidade será apresentado na seção 3.3. A subseção seguinte explica como a derivação de um serviço é feita a partir de sua LPS.

3.1.4 Derivação de Serviços de Colaboração

A Figura 9 ilustra a criação de uma instância E-SECO e a derivação de um serviço de colaboração. Uma instância E-SECO é a implantação da plataforma E-SECO por uma instituição ou grupo de pesquisa. Com isso, podem existir diversas instâncias E-SECO geograficamente distribuídas, e cada instância realiza experimentos de acordo com suas necessidades. Para possibilitar que cada instância possua serviços de colaboração que atendam às necessidades específicas de seus usuários, estes serviços são desenvolvidos seguindo os conceitos de uma LPS. A partir dessa LPS, serviços de colaboração diferentes podem ser derivados.

Para uma instituição, ou grupo de pesquisa, utilizar a plataforma E-SECO, primeiramente deve-se implantar uma instância E-SECO em seu servidor (Figura 9-A). Durante essa implantação, deve-se analisar a LPS de cada serviço de colaboração existente, escolhendo as características que pertencerão, ou não, ao serviço, segundo as necessidades da instância (Figura 9-B). Por fim, tem-se um serviço derivado que será utilizado pela instância E-SECO implantada (Figura 9-C).

É importante destacar que tanto a implantação da instância E-SECO quanto as derivações de serviços de colaboração devem ser realizadas por uma equipe tecnológica, associada à instituição ou ao grupo de pesquisa que utilizará a plataforma E-SECO. Apesar do serviço estar desenvolvido na plataforma, a sua interface com o usuário (componente *web*) é de responsabilidade da equipe tecnológica associada à instância. Isso ocorre porque a interface do serviço de colaboração varia de acordo com as *features* escolhidas para a instância.

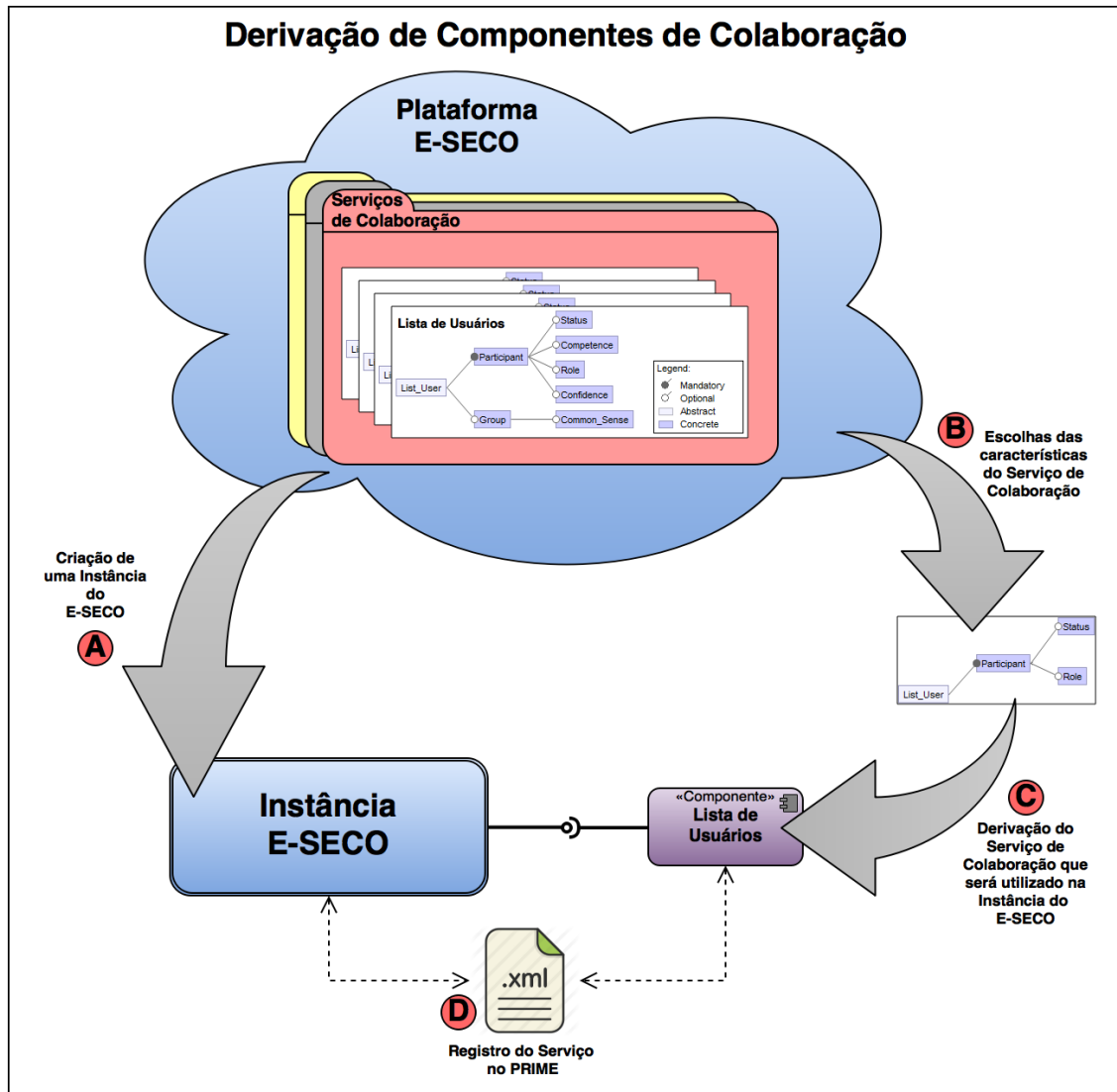


Figura 9 - Derivação de Serviços de Colaboração

Todos os serviços de colaboração derivados são registrados na instância E-SECO por meio do PRIME, o que permite que eles sejam encontrados por outras instâncias. Caso não exista uma LPS que derive um serviço desejado pela instância, sua equipe tecnológica pode utilizar o processo de apoio ao desenvolvimento para criar uma LPS que derive um novo serviço de colaboração, ou pode evoluir uma LPS para que ela derive um serviço de colaboração que possua as características necessárias à sua instância. A seção seguinte apresenta a utilização do processo de desenvolvimento de serviços de colaboração.

3.2 UTILIZAÇÃO DO PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO

Com o objetivo de verificar o funcionamento do processo durante o desenvolvimento de um serviço de colaboração, foi criado um serviço de Lista de Usuários. A seguir serão apresentados os passos seguidos para o seu desenvolvimento.

Seguindo o processo, a primeira tarefa é o “Realizar Planejamento Inicial”. Nela foi especificado um serviço de Lista de Usuários que deve listar usuários que interagem através da plataforma apresentando a sua função no grupo de pesquisa, seu nome e seu *status*, mais detalhes sobre a especificação podem ser observados na Tabela 2.

A segunda tarefa é “Buscar e Recuperar Serviços”. Nela não foram encontrados serviços de colaboração, o que indica que a tarefa “Criar Novo Serviço” deve ser executada. Nesta busca, nenhum serviço foi encontrado pois, neste momento não haviam serviços de colaboração desenvolvidos, e conseqüentemente, não haviam serviços sendo utilizados em nenhuma instância do E-SECO.

Tabela 2 – Planejamento Inicial da Lista de Usuários

| Especificação Inicial | |
|---|--|
| Tipo de Serviço de Colaboração | Lista de Usuários |
| Requisitos Funcionais | Listar usuários; Listar função dos usuários; Listar <i>status</i> dos usuários na plataforma (<i>online</i> ou <i>off-line</i>). |
| Requisitos Não Funcionais | Escalabilidade; Interoperabilidade |
| Descrição do Objetivo do Serviço | O serviço de lista de usuários deve apresentar os usuários da plataforma com sua função e seu status no sistema, ou seja, se ele está <i>online</i> ou <i>off-line</i> . |

A primeira tarefa do subprocesso “Criar Novo Serviço” é o “Planejar a Criação”. Optou-se nessa tarefa por criar um documento de requisitos simples, contendo a descrição dos requisitos funcionais da Lista de Usuários. A segunda e terceira tarefas são “Modelar Serviço de Colaboração” e “Associar Modelo de *Features* à Ontologia de Colaboração”. Nelas criou-se o Modelo de *Features* da Lista de Usuários, bem como realizou-se o mapeamento com a

Ontologia de Colaboração. A Figura 10 apresenta o Modelo de *Features* desenvolvida para Lista de Usuários.

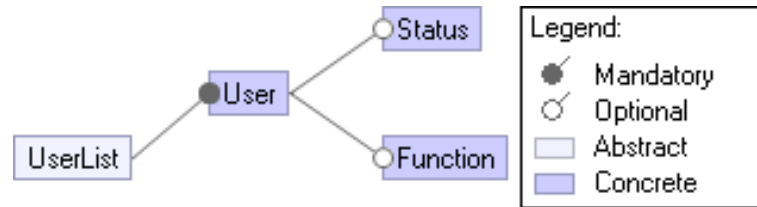


Figura 10 - Modelo de *Features* do Serviço de Lista de Usuários

A Figura 11 ilustra o mapeamento entre o modelo de *features* e a Ontologia de Colaboração. Como pode ser observado, a *feature* “*User*” (Usuário) é mapeada na classe “*Participant*” (Participante), destacado em vermelho na Ontologia de Colaboração. A *feature* “*Function*” (Função) é mapeada na classe “*Role*” (Papel), destacado em azul na ontologia. A *feature* “*Status*” é mapeada na classe “*Status*” da ontologia, indicado em vermelho na figura. Esse mapeamento é descrito em um arquivo XML como pode ser observado na Figura 12.

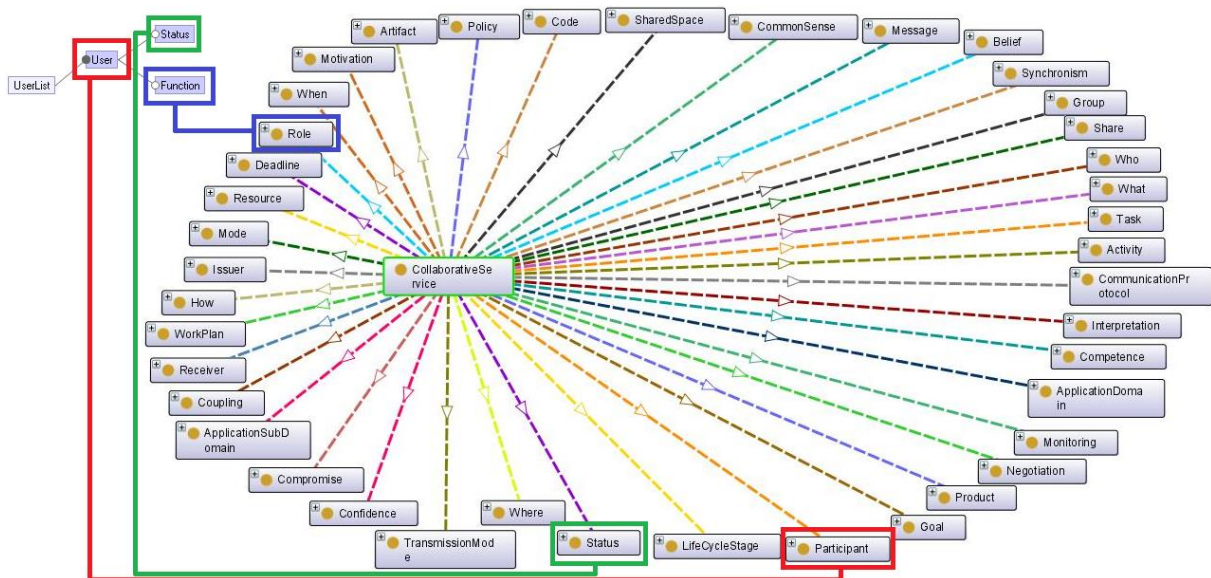


Figura 11 - Mapeamento entre o Modelo de *Features* e a Ontologia de Colaboração

```

<mappingStruct mapName="UserLisMapping"
               ontology="collaborationService.owl"
               featureModel="UserList.xml">
  <mapping id="1" relation="concept">
    <className>Participant</className>
    <featureName>User</featureName>
  </mapping>
  <mapping id="2" relation="concept">
    <className>Status</className>
    <featureName>Status</featureName>
  </mapping>
  <mapping id="3" relation="concept">
    <className>Role</className>
    <featureName>Function</featureName>
  </mapping>
</mappingStruct>

```

Figura 12 - Fragmento do Arquivo XML de Mapeamento

Após as tarefas de modelagem e de mapeamento, iniciou-se a tarefa “Desenvolver Serviço de Colaboração”. A Lista de Usuários foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Java *Web* e os conceitos sobre SOA e LPS. Com isso, desenvolveu-se o “WsUsersList” como um serviço web no padrão SOAP (do inglês *Simple Object Access Protocol*). Em adicional, após o desenvolvimento do serviço, derivou-se um serviço da LPS da Lista de Usuários. A partir daí, desenvolveu-se um componente *web*, utilizando o PrimeFaces⁸, para ser utilizado na instância E-SECO. O desenvolvimento desse componente *web* foi importante para testar a utilização do serviço de Lista de Usuários. A Figura 13 ilustra o componente *web* desenvolvido.

⁸ <http://www.primefaces.org/>

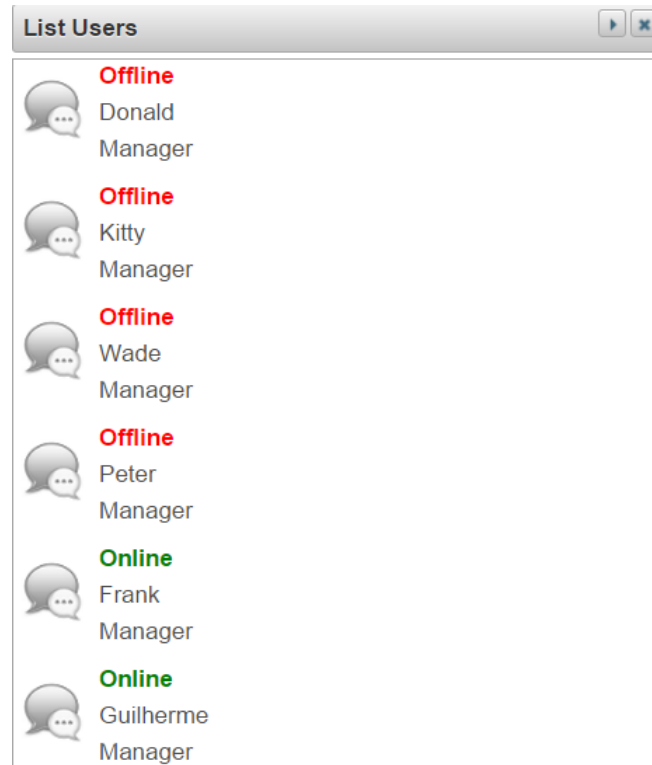


Figura 13 - Componente *Web* da Lista de Usuários Derivada

Com o serviço desenvolvido, a última tarefa é “Integrar Artefatos à Plataforma do Ecosistema”. Essa integração ocorreu através do repositório GitHub associado à plataforma E-SECO. Uma vez que o desenvolvimento foi realizado no contexto do projeto, o procedimento de *pull request* não foi necessário, ou seja, o serviço foi incluído diretamente ao repositório da plataforma E-SECO. A próxima seção apresenta o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração.

3.3 MECANISMO DE APOIO À INTEROPERABILIDADE ENTRE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO

Com a existência de diversas instâncias distribuídas do E-SECO, é necessário que exista um mecanismo para apoiar a interoperabilidade. NEIVA et al., (2015) apresentam PRIME, uma estratégia que apoia a concepção de *workflows* científicos. Essa estratégia é importante para encontrar serviços científicos de acordo com as necessidades do experimento. Contudo, PRIME não apoia a troca de informações entre serviços similares, o que é uma necessidade para a interoperabilidade entre serviços de colaboração.

Antes de apresentar o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração, é importante destacar dois pontos. O primeiro ponto é que a interoperabilidade entre serviços de colaboração ocorre entre serviços que foram derivados de uma mesma LPS, isso porque estes serviços possuem características em comum, o que favorece a troca de informações entre eles no nível sintático. O segundo ponto é que somente a troca de informações não é suficiente para apoiar a interoperabilidade entre os serviços de colaboração, por isso, uma estratégia para realizar uma análise semântica das informações é necessária. A seguir, os requisitos levantados para o mecanismo de apoio à interoperabilidade serão apresentados.

3.3.1 Requisitos do Mecanismo de Apoio à Interoperabilidade entre Serviços

Antes de desenvolver o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração, os seguintes requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF) foram levantados:

- **RF5:** Deve possibilitar a descoberta de serviços de colaboração utilizadas por outras instâncias distribuídas pertencentes ao ecossistema.
- **RF6:** Deve possibilitar o alinhamento dos conceitos existentes nos serviços que desejam interoperar.
- **RF7:** Deve possibilitar a avaliação, por parte de um usuário, dos conceitos alinhados, de modo a validar o alinhamento.
- **RF8:** Deve possibilitar a utilização do alinhamento para apoiar a interoperabilidade entre serviços de colaboração.
- **RNF4:** Flexibilidade: O mecanismo deve permitir que a estratégia de alinhamento possa ser alterada, ou seja, a estratégia que encontra os pares de conceitos correspondentes entre os dois serviços de colaboração.
- **RNF5:** Integração: O mecanismo deve permitir a integração de novas estratégias de apoio à interoperabilidade.

A partir dos requisitos levantados, o mecanismo de apoio à interoperabilidade de serviços de colaboração foi desenvolvido. O seu funcionamento será descrito a seguir.

3.3.2 Funcionamento do Mecanismo de Apoio à Interoperabilidade entre Serviços

O mecanismo de apoio à interoperabilidade alinha dois serviços de colaboração considerando aspectos sintáticos e semânticos. Para isso, o mecanismo utiliza o Modelo de *Features*, a Ontologia de Colaboração e o mapeamento entre eles.

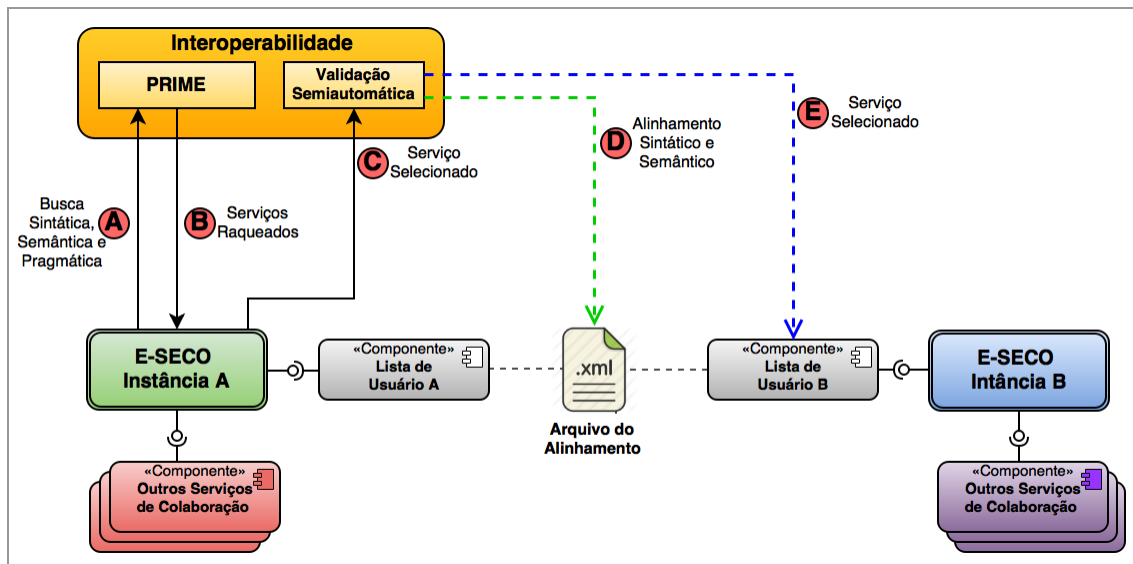


Figura 14 - Mecanismo de Apoio ao Alinhamento entre Serviços de Colaboração

Para utilizar o mecanismo, deve-se primeiramente informar qual serviço de colaboração da instância irá interoperar. Como pode ser observado na Figura 14, o mecanismo começa procurando um serviço por meio do PRIME, que recebe como entrada informações sintáticas, semânticas e pragmáticas de acordo com as necessidades da busca (Figura 14-A). Utilizar o PRIME é importante pois ele procura por serviços em outras instâncias distribuídas do E-SECO. Após a utilização do PRIME, é retornada uma lista de serviços de colaboração ordenada segundo os parâmetros informados (Figura 14-B). A partir desta lista, deve-se escolher o serviço com o qual se deseja interoperar, o serviço escolhido (Figura 14-E) será utilizado no ambiente de validação semiautomática (Figura 14-C).

Por meio do ambiente de validação semiautomática, é gerado um arquivo XML de alinhamento entre os dois serviços que irão interoperar (Figura 14-D). Este arquivo pode ser utilizado como mediador na troca de informações entre os dois serviços, de modo a apoiar a interoperabilidade entre eles. A seguir, será apresentado o funcionamento do ambiente de validação semiautomática.

3.3.3 Funcionamento do Ambiente de Validação Semiautomática

Como pode ser observado na Figura 15, o ambiente de validação semiautomática começa a funcionar com a entrada de dois serviços de colaboração que desejam interoperar. Normalmente, um deles é o serviço pertencente à instância E-SECO que realiza a validação, e o outro é o serviço com o qual se deseja interoperar. Entretanto, a validação pode ser realizada entre serviços encontrados em qualquer instância. Isso permite, por exemplo, que uma instância **A** escolha utilizar um serviço de colaboração equivalente ao entrando na instância **B**, pelo fato dela conseguir interoperar com o serviço da instância **C**, com a qual possui parceria para o desenvolvimento de experimentos.

A partir dos serviços de entrada, o ambiente recupera as informações contidas nos serviços. Para isso, faz-se uso do arquivo de mapeamento entre o modelo de *features* e a Ontologia de Colaboração. Essa recuperação é dividida em duas partes: (i) as informações pertencentes aos serviços são carregadas na Ontologia de Colaboração (Figura 15-A); e (ii) realiza-se a descoberta de novas informações na ontologia por meio de uma máquina de inferência (Figura 15-B).

Com as informações dos serviços carregadas na ontologia, inicia-se a criação dos pares de informações (Figura 15-C). Esses pares representam o alinhamento das informações de cada um dos serviços de colaboração. Por exemplo, o primeiro serviço possui a função “gerente” e o segundo serviço possui a função “coordenador”, essas duas informações formam um par de elementos que será validado pelo usuário como um alinhamento válido ou inválido.

Para obter os pares de informações são utilizadas análises sintática e semântica. Na análise sintática utiliza-se o algoritmo de “*Levenshtein Distance*” (SCHEPENS *et al.*, 2012). Esse algoritmo mede a diferença entre duas sequências, que no caso deste trabalho, são as descrições das informações representadas pelo tipo *string*. Por exemplo, a descrição da informação “gerente” é “indivíduo responsável pela organização de um experimento científico”. Na análise semântica utiliza-se o banco de dados lexical WordNet (MILLER, 1995). Com ele foi possível relacionar as informações segundo seus sinônimos e hiperônimos. Ainda para a análise semântica, a própria informação obtida através do mecanismo de inferência na ontologia foi utilizada. Como adicional, informações históricas, pertencentes a outros alinhamentos que envolvem um dos serviços de colaboração envolvidos, ou ambos, foram utilizadas.

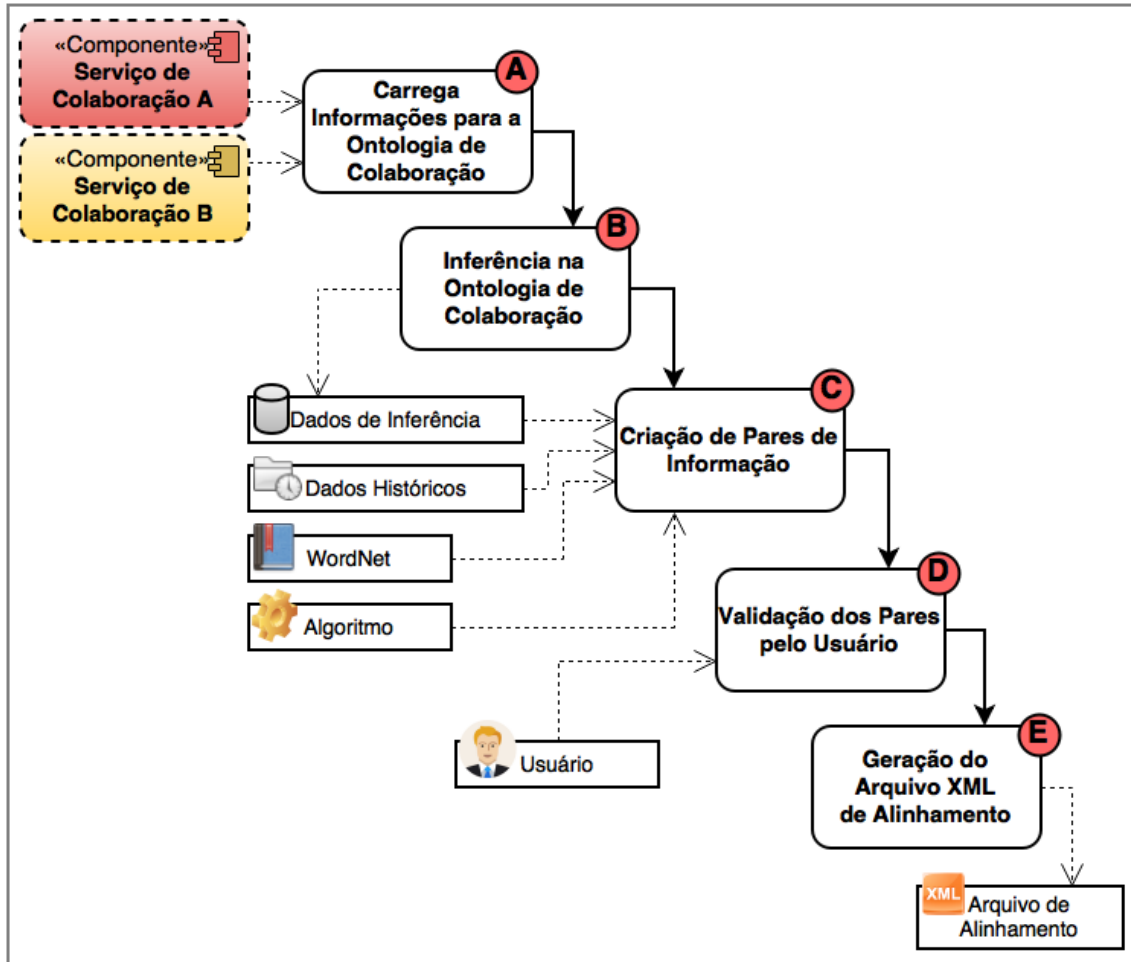


Figura 15 - Ambiente de Validação Semiautomática

A partir dessas análises, gera-se um coeficiente de relacionamento para cada par, esse coeficiente representa o quanto o sistema acredita que o par obtido pelas análises é válido. O conjunto de pares é apresentado em uma lista onde todos os pares, inicialmente, estão marcados como inválidos. O usuário que está realizando o mapeamento deve analisar os pares sugeridos e marcar os pares corretos como válidos (Figura 15-D).

Ao finalizar o alinhamento, gera-se o arquivo XML que contém os pares avaliados positiva ou negativamente (Figura 15-E). Esse arquivo é armazenado na instância em que foi criado e poderá ser utilizado para apoiar a troca de informações entre os serviços de colaboração alinhados. A seguir, será apresentada a utilização do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

3.4 UTILIZAÇÃO DO MECANISMO DE APOIO À INTEROPERABILIDADE ENTRE SERVIÇOS DE COLABORAÇÃO

Com o objetivo de apresentar o funcionamento do mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços, foram derivados dois serviços de colaboração de Lista de Usuários. Estes serviços foram desenvolvidos com base na LPS desenvolvida na seção 3.2 deste capítulo. A seguir, serão apresentados os passos seguidos para o alinhamento entre os dois serviços.

A primeira escolha realizada é a de qual serviço será utilizado para interoperar com o serviço de Lista de Usuários da instância que realizará o alinhamento. Para isso, utiliza-se a abordagem PRIME. Por meio dela, é preenchido um formulário com base em características sintáticas, semânticas e pragmáticas do serviço de colaboração (Figura 16). É importante lembrar que PRIME apenas indica a possibilidade de interoperabilidade, ou seja, não apoia a troca de informações entre os serviços.

Após o preenchimento dos campos do formulário, PRIME lista os serviços encontrados nas instâncias distribuídas do E-SECO, os serviços desta lista são ranqueados segundo os parâmetros informados. A partir desta lista, o serviço “WsUserList01” foi escolhido.

The screenshot shows the E-SECO web application interface. At the top, there is a navigation bar with the E-SECO logo and menu items: Home, Experiments, Scientific Workflow, Members, Collaboration, Settings, and Product List. Below the navigation bar, the main heading is 'Analyze Collaboration Services'. The interface is divided into two steps: 'Step 1 - PRIME' (active) and 'Step 2 - VALIDATION'. Under 'Step 1 - PRIME', there is a search bar labeled 'Search Collaboration Service'. Below the search bar, there is a form with several input fields organized into three sections: 'Syntactic', 'Semantic', and 'Pragmatic'. The 'Syntactic' section includes 'Address' and 'Return:'. The 'Semantic' section includes 'Semantic Return', 'Semantic Reception', and 'Semantic Representation'. The 'Pragmatic' section includes 'Functional Requirement' and 'Non Functional Requirement'. Each input field is represented by a text box.

Figura 16 - Busca de Serviços de Colaboração com o PRIME

O próximo passo é a escolha do serviço local que será utilizado para o alinhamento. O serviço escolhido é o “WsUserListUFJF”. Com isso, clica-se em “Analyze” (Análise) e a estratégia de alinhamento cria a lista de pares de elementos que foram identificados como possíveis alinhamentos entre os dados presentes nos dois serviços de colaboração selecionados (Figura 17).

Analyze

STRUCTURAL RESULT

Compared Services:
WsUserList01 with WsUserListUFJF

Similarity Rate Among Concepts: 83.33%

| Same Concepts Table | |
|-----------------------|--|
| (Group) Competence | |
| (Group) Group | |
| (Group) Participant | |
| (Coordination) Role | |
| (Coordination) Status | |

| Different Concepts Table | |
|--------------------------|--|
| (Group) Goal | |

ALIGNMENT RESULT

| Matching Table | | | | | | | |
|----------------|-------------|--------------|-------------------|-------------------|-------|-----------|----------|
| Group Concept | Concept | Has Element? | Element Service 1 | Element Service 2 | Ratio | Validity? | Action |
| Group | Competence | true | Developer + | Developer + | 100.0 | true | Validity |
| Group | Group | false | | | | false | Validity |
| Group | Participant | false | | | | false | Validity |
| Coordination | Role | true | Scientist + | Scientist + | 100.0 | false | Validity |

Finish Cancel

Figura 17 - Alinhamento entre Dois Serviços de Colaboração

A partir dos pares listados, realiza-se uma análise destes de modo a validar as correspondências. A princípio, todos os pares estão marcados como inválidos, ou seja, somente os pares que o usuário julgar válidos serão assim marcados. Antes de validar um par, o usuário pode verificar informações adicionais sobre os elementos alinhados, de modo a apoiar e fundamentar a tomada de decisão sobre o alinhamento. Ao validar um par o usuário pode acrescentar uma observação que justifique sua validação.

Após verificar todos os pares sugeridos como alinhamentos, clica-se em “Finish” (Finalizar), para gerar o arquivo de alinhamento entre os dois serviços de colaboração. Este arquivo poderá ser utilizado como mediador para a troca de informações entre os dois serviços alinhados.

3.4.1 Utilização do Arquivo de Alinhamento

Uma das formas de se utilizar o arquivo de alinhamento é fornecendo suas informações aos pesquisadores. Dessa forma, é possível apoiar sua percepção ao utilizar serviços de colaboração para colaborar com pesquisadores de outros grupos de pesquisa, fornecendo informações que auxiliem a compreensão do contexto de tais grupos.

Para fornecer informações do alimento, a equipe tecnológica associada à instância E-SECO deve acrescentá-la ao componente *web* do serviço de colaboração desejado (como mencionado na subseção 3.1.3). Para apoiar a utilização das informações um serviço *web* denominado “WsAlignmentServices” foi desenvolvido.

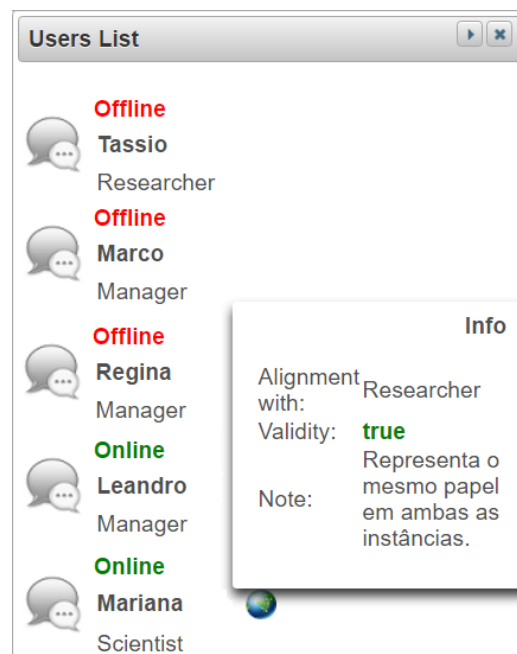


Figura 18 - Componente *Web* da Lista de Usuários Utilizando Informações do Arquivo de Alinhamento

A Figura 18 apresenta o serviço de Lista de Usuários, desenvolvido na seção 3.2, utilizando as informações do alinhamento realizado nesta seção. Como pode ser observado, o desenho do globo em frente ao nome do usuário representa os pesquisadores que pertencem a uma instância distribuída do E-SECO alinhada. Além disso, ao clicar no globo, são apresentadas informações sobre o alinhamento com essa instância. No exemplo apresentado na Figura 18, ele informa que o usuário que possui o papel de Cientista (*Scientist*) na instância local possui papel equivalente ao papel de Pesquisador (*Researcher*) do usuário pertencente à instância

distribuída. Tal informação pode ser importante apoiar, por exemplo, a formação de um grupo para realizar um experimento. A seguir, são apresentadas as considerações finais no capítulo.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou o processo para o desenvolvimento de serviços de colaboração, como mencionado, ele possui quatro tarefas: (i) Realizar Planejamento Inicial, (ii) Buscar e Recuperar Serviços, (iii) Criar Novo Serviço e (iv) Evoluir Serviço Existente. A partir do planejamento inicial, realiza-se a busca e recuperação de serviços. Caso a busca não encontre nenhum serviço de colaboração que atenda à necessidade especificada um novo serviço deve ser criado. Caso encontre algum serviço que atenda parcialmente à especificação, este serviço poderá ser evoluído, e ainda, caso um serviço seja encontrado, ele poderá ser utilizado pela a instância sem a necessidade de seu desenvolvimento.

Para apoiar a criação e a evolução de um serviço, as tarefas de “Criar Novo Serviço” e “Evoluir Serviço Existente” foram modeladas como subprocessos e detalhadas. As tarefas da criação são: (i) Planejar a Criação, (ii) Modelar Serviço de Colaboração, (iii) Associar Modelo de *Features* à Ontologia de Colaboração, (iv) Desenvolver Serviço de Colaboração e (v) Integrar Artefatos à Plataforma do Ecossistema. As tarefas da evolução são: (i) Planejar a Evolução, (ii) Atualizar a Modelagem do Serviço de Colaboração, (iii) Atualizar Associação do Modelo de *Features* com a Ontologia de Colaboração, (iv) Desenvolver a Atualização do Serviço de Colaboração e (v) Integrar Artefatos à Plataforma do Ecossistema.

Além disso, o capítulo apresentou o mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de modo a detalhar seu funcionamento. Esse mecanismo recebe dois serviços de colaboração como entrada, a partir daí segue-se o seguinte fluxo: (i) as informações dos serviços são carregadas na Ontologia de Colaboração; (ii) a máquina de inferência é utilizada para descobrir novas informações; (iii) uma lista de pares de informação, que representam o alinhamento entre os dois serviços, é criada; (iv) os pares são validados pelo usuário e, por fim, (v) um arquivo XML, que contém os pares avaliados, é criado. Esse arquivo poderá ser utilizado, posteriormente, para apoiar a interoperabilidade entre os dois serviços alinhados.

No próximo capítulo será apresentado um estudo de caso sobre o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração, e o mecanismo de apoio à interoperabilidade. Tal estudo pretende encontrar evidências sobre a viabilidade da proposta desta dissertação.

4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a avaliação da proposta desta dissertação. Para isso, desenvolveu-se dois estudos de caso de modo a coletar evidências que respondam as questões de pesquisa formuladas.

4.1 DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Para definir o escopo do estudo de caso, utilizou a estrutura do método GQM apresentado em (SOLINGEN et al., 2002):

“**Analisar** o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração **com o propósito de** avaliar o suporte à construção de serviços através da plataforma de *e-Science* **com respeito à** interoperabilidade **do ponto de vista** dos desenvolvedores **no contexto da** plataforma E-SECO. ”

A partir da definição do escopo, foram derivadas as seguintes questões de pesquisa:

- Q1: Como o processo de desenvolvimento de serviços de colaboração auxilia a evolução de serviços já existentes no ecossistema?
- Q2: Como os serviços derivados de uma LPS criada de acordo com o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração conseguem interoperar entre si?

Para avaliar este estudo foram utilizadas as seguintes fontes de coleta de dados: (i) questionário de avaliação, (ii) observação direta e (iii) entrevistas informais. Os dados coletados foram utilizados para uma análise qualitativa da proposta.

A partir da definição do escopo, das questões e das métricas, o estudo de caso foi planejado. O estudo consiste de duas etapas, na primeira os participantes utilizam o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração para evoluir um serviço já existente no ecossistema. Na segunda, os participantes utilizam o mecanismo de apoio à interoperabilidade para realizar o alinhamento entre o serviço evoluído por eles e o serviço existente antes da evolução. O serviço que será evoluído, e posteriormente alinhado, é o serviço de “Lista de Usuários” apresentado na seção 3.2 do capítulo anterior. A evolução consiste em acrescentar a funcionalidade de “Grupo” ao serviço de Lista de Usuários, ou seja, fornecer a possibilidade de que os usuários sejam agrupados segundo uma característica.

O estudo foi conduzido com alunos de pós-graduação da UFJF e com profissionais graduados e que trabalham com desenvolvimento de software. A seleção foi realizada por meio de um questionário de caracterização do participante (Apêndice A). Posteriormente, todos os

participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice B). Os participantes selecionados possuem conhecimento em desenvolvimento *web* utilizando a linguagem Java, e conhecem os conceitos que envolvem a criação e utilização de serviços *web*. A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta, durante a execução do estudo, entrevistas informais, após a execução do estudo, e por meio de um questionário de avaliação (Apêndice C), respondido pelos participantes ao término do estudo. As questões de 1 a 9 são respondidas utilizando uma escala Likert (LAITENBERGER e DREYER, 1998), enquanto as questões 10 e 11 são questões abertas que foram respondidas pelos participantes.

Antes de começar o estudo, os participantes foram submetidos a um treinamento no qual foram apresentadas informações sobre a plataforma E-SECO, tais como: a utilização de LPS, criação e evolução de um modelo de *features*, mapeamento entre um modelo de *features* e a Ontologia de Colaboração, bem como o processo de criação e evolução de serviços *web*. Além disso, os participantes foram instruídos quanto às tarefas do processo e receberam uma cópia da descrição do processo de apoio ao desenvolvimento.

A seguir, serão apresentados os dados obtidos com a execução do estudo de caso. Primeiramente, será apresentado um estudo piloto, onde apenas a evolução do serviço de colaboração foi considerada (seção 4.2). Posteriormente, será apresentada a segunda execução do estudo, considerando a utilização do mecanismo de apoio à interoperabilidade (seção 4.3).

4.2 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO - PILOTO

Na realização do estudo de caso piloto foi escolhido um participante pertencente ao programa de pós-graduação em Ciência da Computação. De acordo com as respostas do questionário de caracterização, o participante possui sólidos conhecimentos sobre a linguagem de programação Java, desenvolvimento para *web* e desenvolvimento de serviços *web*. Além disso, apresenta bons conhecimentos sobre as tecnologias utilizadas na plataforma, tais como: GitHub, SOA, LPS e modelo de *features*.

Antes de começar o desenvolvimento da evolução do serviço, o participante foi treinado quanto à plataforma E-SECO, às tecnologias utilizadas por ela e ao processo de desenvolvimento de serviços de colaboração.

Ao começar a atividade do estudo de caso, o participante recebeu um documento contendo as informações sobre a atividade que ele deveria desempenhar. Essa atividade consiste na evolução do serviço de “Lista de Usuários” desenvolvido previamente. Nesta evolução, o participante deveria acrescentar ao serviço a capacidade de organizar os usuários listados em

grupos. A descrição da evolução do serviço “Lista de Usuários” foi utilizada como o equivalente ao resultado da tarefa “Realizar Planejamento Inicial” do processo de desenvolvimento, ou seja, o participante pôde considerar que o planejamento inicial já havia sido feito.

Para a tarefa “Buscar e Recuperar Serviços”, o participante realizou uma pesquisa com o auxílio da abordagem PRIME à procura de serviços similares ao que ele necessitava. Ao analisar as descrições dos serviços retornados, o participante selecionou o serviço “Lista de Usuários” apresentado na seção 3.2 do capítulo anterior, que, no caso deste estudo, era o único compatível com a especificação. Após encontrar o serviço, o participante realizou o *download* dos artefatos relacionados a ele, tais como: documento de requisitos, modelo de *features*, e arquivo de mapeamento entre o modelo de *features* e a Ontologia de Colaboração.

Após a análise dos artefatos, o participante optou por acrescentar a funcionalidade “Grupo” ao serviço “Lista de Usuários”, ou seja, ele optou por realizar a tarefa “Evoluir Serviço Existente” do processo. Com isso, iniciou-se sua primeira tarefa deste subprocesso, “Planejar a Evolução”, onde o participante acrescentou o requisito funcional “Agrupar Usuários” no documento de requisitos existente. Posteriormente, o participante iniciou a tarefa “Atualizar Modelagem do Serviço de Colaboração”, por meio da qual realizou-se a evolução do modelo de *features*, e, posteriormente, realizou-se a tarefa “Atualizar Associação do Modelo de *Features* com a Ontologia de Colaboração”, por meio da qual o arquivo de mapeamento entre o modelo e a Ontologia de Colaboração foi atualizado. A Figura 19 apresenta em destaque a *feature* acrescentada ao modelo do serviço. A *feature* “Group” (Grupo) foi adicionado como uma *feature* opcional pois a LPS da Lista de Usuários deve ser capaz de derivar serviços que não utilizem essa funcionalidade, caso seja de interesse da instância que o utilizará. Além disso, foi incluído no arquivo de mapeamento um relacionamento entre a *feature* “Group” e a classe de mesmo nome pertencente à Ontologia de Colaboração (Figura 20).

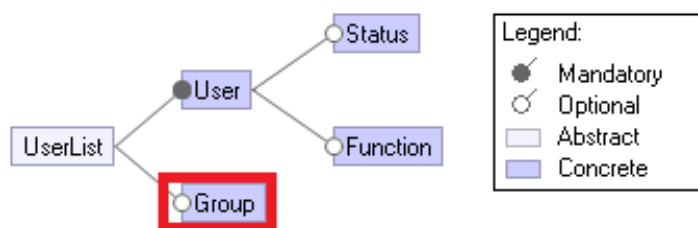


Figura 19 - Modelo de Features da Evolução do Serviço Lista de Usuários

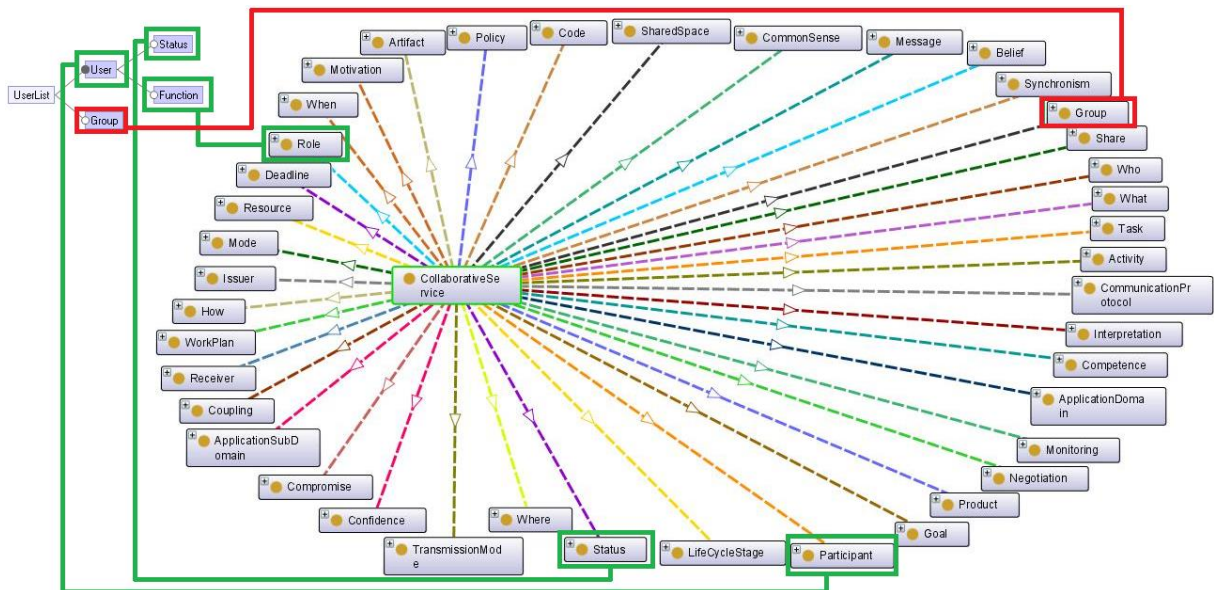


Figura 20 - Mapeamento entre o Modelo de *Features* e a Ontologia de Colaboração Atualizado

Ao término da evolução do modelo de *features* e do arquivo de mapeamento, iniciou-se a tarefa “Desenvolver a Atualização do Serviço de Colaboração”. Nesta tarefa, realizou-se o desenvolvimento do código fonte do serviço “Lista de Usuários”. Durante o desenvolvimento, o participante teve que se atentar para o código já existente e aos conceitos utilizados, tais como a LPS e SOA. Adicionalmente, o participante derivou uma “Lista de Usuários” contendo a nova funcionalidade, e desenvolveu um componente *web*, utilizando o PrimeFaces, para testar a evolução realizada em uma instância local do E-SECO (instância de desenvolvimento). A Figura 21 ilustra o componente *web* desenvolvido.

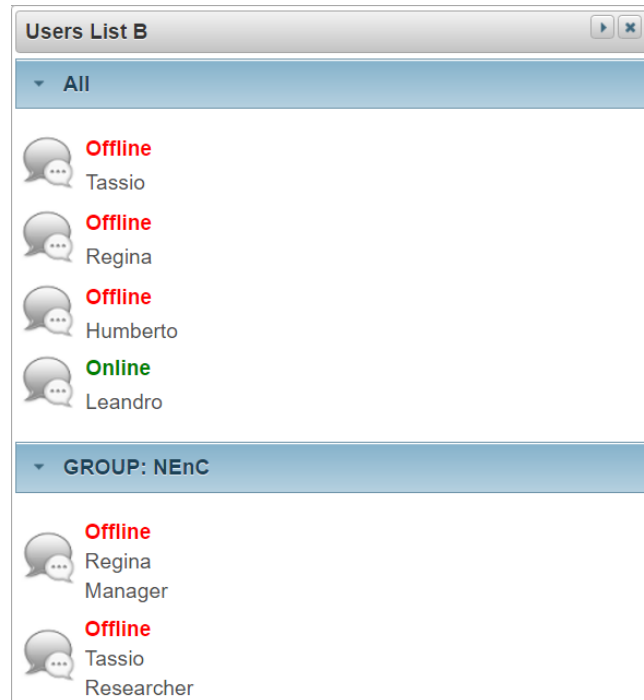


Figura 21 - Componente *Web* da Evolução da Lista de Usuários Derivada

Por fim, o participante integrou os artefatos evoluídos aos artefatos do repositório da plataforma do ecossistema por meio da tarefa “Integrar Artefatos à Plataforma do Ecossistema”. O repositório utilizado foi criado, especificamente, para este estudo de caso. Ao finalizar o processo de desenvolvimento, o participante respondeu a um questionário com o propósito de avaliar alguns aspectos do processo. A seguir, os dados coletados serão apresentados e analisados.

4.2.1 Resultados do Primeiro Estudo de Caso - Piloto

Os dados obtidos durante a realização do estudo de caso foram obtidos por meio de um questionário de avaliação e de observação direta. A Figura 22 apresenta um gráfico com as respostas fornecidas pelo participante. Para facilitar a representação das informações, as opções da escala Likert foram pontuadas da seguinte forma:

- Discordo fortemente: 1 ponto
- Discordo: 2 pontos
- Não concordo e não discordo: 3 pontos
- Concordo: 4 pontos
- Concordo fortemente: 5 pontos

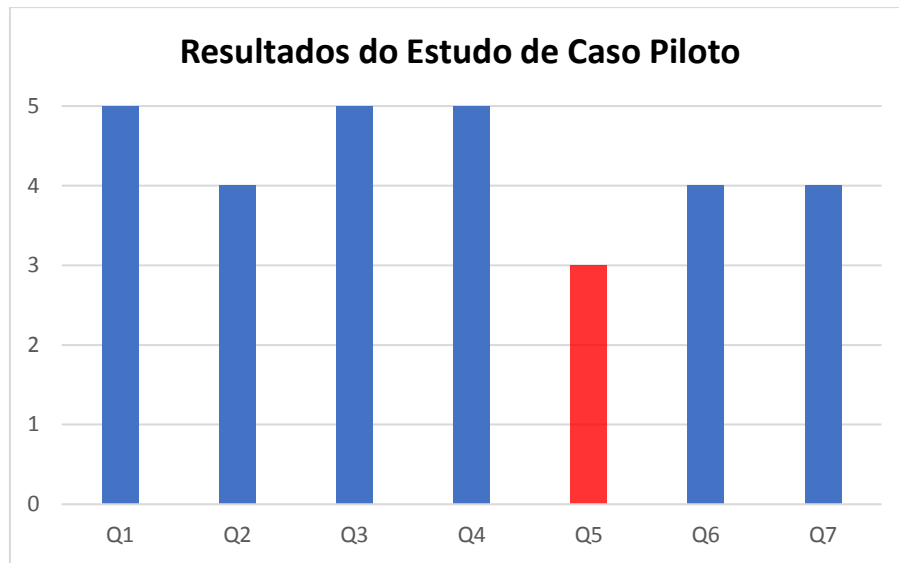


Figura 22 - Respostas do Questionário de Avaliação do Estudo de Caso Piloto

Como pode ser observado, de modo geral, há evidências de que o processo atende às necessidades do desenvolvimento da evolução de um serviço de colaboração. Em Q1, o participante apontou que a busca foi importante para encontrar os serviços existentes no ecossistema e os artefatos relacionados e eles. Segundo o participante, analisar os artefatos, ao se utilizar uma abordagem de LPS, foi importante pois os serviços encontrados com a busca podem não representar todas as possibilidades de derivação da LPS associada a ele. Em Q2, o participante considerou a tarefa simples, uma vez que havia apenas um documento de requisitos associado ao serviço “Lista de Usuários”. Contudo, o participante apontou que essa tarefa é importante para manter a consistência da documentação do serviço, o que facilitará futuras manutenções e evoluções. Em Q3 e Q4, o participante considerou ambas as tarefas importantes, indicando que elas possibilitam manter o padrão, tanto do modelo de *features* quanto do arquivo de mapeamento, já existente para o serviço “Lista de Usuários”. Em Q5, o participante não concorda e não discorda que o processo auxilia o desenvolvimento da evolução pois o que mais importou foi o seu conhecimento sobre a linguagem de programação Java. Entretanto, apesar de indicar no questionário que “não concorda e não discorda” do apoio fornecido pela tarefa “Desenvolver a Atualização do Serviço de Colaboração”, o participante apontou que especificar as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento foi importante para indicar quais partes do código deveriam ser modificadas e onde a nova funcionalidade deveria ser desenvolvida. Em Q6, o participante concordou que especificar a tarefa de integração é importante, contudo, ele acredita que o desenvolvedor deve possuir conhecimento, mesmo que superficial, sobre os

conceitos de gerenciamento de controle de versão utilizado no GitHub. Em Q7, o participante considerou o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração útil. Segundo o participante: “*sem o processo, provavelmente alguns artefatos não seriam atualizados durante a evolução do serviço, principalmente o mapeamento do modelo de features com a ontologia*”. Em Q10, o participante disse que o treinamento foi satisfatório para a utilização do processo, porém deve ser detalhado e oferecido mais recursos (por exemplo vídeos) para apoiar a compreensão. Por fim, em Q11, o participante considera que o processo está completo e não apresentou nenhuma sugestão de melhoria para o mesmo.

Por meio da observação direta, foi possível perceber que o participante teve facilidade tanto em editar o modelo de *features* quanto o arquivo de mapeamento. Além disso, foi possível perceber que o participante teve dificuldades ao desenvolver o componente *web* utilizando o PrimeFaces. Durante o desenvolvimento do componente *web*, o participante disse que possuía baixo conhecimento sobre este *framework*.

A partir dos resultados obtidos por meio do questionário de avaliação, da observação direta e da entrevista informal, foram coletadas evidências que podem ser utilizadas para responder a primeira questão de pesquisa (Q1: Como o processo de desenvolvimento de serviços de colaboração auxilia a evolução de serviços já existentes no ecossistema?), uma vez que o processo apresentou todas as informações necessárias para que o serviço fosse atualizado.

No estudo de caso piloto, as questões 8 e 9 (Apêndice C), referentes ao mecanismo de apoio à interoperabilidade, não foram aplicadas ao participante. Isso ocorreu devido ao fato do mecanismo de apoio à interoperabilidade não ter sido utilizado na avaliação, uma vez que o mesmo estava em processo de desenvolvimento quando o estudo piloto foi executado. Consequentemente, não foram levantadas evidências para responder a segunda questão de pesquisa.

É importante destacar que a execução do estudo de caso piloto foi uma atividade cansativa para o participante, uma vez que a execução de todas as tarefas do processo levou aproximadamente nove horas e meio, divididas em dois dias. Considerando os resultados e observações obtidas no estudo piloto, outro estudo de caso (regular) foi conduzido, agora com alguns ajustes realizados. Para tentar reduzir o tempo do estudo, foi decidido que o componente *web* do serviço seria previamente desenvolvido. Além disso, foram realizados ajustes no documento da atividade do estudo de caso que seria entregue aos participantes, e os conceitos sobre SOA seriam melhor detalhados no treinamento. A execução do segundo estudo considera, além das tarefas do processo, a utilização do mecanismo de apoio à interoperabilidade. A segunda execução do estudo de caso é apresentada na seção seguinte.

4.3 SEGUNDO ESTUDO DE CASO - REGULAR

Para o segundo estudo de caso, foram escolhidos três participantes denominados como P1, P2 e P3. Os três participantes atuam no mercado de trabalho e trabalham com desenvolvimento de software em um contexto real de utilização do processo. Além disso, P2 e P3 também são estudantes de pós-graduação em Ciência da Computação. De acordo com as respostas do questionário de caracterização, os três participantes possuem boa experiência com desenvolvimento de software, porém, P1 e P2 possuem pouca experiência com desenvolvimento utilizando a linguagem Java. Os participantes possuem conhecimento mediano sobre os conceitos relacionados a serviços *web* (*web services*), não estão familiarizados com os conceitos relacionados a ecossistemas de software e a LPS.

Do mesmo modo que no estudo piloto, os participantes receberam um treinamento sobre a plataforma E-SECO, as tecnologias utilizadas por ela, e sobre o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração. Este treinamento se diferiu do estudo piloto quanto à apresentação dos conceitos de ecossistema de software e de LPS, uma vez que os participantes possuíam pouco conhecimento sobre estes assuntos. Além disso, foram abordados os conceitos e o funcionamento do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

A atividade realizada pelos participantes foi a mesma que a especificada no estudo piloto. Porém, com o objetivo de diminuir o tempo de execução das atividades do estudo, tanto para os participantes quanto para o condutor do estudo, a interface da “Lista de Usuários” já estava desenvolvida. Desse modo, os participantes, ao terminarem o desenvolvimento da evolução do serviço, deveriam associá-lo ao componente *web* disponibilizado.

Após realizar todas as atividades do processo de desenvolvimento, diferente do estudo piloto, os participantes tiveram que utilizar o mecanismo de apoio à interoperabilidade para alinhar o serviço evoluído por eles com um serviço encontrado em uma instância distribuída. O serviço com o qual o alinhamento foi realizado é o mesmo desenvolvido na seção 3.2 do capítulo anterior.

Após realizar o alinhamento, os participantes utilizaram o arquivo gerado para prover informações que auxiliem a troca de informações entre os usuários da lista. A Figura 23 apresenta a alteração realizada no componente web do serviço Lista de Usuários para apresentar informações sobre o alinhamento. Assim como na subseção 3.4.1 do capítulo anterior, o globo em frente aos nomes indica os pesquisadores que pertencem à instância distribuída alinhada.

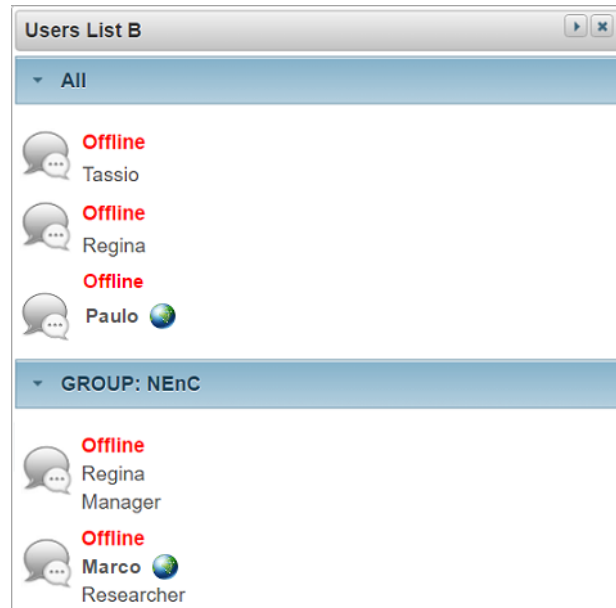


Figura 23 - Componente *Web* da Evolução da Lista de Usuários do Estudo de Caso

Ao final da atividade do estudo de caso, os participantes responderam ao questionário de avaliação. Este estudo durou aproximadamente seis horas e meia, o que indica que o esforço de desenvolvimento do componente *web* é alto ao se comparar com as tarefas do processo. Os dados coletados tanto pelo questionário quanto pela observação direta são apresentados e analisados a seguir.

4.3.1 Resultados do Segundo Estudo de Caso - Regular

A Figura 24 apresenta um gráfico com as respostas fornecidas pelos participantes. Assim como no estudo piloto, as informações da escala Likert foram pontuadas para facilitar sua representação.

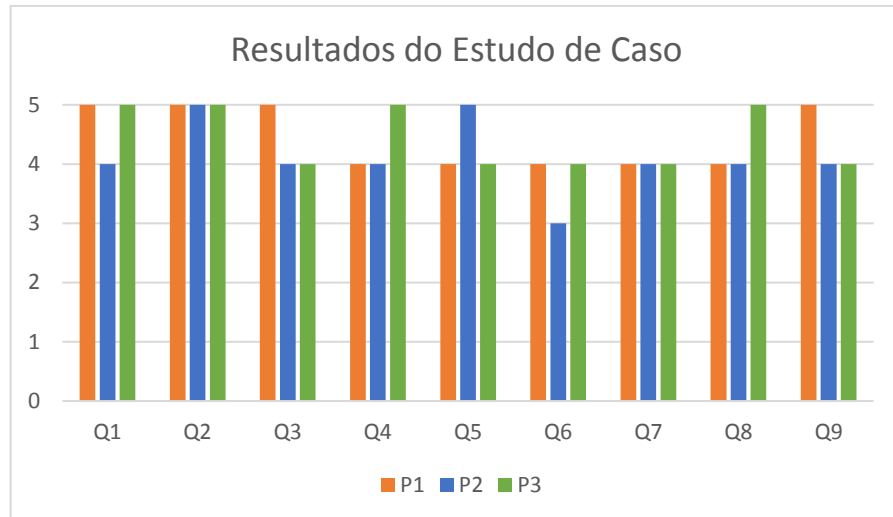


Figura 24 - Respostas do Questionário de Avaliação do Estudo de Caso

Como pode ser observado, tanto o processo de desenvolvimento quanto o mecanismo de apoio à interoperabilidade foram positivamente avaliados. Em Q1, os participantes concordaram que especificar a análise da LPS do serviço retornado na busca é importante para promover o reuso das funcionalidades já implementadas. Conforme mencionado por P1: *“Caso a análise do modelo de features do serviço não tivesse sido especificada, provavelmente eu teria criado um novo serviço de Lista de Usuários do zero”*. Em Q2, os participantes concordaram que esta era uma tarefa simples, uma vez que eles já estavam acostumados a atualizar a documentação existente em seu ambiente de trabalho. Em Q3 e Q4, os participantes indicaram que especificar as tarefas de atualização do modelo de *features* e de atualização do arquivo de mapeamento foi essencial para a evolução da “Lista de Usuários”. Tanto P1 quanto P2 disseram que, sem essa especificação, eles teriam iniciado diretamente o desenvolvimento do serviço, após a atualização do documento de requisitos.

Em Q5, os participantes consideraram a indicação das tecnologias e conceitos utilizados no desenvolvimento importantes. A partir dessa indicação e do treinamento ministrado no início do estudo, eles foram capazes de realizar o desenvolvimento da evolução tirando dúvidas pontuais por meio de pesquisas na Internet. Segundo P2: *“Especificar e explicar os conceitos de LPS e de SOA foi importante para indicar o que eu precisaria entender para desenvolver o serviço”*. Em Q6, os participantes indicaram que a tarefa foi útil e importante, pois eles também utilizam rotinas de integração de artefatos em seu ambiente de trabalho. Em Q7, os participantes consideraram que, de maneira geral, o processo está completo. Conforme mencionado por P3: *“Acredito que, com a ajuda do processo, eu conseguiria criar um serviço novo, ou evoluir um serviço que existe na plataforma”*.

Em Q8, os participantes concordaram que o mecanismo de apoio à interoperabilidade auxilia o alinhamento entre dois serviços. Em Q9, os participantes ficaram muito satisfeitos com a utilização dos dados do alinhamento. A princípio, os participantes não entenderam a utilidade de se alinhar dois serviços. Porém, após utilizar o alinhamento para prover informações aos usuários, eles consideram a ideia do alinhamento interessante. P3 disse que: *“Com os dados do alinhamento de um serviço simples já é possível fornecer informações para os usuários. Mais ainda, imagina se os serviços alinhados forem serviços mais complexos? Ajudaria bastante os usuários a trocarem informações”*.

Em Q10, os participantes concordaram que o treinamento foi suficiente para a realização das atividades do estudo. Eles consideraram importante a motivação e explicação sobre a utilização de uma LPS e de uma ontologia. P1 afirmou que: *“Utilizar uma ontologia para ajudar a padronizar as informações dos serviços foi uma boa ideia. Acho que com isso, as pessoas podem desenvolver serviços compatíveis uns com os outros”*. Logo após, P2 mencionou que: *“A escolha de uma LPS foi interessante para fornecer serviços distintos que possuam um núcleo comum que pode trocar informações”*. Em Q11, os participantes não informaram nenhuma sugestão de melhoria para o processo.

Por meio da observação direta, foi possível perceber que os participantes, assim como no estudo piloto, tiveram facilidade tanto em editar o modelo de *features* quanto o arquivo de mapeamento. Além disso, foi possível perceber que os participantes tiveram, inicialmente, dúvidas quanto à implementação utilizando os conceitos SOA. Entretanto, após sanar suas dúvidas, por meio de pesquisas na internet, eles tiveram facilidade em associar o serviço atualizado ao componente *web* disponibilizado. Por fim, os participantes demonstraram grande interesse em conhecer melhor o funcionamento do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

Assim como no estudo de caso piloto, os resultados obtidos por meio do questionário de avaliação, da entrevista informal e da observação direta apresentam evidências que podem ser utilizadas para responder às questões de pesquisa. Em relação à primeira questão (Q1): *“como o processo de desenvolvimento de serviços de colaboração auxilia a evolução de serviços já existentes no ecossistema?”*, um desenvolvedor sinalizou que *“o processo ajuda a manter todos os artefatos do serviço atualizados, e ajuda a entender as tecnologias utilizadas em seu desenvolvimento, de maneira que seja possível manter um padrão ao desenvolver a evolução deste serviço”*. Já sobre a segunda questão (Q2): *“como os serviços derivados de uma LPS criada de acordo com o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração conseguem interoperar entre si?”*, outro desenvolvedor mencionou que *“ao evoluir o modelo de features e o arquivo de mapeamento entre o modelo e a ontologia, é possível transferir isso*

para o serviço desenvolvido, permitindo que suas informações possam ser analisadas pelo mecanismo de apoio à interoperabilidade utilizado no estudo”.

4.4 AMEAÇAS À VALIDADE

Mesmo diante dos resultados obtidos, as avaliações apresentaram algumas ameaças à validade. Quanto à *validade externa*, o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração está limitado ao contexto da plataforma E-SECO. Além disso, ecossistemas de software podem ser diferentes uns dos outros. Por isso, tanto o processo de desenvolvimento quanto o mecanismo de apoio à interoperabilidade não pode ser generalizado. Entretanto, foram apresentadas evidências sobre a importância de utilizar as tecnologias e conceitos específicos do ecossistema na definição tanto do processo quanto dos mecanismos associados a ele.

Além da limitação quanto ao contexto da plataforma E-SECO, tanto o processo quanto o mecanismo de apoio à interoperabilidade estão relacionados ao contexto de colaboração, ou seja, ao desenvolvimento e à interoperabilidade de serviços de colaboração. Entretanto, acredita-se que a estratégia utilizada para os serviços de colaboração possa ser estendida para outros serviços que possam ser integrados à plataforma E-SECO.

Por fim, quando à *validade dos resultados*, o estudo de caso não foi realizado com um grande número de pessoas, o que impossibilitou obter resultados estatísticos sobre as evidências apresentadas. Além disso, outros domínios de aplicação necessitam ser utilizados no sentido de verificar se o processo proposto pode ser estendido, por exemplo, Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*). Entretanto, esta pesquisa apresenta contribuições no sentido de oferecer direções para que o desenvolvimento de software possa ser conduzido no contexto de um ecossistema de software científico.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou um estudo de caso sobre a utilização do processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração, e sobre a utilização do mecanismo de apoio à interoperabilidade. As informações obtidas tanto no primeiro estudo (piloto) quanto no segundo (regular) apresentam evidências que podem ser utilizadas para responder às questões de pesquisa inicialmente formuladas.

Contudo, é importante ressaltar que o estudo foi realizado com uma pequena amostra. Além disso, o processo de desenvolvimento foi avaliado apenas sob o aspecto da

evolução de um serviço existente na plataforma. Diante disso, novas investigações devem ser realizadas para coletar outras evidências sobre a utilização tanto do processo quanto do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como objetivo de apresentar as contribuições deste trabalho, as suas limitações e os trabalhos futuros.

5.1 CONTRIBUIÇÕES

A realização de experimentos científico geograficamente distribuídos envolvem atividades complexas que são executadas com a colaboração de diversos pesquisadores. Para apoiar a colaboração entre os pesquisadores, é necessário fornecer serviços para apoiar a realização das atividades do experimento. São exemplos de serviços de colaboração: Lista de Usuários, Fórum, Troca de Mensagem, Gerenciador de Serviços, entre outros. Além disso, não basta apenas fornecer serviços de colaboração aos pesquisadores. Deve-se considerar o contexto de cada grupo de pesquisa, ou seja, um serviço de colaboração que atende às necessidades de um grupo de pesquisa pode não ser adequado para outro pois seu ambiente de trabalho é diferente.

Diante disso, este trabalho contribui com (i) um processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração em um ecossistema de software científico, e (ii) um mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração.

O processo de desenvolvimento foi criado a partir dos requisitos da plataforma E-SECO, entre eles: a utilização de uma Linha de Produtos de Software (LPS), a representação da LPS por meio de um modelo de *features*, o mapeamento do modelo de *features* com uma ontologia, e o desenvolvimento dos serviços de colaboração utilizando uma arquitetura orientada a serviço (SOA). Ao seguir o processo de desenvolvimento, é possível criar serviços de colaboração compatíveis com os requisitos da plataforma E-SECO, adaptáveis às necessidades de cada grupo de pesquisa, e com capacidade de interoperar. O processo possui as seguintes tarefas: (i) Realizar Planejamento Inicial, onde o serviço é descrito superficialmente; (ii) Buscar e Recuperar Serviços, onde são identificados os serviços existentes na plataforma para se decidir se um novo serviço deve ser criado ou se um serviço existente pode ser evoluído; (iii) Criar Novo Serviço, que possui um conjunto de tarefas que devem ser realizadas caso um novo serviço deva ser criado; e (iv) Evoluir Serviço Existente, que possui um conjunto de tarefas que devem ser realizadas caso um serviço possa ser evoluído.

O mecanismo de apoio à interoperabilidade entre serviços de colaboração utiliza as informações presentes nos serviços, tais como: o arquivo de mapeamento entre o modelo de *features* do serviço e a Ontologia de Colaboração, e os dados utilizados pelos serviços para criar

um alinhamento entre eles. Este alinhamento é realizado da seguinte forma: (i) o mecanismo carrega os dados dos dois serviços de colaboração que serão alinhados na Ontologia de Colaboração; (ii) utiliza-se a máquina de inferência para obter novas informações sobre os dados dos serviços; (iii) cria-se os pares de informações a serem validados; (iv) o usuário que está realizando o alinhamento valida os pares de informações fornecidos pelo mecanismo; e (v) gera-se um arquivo de alinhamento que poderá ser utilizado para apoiar a troca de informações entre os serviços alinhados, fornecendo, por exemplo, informações que apoiem a percepção dos usuários.

Como teste funcional do processo de apoio ao desenvolvimento, foi desenvolvido um serviço de colaboração de “Lista de Usuários”. A partir daí dois serviços de “Lista de Usuários” distintos foram derivados para serem utilizados como teste funcional do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

Além de fornecer o processo e o mecanismo de apoio à interoperabilidade, este trabalho contribui com um estudo de caso que apresenta evidências sobre a utilidade de ambos. Com este estudo, foi possível responder as questões de pesquisa formuladas.

Como lições aprendidas após o estudo de caso, percebeu-se que é necessário automatizar o processo por meio de uma ferramenta integrada à plataforma E-SECO. Além disso, acredita-se que, para facilitar a utilização do processo pelos desenvolvedores, é necessário fornecer um passo-a-passo para guiar a realização das tarefas.

5.2 LIMITAÇÕES

Como limitações deste trabalho pode-se destacar que tanto o processo de desenvolvimento quanto o mecanismo de apoio à interoperabilidade foram desenvolvidos, utilizados e avaliados no contexto da plataforma E-SECO. Isso implica que as estratégias apresentadas não podem ser generalizadas para qualquer ecossistema de software, uma vez que os mesmos podem possuir características distintas entre si.

Quanto ao estudo de caso, podem-se citar como limitações a quantidade de participantes do estudo e a sua abrangência. No primeiro caso, poucas pessoas participaram do estudo de caso, sendo que no primeiro estudo houve um participante, enquanto que no segundo estudo houve três participantes. No segundo caso, apenas a utilização do processo quanto à evolução de um serviço de colaboração foi abordada, o que indica a necessidade de novos estudos para avaliar o processo quanto à criação de novos serviços.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros pode-se citar a realização de novas avaliações com o objetivo de obter resultados estatisticamente relevantes que apontem para a validade tanto do processo de desenvolvimento quanto do mecanismo de apoio à interoperabilidade.

Quanto ao processo de apoio ao desenvolvimento, é necessário avaliar a possibilidade de abordar não apenas serviços de colaboração, mas também outros tipos de serviços, como por exemplo, serviços científicos. Além disso, espera-se evoluir o processo de apoio ao desenvolvimento para que ele considere a composição de serviços de colaboração. Ao incluir a composição de serviços, acredita-se que o retrabalho será minimizado num cenário em que não se pode estender um serviço. Isso porque ao invés de criar um serviço do início, pode-se criar um serviço que será composto por serviços existentes.

Quanto ao mecanismo de apoio à interoperabilidade, espera-se avaliar a possibilidade de substituir e/ou adicionar outras estratégias para a criação de pares de informações a serem alinhadas. Além disso, é necessário explorar melhor o modo como o arquivo de alinhamento entre dois serviços será utilizado e quais os benefícios que ele pode gerar.

Posteriormente, pretende-se avaliar o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços em um contexto mais amplo, de modo a considerar diferentes ecossistemas de software.

REFERÊNCIAS

ARAKAKI, M. G.; MARTINS, G. G.; DAVID, J. M. N.; BRAGA, R. M.; CAMPOS, F. C. A.; NEIVA, F. W. “Um Processo para o Desenvolvimento de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico”, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, Porto Alegre, RS, p. 1522-1536, 2016.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. The goal question metric approach. *Encyclopedia of Software Engineering*, v. 2, p. 528-532, 1994.

BELLOUM, A.; INDA, M.; VASUNIN, D.; KORKHOV, V.; ZHAO, Z.; RAUWERDA, H.; BREIT, T.; BUBAK, M.; HERTZBERGER, L. Collaborative e-science experiments and scientific workflows. *IEEE Internet Computing*, 15(4), p. 39-47, 2011.

COSTA, G.; BRAGA, R.; DAVID, J. M. N.; CAMPOS, F. A. Scientific Software Product Line for the Bioinformatics Domain. In *Journal of Biomedical Informatics*, 56, p. 239-264, 2015.

FREITAS, V.; DAVID, J. M. N.; BRAGA, R.; CAMPOS, F. Uma Arquitetura para Ecossistema de Software Científico. *Workshop em Desenvolvimento Distribuído de Software, Ecossistemas de Software e Sistemas-de-Sistemas (WDES 2015)*, CBSoft, Belo Horizonte, MG, p. 41-48, 2015.

FUKS, H.; RAPOSO, A. B.; GEROSA, M. A. Do Modelo de Colaboração 3C à Engenharia de Groupware. In: *WEBMIDIA 2003 - Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, Trilha especial de Trabalho Colaborativo Assistido por Computador, 2003*, Salvador/BA. Anais. p. 445-452, 2003.

FUKS, H.; RAPOSO, A.; GEROSA, M. A.; PIMENTEL, M.; LUCENA, C. J. P. The 3C Collaboration Model. In *The Encyclopedia of E-Collaboration*, Ned Kock (org), p. 637-644, 2007.

GADELHA, B., NUNES, I., FUKS, H. AND LUCENA, C. J. P. An approach for developing groupware product lines based on the 3C collaboration model, In: *15th international conference on Groupware*, Berlin, Germany, p. 328-343, 2009.

GIMENES, I. M. S.; TRAVASSOS, G. H. O Enfoque de Linha de Produto para Desenvolvimento de Software, In *XXI Jornada de Atualização em Informática (JAI)*, Evento Integrante do XXII Congresso da SBC, p. 1-31, 2002.

GUARINO, N. *Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 1st International Conference June 6-8, 1998, Trento, Italy*. 1st. ed., 1998.

IANSTITI, M.; LEVIEN, R. *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*, p. 304, 2004.

JOHANSEN, M. F.; FLEUREY, F.; ACHER, M.; COLLET, P.; LAHIRE, P. Exploring the synergies between feature models and ontologies. In: SPLC Workshops, p. 163-170, 2010.

KANG, K. C.; LEE J.; DONOHOE, P. Feature-Oriented Product Line Engineering. In: IEEE Software, v. 19, n. 4, p. 58-65, 2002.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report. 2007.

LAITENBERGER, O.; DREYER, H. M. Evaluating the usefulness and the ease of use of a web-based inspection data collection tool. In: IEEE. Software Metrics Symposium, 1998. Metrics 1998. Proceedings. Fifth International, p. 122-132, 1998.

LIMA, M. P. ONTORISYS: Uma solução para apoio à identificação e análise qualitativa de riscos em um ambiente colaborativo de gestão de projetos. Dissertação de Mestrado - Universidade de Salvador (UNIFACS), Salvador, BA, 2013.

LIMA, M. P.; DAVID, J. M. N.; DANTAS, B. T. Gerenciamento de riscos e contexto em ambientes colaborativos de gestão de projetos de desenvolvimento de software. VII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, p. 95-102, 2010.

MANIKAS, K.; HANSEN, K. M. Software ecosystems – A systematic literature review. Journal of Systems and Software, Elsevier Inc., ISSN 01641212, v. 86, n. 5, p. 1294-1306, 2013.

MARTINS, G. G.; NEIVA, F. W.; DAVID, J. M. N.; BRAGA, R. M.; CAMPOS, F. C. A. Colaboração no Ciclo de Vida de um Experimento Científico no Contexto de um Ecossistema de Software, In XII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, Salvador, BA, p. 114-121, 2015.

MATTOSO, M.; WERNER, C.; TRAVASSOS, G. H.; BRAGANHOLO, V.; MURTA, L. Gerenciando experimentos científicos em larga escala. In: Seminário Integrado de Software e Hardware, Belém. SEMISH, Congresso da SBC, 2008. p. 121-135. 2008.

MILLER, G. A. Wordnet: a lexical database for english. Communications of the ACM, ACM, v. 38, n. 11, p. 39-41, 1995.

MIRANDA, G. C. V.; SOUZA, J. A. B. V.; BRAGANHOLO, V. AND OLIVEIRA, D. CollabCumulus: Uma Ferramenta de Apoio à Análise Colaborativa de Proveniência em Workflows Científicos, In: XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, Curitiba, PR, p. 94-101, 2014

NECHES, R.; FIKES, R.; FININ, T.; GRUBER, T.; PATIL, R.; SENATOR, T.; SWARTOUT, W.R. Enabling Technology for Knowledge Sharing. AI Magazine. p. 36-56. 1991.

- NEIVA, F.; DAVID, J.M.N.; BRAGA, R.; CAMPOS, F.; FREITAS, V. PRIME: Pragmatic Interoperability architecture to support collaborative development of scientific workflows. In IX Brazilian Symposium on Components, Architectures and Reuse Software (SBCARS), IEEE, p. 50-59, 2015.
- OLIVEIRA, F. F. Uma Ontologia de colaboração e suas aplicações. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 2009.
- PEREIRA, A.; DAVID, J. M. N.; BRAGA, R.; CAMPOS, F. Uma Abordagem para a Integração de Elementos de Colaboração ao Núcleo de Artefatos de uma Linha de Produtos de Software Científico. X Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, p. 16-23, 2013.
- POKRAEV, S.V. Model-driven semantic integration of service-oriented applications. PhD thesis, University of Twente. 2009.
- SCHEPENS, J.; DIJKSTRA, T.; GROOTJEN, F. Distributions of cognates in europe as based on levenshtein distance. Bilingualism: Language and Cognition, Cambridge Univ Press, v. 15, n. 01, p. 157-166, 2012.
- TOLK, A.; MUGUIRA, J. A. The levels of conceptual interoperability model. Proceedings of Fall Simulation Interoperability Workshop. p. 583-587, 2003.
- TRUONG, K.; ABOWD, G.; BROTHERTON, J. Who, What, When, Where, How: Design Issues of Capture & Access Applications. In: International Conference on Ubiquitous Computing, Atlanta, Georgia, USA. London-UK: Springer-Verlag, p. 209-224, 2001.
- WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. Experimentation in software engineering. Springer Science & Business Media, 2012.
- VIVACQUA, A.; GARCIA, A. Ontologia de Colaboração. In: Sistemas Colaborativos (Org. PIMENTEL, M.; FUKS, H.). Rio de Janeiro: Elsevier, p. 34-49, 2011.
- ZHANG, J.; KUC, D.; LU, S. Confucius: A Tool Supporting Collaborative Scientific Workflow Composition, IEEE Transactions on Services Computing, v. 7, No. 1, p. 2-17, 2014.

APÊNDICE A - Questionário de Caracterização do Participante

DADOS PESSOAIS

- Nome:
- E-mail:
- Nível de Formação:
- Curso de Formação:
- Instituição:
- Atuação: () Mercado de Trabalho
() Academia
- Experiência em Desenvolvimento de Software (tempo):
- Experiência em Desenvolvimento Java (tempo):

QUESTIONÁRIO

1. Como você avalia seus conhecimentos em relação a linguagem de programação Java?
() Muito Fraco () Fraco () Mediano () Bom () Muito Bom
2. Como você avalia seus conhecimentos em relação ao desenvolvimento web utilizando a linguagem de programação Java?
() Muito Fraco () Fraco () Mediano () Bom () Muito Bom
3. Como você avalia seus conhecimentos em relação ao desenvolvimento de serviços *web* (ou *web services*)?
() Muito Fraco () Fraco () Mediano () Bom () Muito Bom
4. Como você avalia seus conhecimentos sobre Ecossistemas de Software?
() Muito Fraco () Fraco () Mediano () Bom () Muito Bom
5. Como você avalia seus conhecimentos sobre Linha de Produtos de Software?
() Muito Fraco () Fraco () Mediano () Bom () Muito Bom

6. Como você avalia seus conhecimentos sobre a modelos de *features*, normalmente utilizados para representar de uma Linha de Produtos de Software?

Muito Fraco Fraco Mediano Bom Muito Bom

7. Como você avalia seus conhecimentos sobre estratégias de interoperabilidade entre serviços?

Muito Fraco Fraco Mediano Bom Muito Bom

8. Utiliza algum processo de desenvolvimento? Se sim, qual o processo e quanto tempo o utiliza?

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Condutor do Estudo: Guilherme Gomes Martins

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Prezado Senhor (a), Ecossistemas de Software Científico como o E-SECO, oferecem a capacidade de evolução por meio de desenvolvedores externos. Entretanto, para desenvolver a plataforma E-SECO é necessário levar em conta as tecnologias nele implantada, o que torna essa evolução mais difícil. Pensando nisso, esse trabalho busca auxiliar desenvolvedores que pretendem evoluir o ecossistema, adicionando e estendendo serviços de colaboração para o E-SECO. Para isso, é proposto um processo para apoiar o desenvolvimento de serviços de colaboração do E-SECO. Esse experimento busca avaliar como esse processo realiza este apoio e quais pontos devem ser melhorados.

1) Procedimentos

O participante realizará algumas atividades referentes ao desenvolvimento de software para o E-SECO, seguindo o processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração. Para participar deste estudo, solicito a sua colaboração em: (1) permitir que os dados resultantes da sua avaliação sejam estudados, (2) participar de entrevista e/ou responder um questionário. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados.

2) Tratamento de possíveis riscos e desconfortos

Serão tomadas todas as providências durante a coleta de dados de forma a garantir a sua privacidade e seu anonimato. Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente a atividades relacionadas à solução proposta, não sendo utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal.

3) Benefícios e Custos

Espera-se com esse estudo que você possa aumentar seu conhecimento quanto ao desenvolvimento voltado para ecossistemas de software científico. Os resultados do estudo serão muito importantes para aprimorar o desenvolvimento de software para Ecossistemas. Você não terá nenhum gasto ou ônus com sua participação no estudo e também não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à participação na pesquisa.

4) Confidencialidade da Pesquisa

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome e o da sua organização não serão identificados de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para esse fim.

5) Participação

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar um pesquisador responsável.

6) Declaração de consentimento

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada satisfatoriamente e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Data: ____ / ____ / ____.

RG do Participante: _____.

Nome do Participante (letra de forma):

_____.

Assinatura:

_____.

APÊNDICE C – Questionário de Avaliação do Estudo de Caso

1. Especificar a atividade de “Busca e Recuperação de Serviços” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução do serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

2. Especificar a subatividade de “Planejamento da Extensão” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução de um serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

3. Especificar a subatividade de “Atualização da Modelagem do Serviço de Colaboração” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução do serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

4. Especificar a subatividade de “Atualização da Associação Modelo de *Features* com a Ontologia de Colaboração” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução do serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

5. Especificar a subatividade de “Desenvolvimento da Atualização do Serviço de Colaboração” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução do serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

6. Especificar a subatividade de “Integração dos Artefatos na Plataforma do Ecossistema” no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração facilita a evolução do serviço.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

7. O processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração, de modo geral, auxilia a evolução de um serviço existente no ecossistema.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

8. O mecanismo de apoio à interoperabilidade auxilia o alinhamento entre dois serviços de colaboração.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

9. Os dados oriundos do alinhamento entre dois serviços auxiliam a interoperabilidade entre eles.

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não concordo e não discordo
- Concordo
- Concordo fortemente

Observações:

10. O treinamento foi suficiente para a utilização do processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração?

11. Você acredita que falta alguma informação no processo de apoio ao desenvolvimento de serviços de colaboração? Se sim, quais suas sugestões?