

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

Leonardo de Aguiar Pereira

**Suporte ao Desenvolvimento de Serviços em Ecossistemas Científicos  
através da Visualização de Software**

Juiz de Fora

2018

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

Leonardo de Aguiar Pereira

**Suporte ao Desenvolvimento de Serviços em Ecossistemas Científicos  
através da Visualização de Software**

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 para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. D.Sc. José Maria Nazar David

Coorientador: Prof. D.Sc. Victor Ströele de Andrade Menezes

Juiz de Fora

2018

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

de Aguiar Pereira, Leonardo.

Suporte ao Desenvolvimento de Serviços em Ecossistemas Científicos através da Visualização de Software / Leonardo de Aguiar Pereira. -- 2018.

109 f.

Orientador: José Maria Nazar David

Coorientador: Victor Ströele de Andrade Menezes

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2018.

1. Ecossistema de Software. 2. e-Science. 3. Visualização. 4. Contexto. 5. Redes Sociais Científicas. I. Nazar David, José Maria, orient. II. Ströele de Andrade Menezes, Victor, coorient. III. Título.

Leonardo de Aguiar Pereira

**Suporte ao Desenvolvimento de Serviços em Ecossistemas Científicos  
através da Visualização de Software**

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 para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovada em 22 de março de 2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. D.Sc. Victor Ströele de Andrade Menezes - Coorientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Profa. D.Sc. Regina Maria Maciel Braga  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Profa. D.Sc. Neide dos Santos  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e especialmente a Deus, figura divina e inspiradora, senhor do inexplicável.

Aos meus pais, irmãos e amigos íntimos, por me apoiarem nesta jornada.

Ao meu orientador, professor José Maria, por todo aprendizado passado a mim e por todo incentivo técnico, moral e emocional. Agradeço por toda compreensão e paciência, e por ter depositado confiança em mim e em meu trabalho. Obrigado pelo convívio e por todas as palavras que me fizeram crescer como ser humano e como profissional.

Ao meu coorientador, professor Victor Ströele, pelos ensinamentos e contribuições que enriqueceram este trabalho.

Às professoras Regina Braga e Neide dos Santos, por aceitarem participar da banca e por todas as contribuições que enriqueceram este trabalho.

A todos meus professores do mestrado, incluindo os já citados anteriormente: Fernanda Campos, Marco Antônio, Jairo de Souza e Marcelo Bernardes, pelos conteúdos que me foram apresentados e pela forma como foram apresentados.

A todos meus colegas de turma e integrantes do PPGCC, em especial para Phillippe Marques, Camila Paiva, Lenita Ambrósio, Cláudio Lellis, Hugo Guércio, Pedro Ivo, Heitor Magaldi, André Abdalla, Iuri Carvalho e Leandro Simões, pelo convívio mais próximo e pela amizade formada.

Um agradecimento especial a Anderson Kopke, por me apoiar e me motivar em momentos difíceis. Juntamente com Dionisio Louro por ter apostado em meu trabalho desde que nos conhecemos.

Agradeço ao meu Sensei de Karate Rousimar Neves, por todos os valiosos ensinamentos e por ter se tornado, para mim, um líder espiritual e fonte de inspiração, motivação e bons exemplos.

*“The entire art of teaching is only  
the art of awakening the natural  
curiosity of the young mind for the  
purpose of satisfying it later.”*

*Anatole France*

## RESUMO

Plataformas de apoio à experimentação científica apoiam cientistas e permitem que eles possam desfrutar de recursos para prosseguir com suas pesquisas. Dentre esses recursos estão os serviços científicos, usados para processar dados em determinadas tarefas de um processo de experimentação científica. Desenvolvedores especializados criam e mantêm esses serviços científicos. O sucesso de uma experimentação científica depende da correta execução de seu processo. Como os serviços científicos são utilizados em tarefas dos processos, suas falhas comprometem toda a experimentação. Por isso, é importante que os serviços estejam funcionando corretamente. Neste contexto, é necessário apoiar o desenvolvedor de serviços científicos para que ele possa desenvolver serviços com o máximo de eficiência possível. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar recursos que buscam apoiar o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico. Esses recursos são associados a um processo de desenvolvimento de serviços que mapeia as atividades dos desenvolvedores e cientistas durante o desenvolvimento de serviços. Apresenta uma interface para análise contextual dos serviços, oferecendo elementos de visualização associados a informações contextuais. Além disso, utiliza a análise de redes sociais científicas para auxiliar na seleção de cientistas mais adequados à avaliação dos serviços. Visando avaliar estes recursos, foram realizados estudos de caso envolvendo o desenvolvimento de serviços científicos. Os resultados sugerem que os recursos empregados podem apoiar o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de Serviços Científicos, Visualização, Contexto, Redes Sociais Científicas, Ecossistema de Software, e-Science.

## ABSTRACT

Platforms supporting scientific experimentation support scientists and allow them the use of resources to pursue their research. Among these resources are the scientific services, used to process data in certain tasks of a process of scientific experimentation. Specialized developers create and maintain these scientific services. The success of a scientific experiment depends on the correct execution of its process. As scientific services are used in process tasks, their failures undermine all experimentation. Therefore, it is important that the services are working properly. In this context, it is necessary to support the scientific services developer so that he can develop services as efficiently as possible. Therefore, the objective of this work is to present resources that seek to support the development of scientific services in a scientific software ecosystem platform. These resources are associated with a service development process that maps the activities of developers and scientists during service development. It presents an interface for contextual analysis of the services, offering elements of visualization associated with contextual information. In addition, it uses the analysis of scientific social networks to assist in the selection of better suited scientists to the evaluation of services. In order to evaluate these resources, case studies involving the development of scientific services were carried out. The results suggest that the resources employed can support the development of scientific services in a scientific software ecosystem platform.

**Keywords:** Scientific Service Development, Visualization, Context, Scientific Social Networks, Software Ecosystem, e-Science.

## LISTA DE FIGURAS

1.1. Estrutura da Dissertação.....	21
2.1. Ciclo de vida de um experimento científico (BELLOUM et al., 2011) .....	25
2.2. Visão geral da plataforma E-SECO (MARQUES et al., 2017) .....	28
2.3. Processo de Desenvolvimento de Serviços em um ECOSC (MARQUES, 2017) .....	29
2.4. O modelo 3C (FUKS et al., 2002) .....	30
2.5. Processo da visualização (WARE, 2012) .....	35
3.1. Diagrama de componentes relacionados à solução.....	45
3.2. Esquema criado para o registro dos serviços científicos no banco de dados.....	47
3.3. Processo de Desenvolvimento de Serviços.....	48
3.4. Sub Processo de Desenvolvimento da Solicitação.....	50
3.5. Sub Processo de Desenvolvimento de Análise de Serviço.....	52
3.6. Modelo de contexto de Cientista.....	54
3.7. Modelo de contexto de Experimento.....	55
3.8. Modelo de contexto de Serviço Científico.....	56
3.9. Modelo de contexto de Avaliação de Serviço Científico.....	57
3.10. Apresentação dos dados básicos e específicos de serviços.....	58
3.11. Visualização dos dados de utilização do serviço e avaliações.....	59
3.12. Visualização das métricas internas do serviço.....	60
3.13. Suporte aos comentários sobre um serviço em desenvolvimento .....	61
3.14. <i>Parallel Coordinates</i> de avaliações de um serviço.....	62
3.15. Funcionamento da ontologia de recomendação de visualizações.....	64
3.16. Exemplo do recurso de comparação de serviços.....	66

3.17. Exemplo de avaliação de serviço.....	68
4.1. Exemplo de informações contextuais.....	74
4.2. Exemplo de recurso de visualização.....	74
4.3. Exemplo de suporte à coordenação.....	75
4.4. Exemplo de recurso para apoio à comunicação e cooperação. ....	75

## **LISTA DE TABELAS**

2.1. Comparativo entre os trabalhos relacionados e a proposta.....	41
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**PRIME** - PRagmatic Interoperability to MEaningful collaboration

**ECOS** - ECOssistema de Software

**ECOSC** - ECOssistema de Software Científico

**E-SECO** - E-Science Ecosystem

**IDE** - Integrated Development Environment

**UFJF** - Universidade Federal de Juiz de Fora

**P2P** - ponto-a-ponto

**API** - Application Programming Interface

**BPMN** - Business Process Model and Notation

**RF** - Requisitos Funcionais

**RNF** - Requisitos Não Funcionais

**MVC** - Model View Controller

**SOA** - Service-Oriented Architecture

**REST** - Representational State Transfer

**SOAP** - Simple Object Access Protocol

**IDE** - Integrated Development Environment

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2 MOTIVAÇÃO.....	18
1.3 OBJETIVO.....	19
1.4 ORGANIZAÇÃO.....	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 ECOSSISTEMA DE SOFTWARE.....	22
2.2 EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA.....	24
2.3 E-SCIENCE.....	25
2.3.1 SERVIÇOS CIENTÍFICOS.....	26
2.4 E-SECO.....	26
2.4.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS.....	28
2.5 ELEMENTOS DE COLABORAÇÃO.....	30
2.6 CONTEXTO.....	31
2.6.1 MODELAGEM DE CONTEXTO.....	33
2.6.2 OBTENÇÃO DE CONTEXTO.....	33
2.7 VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	35
2.7.1 TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO.....	36
2.8 TRABALHOS RELACIONADOS.....	37
2.8.1 COMPARATIVO.....	40
2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	41
3. APOIANDO O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS EM UM ECOSSISTEMA DE SOFTWARE CIENTÍFICO.....	43
3.1 PROJETO DA SOLUÇÃO.....	43
3.1.1 REQUISITOS.....	43

3.1.2 ARQUITETURA GERAL .....	45
3.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS .....	47
3.3 DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE CONTEXTO .....	53
3.3.1 CIENTISTA .....	53
3.3.2 EXPERIMENTO.....	54
3.3.3 SERVIÇOS CIENTÍFICOS .....	55
3.3.4 AVALIAÇÃO DE SERVIÇO CIENTÍFICO.....	56
3.4 ANÁLISE DE SERVIÇOS .....	57
3.4.1 DADOS E INFORMAÇÕES CONTEXTUAIS .....	57
3.4.2 VISUALIZAÇÕES .....	61
3.4.3 AÇÕES REALIZÁVEIS .....	65
3.4.4 COMPARAÇÃO DE SERVIÇOS .....	65
3.5 DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS.....	66
3.6 AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS .....	67
3.6.1 DESCOBERTA DE AVALIADORES .....	67
3.6.2 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO.....	68
3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO .....	69
4. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	70
4.1 DEFINIÇÕES DA AVALIAÇÃO .....	70
4.2 PLANEJAMENTO DA AVALIAÇÃO .....	71
4.2.1 CONTEXTO DA AVALIAÇÃO .....	71
4.2.2 DEFINIÇÃO DOS PARTICIPANTES E TREINAMENTO .....	72
4.2.3 FONTES DE COLETA DE DADOS E ASPECTOS DA AVALIAÇÃO	73
4.3 ESTUDO DE CASO PILOTO .....	76
4.3.1 RESULTADOS OBTIDOS.....	77
4.4 ESTUDO DE CASO REGULAR .....	81
4.4.1 RESULTADOS OBTIDOS.....	82

4.5 RESULTADOS GERAIS.....	85
4.6 AMEAÇAS À VALIDADE.....	86
4.6.1 VALIDADE DE CONSTRUCTO .....	86
4.6.2 VALIDADE INTERNA.....	86
4.6.3 VALIDADE DE CONCLUSÃO .....	87
4.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....	87
5 CONCLUSÕES.....	88
5.1 BREVE RESUMO .....	88
5.2 CONTRIBUIÇÕES .....	88
5.3 LIMITAÇÕES.....	89
5.4 TRABALHOS FUTUROS.....	89
REFERÊNCIAS .....	90
APÊNDICE A: FORMULÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE	95
APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO DE CASO .....	96
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DO ESTUDO DE CASO: DESENVOLVEDOR .....	98
APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DO ESTUDO DE CASO: CIENTISTA AVALIADOR .....	104
APÊNDICE E: ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS UTILIZADOS PELOS ESTUDOS DE CASO .....	107

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a contextualização e motivação para este trabalho, bem como os objetivos e a estrutura de toda a dissertação.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Software científico é toda aplicação computacional desenvolvida com o objetivo de apoiar pesquisas científicas (KANEWALA; BIEMAN, 2014). É utilizado em áreas como medicina, biologia, química e muitas outras, que lidam com grande quantidade de dados e demanda de processamento. Este tipo de software está associado ao domínio de *e-Science* (HEY; TREFETHEN, 2003). O suporte a recursos de colaboração, pelos softwares científicos, permite aos cientistas trabalharem com maior eficiência. A colaboração científica pode ser definida como a atividade humana, entre dois ou mais cientistas, que facilita o compartilhamento de significado e realização de tarefas em respeito a um objetivo comum (NOVAIS *et al.*, 2013).

Um ecossistema de software representa a interação e colaboração de um conjunto de atores que utilizam uma plataforma tecnológica comum que apresenta uma série de soluções de software ou serviços (MANIKAS, 2016). Quando essa plataforma permite, de forma geograficamente distribuída, o relacionamento entre fornecedores de software científico, institutos de pesquisa, órgãos de fomento, instituições financiadoras e partes interessadas nos resultados de pesquisa, então é configurado um ecossistema de software científico. Uma das atividades realizadas em um ecossistema de software científico é a experimentação científica, que se trata de testes realizados sob circunstâncias pré-estabelecidas com o objetivo de demonstrar uma verdade, examinar a validade de uma hipótese ou determinar a eficácia de uma nova abordagem (SOANES; STEVENSON, 2003). Certos tipos de experimentação podem ser uma atividade complexa e envolver diversos cientistas que devem colaborar entre si para alcançar os objetivos do experimento.

Informações de contexto atuam como um instrumento para diminuir ambiguidades e conflitos entre as informações, bem como melhorar sua qualidade. Contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade (DEY, 2001). Contexto auxilia nas atividades de colaboração, pois permite a coordenação de atividades,

promove a discussão de tarefas pela comunicação e melhora a interação entre os participantes através da cooperação (PIMENTEL; FUKS, 2012). A colaboração também vem sendo tema de interesse de pesquisadores da área de engenharia de software, que apoiam a utilização de informações contextuais para aprimorar a experiência de uso e colaboração dos usuários de seus softwares. Com isso, contexto se tornou um elemento chave para o desenvolvimento de novos softwares (COUTAZ *et al.*, 2005), em especial, software científico.

Softwares que fazem uso de contexto, podem tanto utilizar essas informações em decisões internas e transparentes ao usuário (como exibir algum recurso de acordo com o contexto do usuário), como podem expor ao usuário as informações de contexto de determinada entidade, com o objetivo de auxiliar o usuário a entender melhor sobre aquela entidade. Essa exposição das informações contextuais pode ser aprimorada por técnicas de visualização que favoreçam seu entendimento. Pesquisas vêm sendo realizadas a respeito da utilização de recursos de visualizações de dados associados às informações contextuais em diferentes contextos, com indícios de benefícios (VASCONCELOS, RENAN; SCHOTS; WERNER, 2014).

Neste âmbito, a plataforma E-SECO (*E-Science Software Ecosystem*), é uma plataforma que se baseia na abordagem de um ecossistema de software científico, e tem como objetivo apoiar os cientistas em todas as etapas da experimentação científica. O E-SECO implementa o paradigma de *Workflow* Científico, que se trata de uma descrição abstrata das etapas de um experimento científico (BELLOUM *et al.*, 2011). Os *Workflows* Científicos possuem atividades mapeadas, onde cada atividade deve realizar alguma tarefa em relação ao processo de experimentação. Nestas atividades, é comum o uso de serviços científicos, que são programas de software concebidos com o objetivo de realizar tarefas de cunho científico. Para auxiliar os cientistas, o E-SECO oferece serviços científicos através de repositórios internos e externos. Externamente, o E-SECO obtém serviços de repositórios online que disponibilizam livremente serviços científicos. Internamente, o E-SECO oferece serviços próprios, criados e mantidos por desenvolvedores internos. Os desenvolvedores internos do E-SECO contam com o auxílio de um processo de desenvolvimento de serviços que visa recuperar, criar, evoluir e/ou compor serviços no contexto de um ecossistema de software científico (MARQUES, 2017).

## 1.2 MOTIVAÇÃO

Em um mundo cada vez mais conectado, o compartilhamento de dados e recursos se tornou essencial para os cientistas. Em *e-Science*, há um interesse crescente pelo compartilhamento e reutilização de dados (TENOPIR *et al.*, 2015). Cientistas de variados países e culturas trabalham em experimentos científicos semelhantes, individualmente ou em equipes. Plataformas de apoio à experimentação científica conectam os cientistas e permitem que eles desfrutem de recursos para prosseguir com suas pesquisas. Dentre esses recursos estão os serviços científicos, usados para processar dados em tarefas de um processo de experimentação científica. Desenvolvedores especializados criam e mantêm esses serviços científicos. Para isso, eles observam as necessidades dos cientistas, tanto para criação de serviços inexistentes quanto para atualização, correção e/ou melhoramentos em serviços existentes. O sucesso de uma experimentação científica depende da correta execução de seu processo. Como os serviços são usados nas tarefas dos processos, suas falhas comprometem toda a experimentação. Por isso, é importante que os serviços estejam funcionando corretamente.

Em ecossistemas de software, existem diversos desenvolvedores e cientistas envolvidos na criação e manutenção de serviços científicos. Isso gera uma grande quantidade de serviços disponíveis na plataforma. Muitas vezes, ocorre que desenvolvedores acabam por criar novos serviços que desempenham as mesmas funções às quais serviços existentes já desempenham (BENOUARET *et al.*, 2014). Sendo assim, também é importante que os desenvolvedores consigam identificar serviços existentes antes de criar novos serviços. Uma das formas de fazer essa identificação é através de uma busca por serviços de modo a considerar sua interoperabilidade pragmática. Na plataforma E-SECO, Marques (2017) implementa uma busca e recuperação de serviços científicos que utiliza a abordagem PRIME (*PRagmatic Interoperability to MEaningful collaboration*) (NEIVA *et al.*, 2015), desenvolvida para apoiar a interoperabilidade. A busca é feita em diversas instâncias do E-SECO e retorna serviços a partir de um conjunto de dados (uma classe de objeto de retorno, por exemplo), ordenando-os por suas proximidades a nível sintático, semântico e pragmático. Esta busca, apesar de recuperar serviços ordenados pela sua relevância em relação aos conjuntos de dados utilizados na pesquisa, não traz informações contextuais importantes para comparar dois ou mais serviços com relevâncias equivalentes. Neste caso, o desenvolvedor teria que estudar a fundo cada serviço para tomar uma decisão sobre qual utilizar, o que pode ser uma tarefa demorada dependendo da complexidade de cada serviço.

Desta maneira, um método de fazer análises, e até mesmo comparações, de serviços a nível contextual poderia ser empregado para apoiar o desenvolvedor nesta tarefa. O desenvolvedor poderia verificar, através de diversas informações contextuais, a semelhança entre dois ou mais serviços e, com isso, julgar se eles estariam desempenhando funções parecidas. A comparação também poderia ser útil para descobrir se os serviços estariam sendo utilizados dentro de um mesmo contexto, o que ajudaria ainda mais a reconhecer serviços semelhantes. Ainda como utilidade da análise e comparação, o desenvolvedor poderia analisar dois ou mais serviços e decidir qual deles é o mais indicado para realizar uma composição. Para realizar toda esta análise contextual, no entanto, é necessário fazer o mapeamento das informações de contexto relevantes ao desenvolvedor em relação aos serviços científicos. Dentre estas informações, pode-se destacar como importantes as métricas internas do serviço, que indicam sua complexidade através do número de atributos e métodos utilizados, além das dependências para com outros serviços e relações de interoperabilidade. Técnicas de visualização podem ser utilizadas para facilitar a leitura e assimilação destas informações, apoiando diretamente o desenvolvedor na atividade de desenvolvimento de serviços. Além disto, oferecer aos usuários a possibilidade de auxiliarem na manutenção dos serviços com *feedbacks*, revisões, avaliações e comentários, pode ajudar a manter os serviços bem atualizados em relação ao seu funcionamento e utilidade. O envolvimento dos usuários de um serviço no processo de desenvolvimento traz diversos benefícios, incluindo a facilitação em atender às necessidades do usuário e a redução de tempo de desenvolvimento (ALAM, 2002). Considerando isso, oferecer aos usuários recursos de colaboração para fazer *feedbacks* sobre os serviços pode auxiliar o desenvolvimento de serviços mais adequados às necessidades dos usuários e em menos tempo.

### **1.3 OBJETIVO**

Este trabalho procura apoiar os desenvolvedores no desenvolvimento e manutenção de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico, em específico, na plataforma E-SECO. O objetivo é evoluir o atual processo de desenvolvimento de serviços da plataforma, de modo a considerar a análise contextual dos serviços e fornecer recursos de colaboração para que os usuários da plataforma possam se envolver neste processo. Com isso, pretende-se:

- Evoluir o atual processo de desenvolvimento de serviços da plataforma, detalhando melhor suas etapas e adicionando novas etapas;

- Definir modelos de contexto para diversas entidades da plataforma, como serviços, cientistas e desenvolvedores, no intuito de utilizar suas informações contextuais nas diversas etapas do processo de desenvolvimento de serviços;
- Apoiar a análise e comparação de serviços, através do uso de informações contextuais e técnicas de visualização de informação;
- Fornecer diretrizes para o desenvolvimento de serviços, de modo a otimizar sua qualidade e interoperabilidade com a plataforma;
- Apoiar a validação dos serviços científicos por cientistas através de recursos de colaboração e análise de redes sociais científicas;
- Utilizar recursos de colaboração para permitir aos usuários da plataforma fornecer *feedbacks* sobre os serviços;

#### **1.4 ORGANIZAÇÃO**

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, conforme demonstrado pela Figura 1.1. O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos teóricos abordados pelo trabalho, bem como trabalhos relacionados. O Capítulo 3 apresenta a solução proposta para apoiar o desenvolvimento de serviços em um ecossistema de software científico, com detalhes sobre sua implementação e um cenário-exemplo de utilização. O Capítulo 4 apresenta a avaliação da solução, destacando seu planejamento, execução e resultados obtidos. O Capítulo 5 apresenta as conclusões finais, destacando as contribuições do trabalho, suas limitações e possíveis trabalhos futuros.

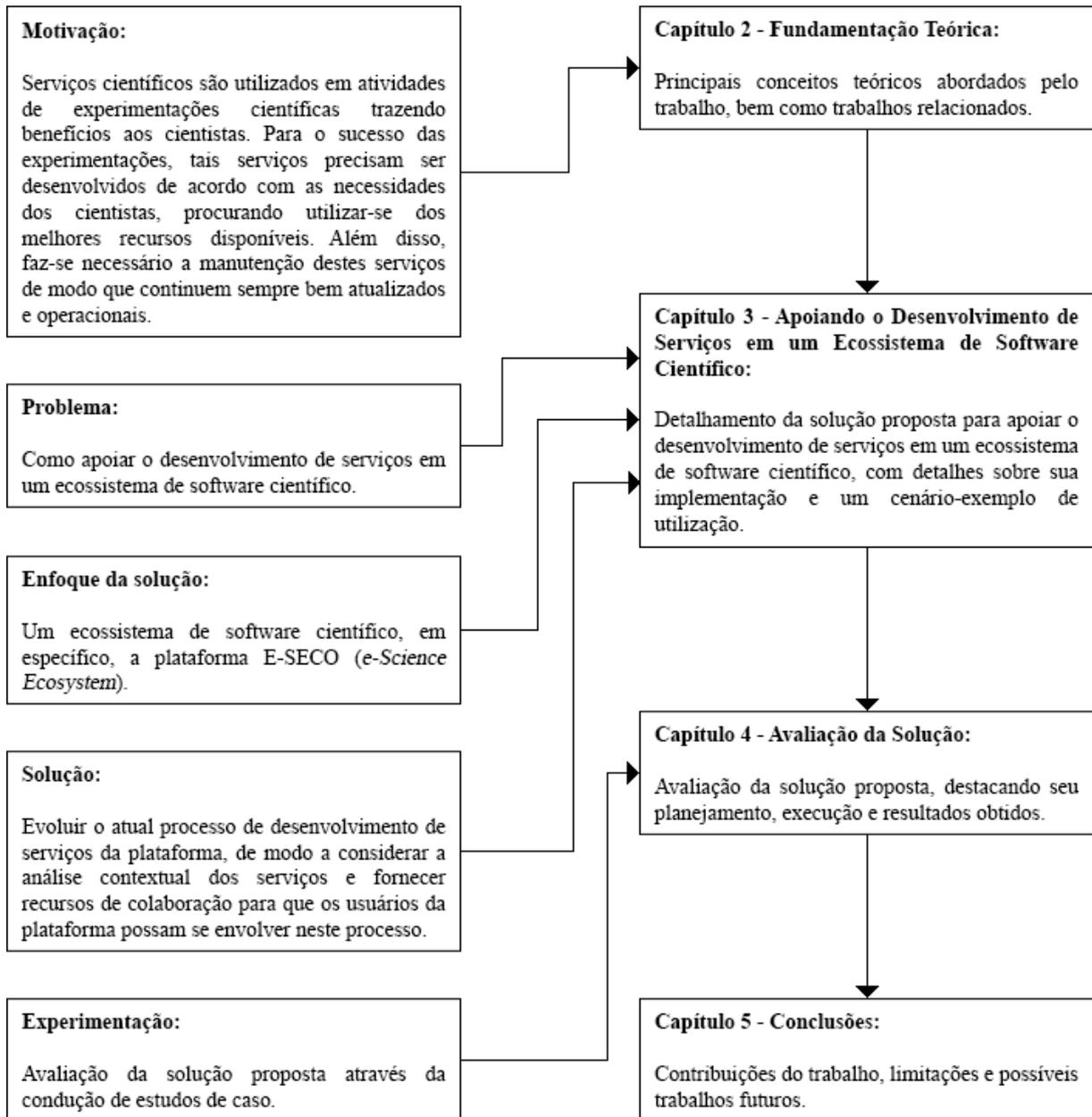


Figura 1.1. Estrutura da Dissertação

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os principais conceitos abordados por este trabalho, como Ecossistemas de Software (ECOS), e-Science, o projeto E-SECO (uma abordagem de ecossistema de *software* no contexto de e-Science), Elementos de Colaboração, Contexto e Visualização. Este capítulo também apresenta trabalhos relacionados à solução proposta neste trabalho.

### 2.1 ECOSSISTEMA DE SOFTWARE

Um software que possua uma infraestrutura, de uso comum, que permita a diversos atores interagir entre si, e com a infraestrutura, no sentido de satisfazer suas necessidades e, ao mesmo tempo, aprimorar a própria infraestrutura, é um exemplo de Ecossistema de Software (ECOS). Assim como em ecossistemas naturais, no domínio da Ecologia, os ecossistemas de software criam um ambiente de mútua dependência entre seus atores. De acordo com Bosch, (2009), um Ecossistema de Software consiste no conjunto de soluções de software que permitem, apoiam e automatizam as atividades e transações realizadas pelos atores no ecossistema social ou comercial associado e as organizações que fornecem essas soluções.

Existem diversas definições para o termo Ecossistema de Software na literatura. Manikas (2016) realizou um estudo sobre o tema e propôs uma nova definição: a interação entre o software e o ator em relação a uma infraestrutura comum, que resulta em uma gama de contribuições e influencia o ecossistema direta ou indiretamente (MANIKAS, 2016). A atividade de cada ator é motivada pela criação de valor tanto para o ator quanto para o ecossistema. Valor pode ser tanto monetário como, por exemplo, o pagamento de um serviço, quanto satisfizer alguma necessidade como, por exemplo, obter conhecimento e/ou habilidades. A ação do ator tipicamente resulta em alguma contribuição. A contribuição pode ser técnica como, por exemplo, um produto/componente/sistema de software ou serviços, ou não técnica como dados de contribuições de marketing, administração e governança (MANIKAS, 2016). Além disso, cada ator possui um ou vários papéis dentro do ecossistema. Um papel que pode influenciar bastante o ecossistema é o orquestrador. O orquestrador é o ator (ou vários atores) que é responsável por governar o ecossistema e dar apoio às interações entre os softwares e aos outros atores para que seja possível concluírem suas necessidades ao

utilizar o ecossistema. O orquestrador pode ter muitos aspectos diferentes, por exemplo: implícito/explicito, ou controlado/tolerante, e pode fazer uso de estruturas de controle do ecossistema para apoiar suas tarefas. Por exemplo, decisões estratégicas no ecossistema podem ser refletidas na estrutura dos softwares ao aplicar regras específicas na infraestrutura comum ou no meio de distribuição de produtos de software (MANIKAS, 2016).

Uma organização pode seguir para a abordagem de ecossistema de software por duas razões principais. A primeira é quando a organização identifica que a quantidade de funcionalidades a ser desenvolvidas ultrapassa suas capacidades internas de desenvolvimento. A segunda diz respeito à customização em massa que o software pode precisar para ser bem sucedido (BOSCH, 2009). Em ambos os cenários, a abordagem de ECOS pode facilitar o desenvolvimento do software pela sua extensão através de componentes desenvolvidos externamente. Um exemplo disto são os sistemas operacionais. As empresas que desenvolvem sistemas operacionais, como a Microsoft, Apple e Google, precisam desenvolver outros softwares para ser executados em seus respectivos sistemas, mas esta gama de softwares é tão diversa que não seria possível desenvolver todos. Portanto, seus sistemas operacionais foram concebidos de modo a implementar a abordagem de ecossistema de software e, com isso, permitem que atores externos desenvolvam softwares para sua plataforma, gerando benefícios para ambos os lados.

Em questões taxonômicas, Bosch (2009) caracteriza um ECOS através de duas dimensões: categoria e plataforma. A primeira se refere ao nível de abstração do ECOS e a segunda se refere à plataforma computacional no qual ele atua (tais como *desktop*, *web* e *mobile*). Um sistema operacional como o Windows<sup>1</sup> está caracterizado como um ECOS de categoria nível 1: Sistemas Operacionais. Existem ainda outros dois níveis de categorias, sendo o nível 2 as aplicações de software, como a IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse<sup>2</sup>, e o nível 3 sendo os softwares que permitem configuração programática facilitada e direcionada a um domínio bem restrito, como por exemplo o Microsoft Excel<sup>3</sup>, no qual é possível configurar o comportamento do software, de acordo com suas necessidades, sem o conhecimento de computação ou engenharia.

---

<sup>1</sup> Windows é o sistema operacional desenvolvido e mantido pela empresa Microsoft Corporation. <http://www.windows.com>

<sup>2</sup> Eclipse é uma IDE extensível através de plug-ins desenvolvidos por atores externos. <http://www.eclipse.org>

<sup>3</sup> Microsoft Excel é um software para criação de planilhas eletrônicas, ele possui uma interface que permite aos usuários criar planilhas com fórmulas que atuam sobre determinadas células de dados. <https://www.office.com/>

Os ecossistemas de software também podem ser analisados sob uma perspectiva tridimensional, conforme apresentado por (DOS SANTOS; WERNER, 2011). As três dimensões são: técnica (ou arquitetural), negócios e social. A dimensão Técnica diz respeito a toda parte técnica e arquitetural do ECOS, desde a implementação de sua plataforma até seus processos internos de desenvolvimento. É focada principalmente nos desenvolvedores e engenheiros do ecossistema. Na dimensão de Negócios o foco é o fluxo de conhecimento, onde são encontrados recursos para alinhar o ECOS a um determinado nicho da indústria a qual o ECOS se destina. A terceira dimensão, Social, é focada nos *stakeholders* e suas interações sociais, destinando-se a entender os motivos que os levam a interagir com o ECOS e os valores que são agregados por eles. Estas dimensões, apesar de distinguidas desta maneira, estão interligadas entre si. Por exemplo, os aspectos sociais, quando são levados em consideração no desenvolvimento do ECOS, se relacionam com um aspecto sócio técnico e apoiam a interação entre desenvolvedores e usuários, e promovem o desenvolvimento de software para ecossistemas de softwares (LIMA *et al.*, 2016).

Os ecossistemas de software podem oferecer soluções para uma gama de nichos, atendendo a diversos mercados. Freitas *et al.* (2015) apresentam para o domínio da experimentação científica um ecossistema de software científico (ECOSC), que relaciona fornecedores de software científico, institutos de pesquisa, órgãos de fomento e cientistas em prol de apoiar pesquisas científicas.

## **2.2 EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA**

O primeiro pilar da Ciência é o corpo das teorias já estabelecidas, e o segundo pilar é a experimentação científica (RIEDEL *et al.*, 2008), por isso ela é de grande importância para todos os cientistas. Há um terceiro pilar que trata das técnicas computacionais, que auxiliam com sua capacidade de processamento de modelos teóricos para obtenção de conhecimento.

A experimentação científica vem sendo alvo de aprimoramentos em todos os seus aspectos. Belloum *et al.* (2011) apresentam o ciclo de vida de um experimento científico, separando-o em quatro etapas: investigação do problema, prototipagem do experimento, execução do experimento e publicação de resultados. Em cada uma destas etapas, atividades exclusivas são realizadas. Esta separação por etapas facilita o entendimento do processo de experimentação científica e a criação de ferramentas específicas para cada atividade de cada etapa. Estas ferramentas auxiliam as pesquisas científicas e, de acordo com Riedel *et al.* (2008), são o quarto pilar da ciência moderna, que representa as infraestruturas usadas para

apoiar os diversos recursos que auxiliam as pesquisas científicas, como por exemplo, os softwares científicos.

### 2.3 E-SCIENCE

A Ciência apoiada por meios eletrônicos (e-Science) utiliza recursos computacionais para automatizar tarefas e aumentar a eficiência de cientistas em suas pesquisas. O termo e-Science foi definido por Hey e Trefethen (2003) como uma colaboração global de áreas-chave da ciência aliada à geração de recursos de infraestrutura capazes de suportá-la. Dentre esses recursos encontram-se hardware e software destinados a apoiar o desenvolvimento da Ciência. Os softwares de e-Science, chamados de softwares científicos, são tipos de softwares concebidos com o objetivo de apoiar pesquisas científicas, oferecendo um potencial de processamento de dados além das capacidades humanas. É utilizado em áreas como a medicina, biologia, química e muitas outras, que lidam com grande quantidade de dados e demanda de processamento.

Para cumprir seu propósito, certos tipos de softwares científicos incorporam o paradigma de *Workflow* Científico que, de acordo com Curcin e Ghanem (2008), é uma descrição abstrata de passos requeridos para a execução de um determinado processo do mundo real, bem como o fluxo de informação entre esses passos. Assim, um processo do mundo real é virtualmente modelado e sua execução é subdividida em passos que são sistematicamente realizados. O ciclo de vida de um experimento científico, apresentado por Belloum *et al.* (2011), considera os *Workflows* e coloca sua concepção em atividades da etapa de prototipação, conforme exibido na Figura 2.1.

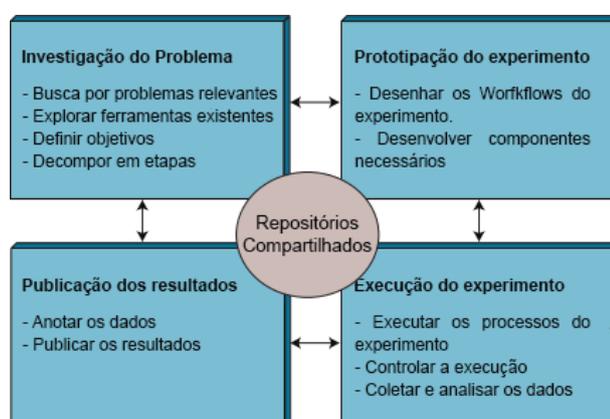


Figura 2.1. Ciclo de vida de um experimento científico (BELLOUM *et al.*, 2011)

Cada etapa gera informações e dados que são utilizados pelos cientistas em suas pesquisas. Essa geração de dados pode depender de um prévio processamento e operações a ser realizadas por algoritmos e outras funções. Sobre este aspecto, *Workflows Científicos* incorporam serviços científicos, que são utilizados internamente em seus passos.

### 2.3.1 SERVIÇOS CIENTÍFICOS

Os serviços são programas de software independentes, com características de *design* distintas (ERL, 2016). Podem ser concebidos para realizar uma tarefa em um processo de experimentação científica, onde passam a ser caracterizados como serviços científicos. No contexto deste trabalho, os serviços científicos operam na plataforma da *Web*, sendo considerados como *Web Services*. Os *Web Services* possibilitam o acesso automatizado a dados da Internet sem usar um navegador. É um software projetado para suportar interações entre máquinas através de uma rede de computadores, permitindo que aplicativos de software, escritos em distintas linguagens de programação e em execução em distintas plataformas, possam usar os *Web Services* para trocar dados entre si.

Os serviços científicos são tipos de *Web Services* dedicados, exclusivamente, a realizar tarefas no domínio da Ciência como, por exemplo, extração de dados sobre uma cadeia de DNA, cálculos sobre materiais genéticos e obtenção de dados sobre espécies animais. São criados e mantidos por desenvolvedores que apoiam a pesquisa científica. Muito comumente são desenvolvedores independentes atuando a favor de laboratórios científicos das mais diversas áreas. Existem repositórios de serviços científicos disponíveis na *Web*, como o *BioCatalogue*<sup>4</sup>, onde os desenvolvedores compartilham seus serviços entre outros desenvolvedores e cientistas. Softwares podem ser projetados para fazer uso de serviços científicos disponibilizados em repositórios públicos, bem como criar e manter seus próprios repositórios, como é o caso da plataforma E-SECO (FREITAS *et al.*, 2015).

## 2.4 E-SECO

O E-SECO (*e-Science Ecosystem*) apresenta uma infraestrutura, que adota a abordagem de ecossistemas de software científico, para apoiar a experimentação científica (FREITAS *et al.*, 2015). É um projeto criado pela UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), e visa prover soluções para todas as etapas de um experimento científico. Fornece uma plataforma de

---

<sup>4</sup> <https://www.biocatalogue.org/>

software que apresenta um ambiente colaborativo para a investigação do problema, prototipação do experimento, execução do experimento e publicação dos resultados. Esta plataforma é acessível através da Web ou de uma rede de computadores, dependendo da forma como for instalada e configurada. O ecossistema é composto de artefatos fornecidos por diferentes nós em uma rede ponto-a-ponto (P2P), onde cada nó representa uma instalação da plataforma em uma instituição de pesquisa (CLASSE; BRAGA; FERNANDA, 2017) (FREITAS *et al.*, 2015). Os artefatos podem ser serviços, *workflows*, documentos de revisões sistemáticas da literatura, conjuntos de dados, modelos, entre outros (MARQUES *et al.*, 2017). A plataforma também utiliza APIs (*Application Programming Interface*) para auxiliar o desenvolvimento de *workflows* científicos em diferentes passos, em um ambiente de desenvolvimento *open source*. Através das APIs, os usuários consomem recursos para criar produtos e artefatos que adicionam valor à plataforma. A partir destas características, a comunidade de desenvolvedores pode estender, adaptar e utilizar as funcionalidades da plataforma com outras aplicações em diferentes domínios (MARQUES *et al.*, 2017). A Figura 2.2 mostra uma visão geral da arquitetura da plataforma E-SECO. A Arquitetura é composta por diversos blocos de componentes, que são: o Ambiente de Desenvolvimento, o Núcleo, a Rede ponto-a-ponto, o Módulo de Proveniência, o Módulo de Composição de Serviços, a Camada de Visualização e a Camada de Integração. O Ambiente de Desenvolvimento permite a desenvolvedores, internos e externos, desenvolver artefatos para a plataforma. Estes artefatos, na maioria das vezes, são reflexos da necessidade exposta pelos usuários cientistas da plataforma. A Rede P2P permite, através de uma rede ponto-a-ponto, o compartilhamento de artefatos entre as diversas instalações (instâncias) da plataforma. O Núcleo contém o repositório de serviços da plataforma e o repositório da LPS (Linha de Produtos de Software), por onde cada serviço criado é associado a um Modelo de *Features* e a uma Ontologia de Domínio. Os serviços armazenados no Núcleo são ranqueados pelo Módulo de Interoperabilidade. Esse módulo possui uma ontologia para descrição de serviços obtidos de diferentes instâncias da plataforma. O Módulo de Proveniência permite obter dados a partir da execução de *workflows* por dentro da plataforma. O Módulo de Composição de Serviços oferece recursos para a composição de serviços internos e externos na plataforma. As Aplicações Externas se associam às diferentes fontes de dados integradas à plataforma, que estão associadas ao ciclo de vida de um experimento científico. A Camada de Integração possui clientes para as APIs que podem ser utilizados e estendidos por desenvolvedores. A Camada de Visualização, por sua vez, fornece um ambiente através de uma interface web para a condução de um experimento científico.

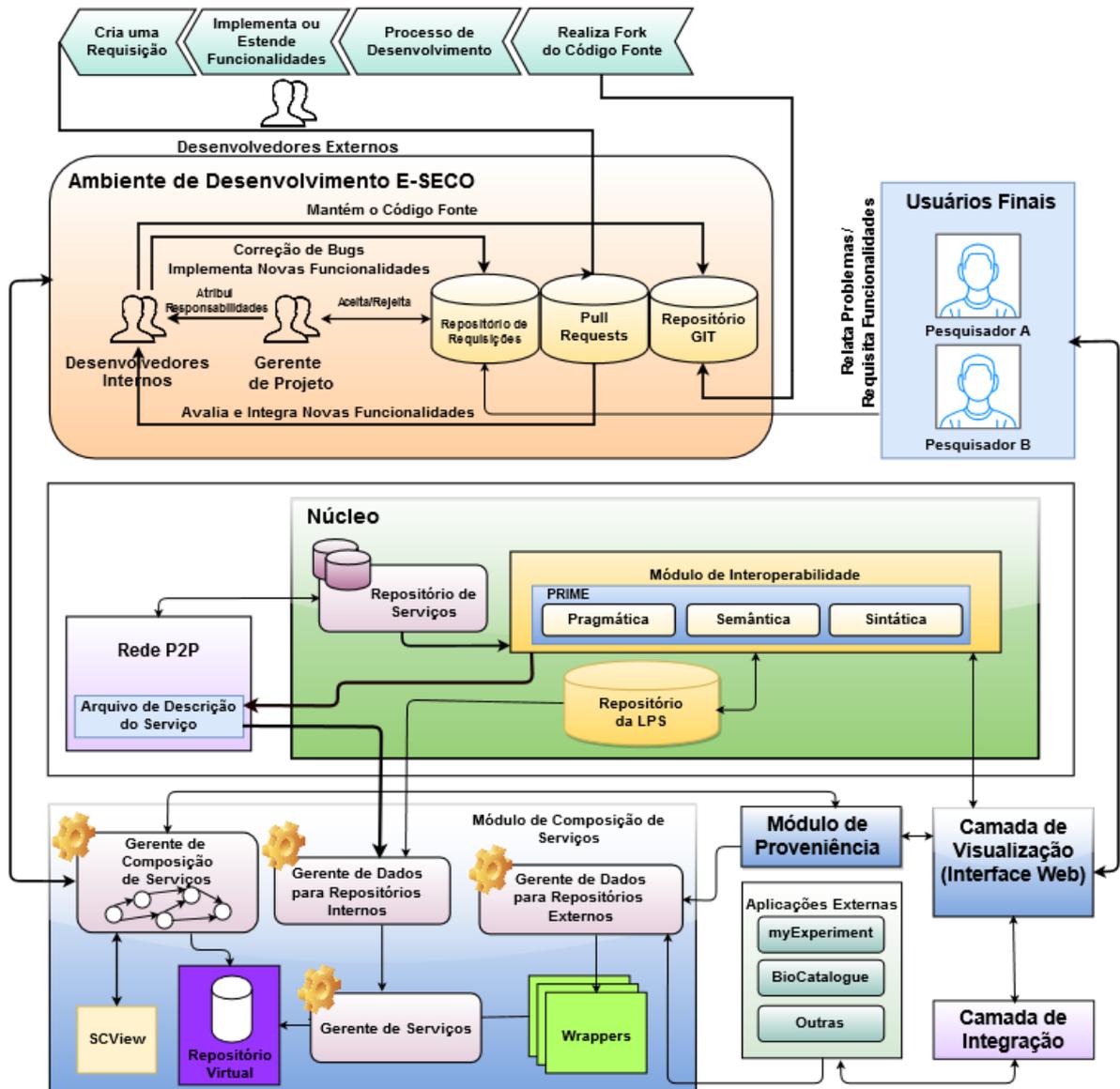


Figura 2.2. Visão geral da plataforma E-SECO (MARQUES *et al.*, 2017)

#### 2.4.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS

Para auxiliar a descoberta e o desenvolvimento de serviços, pode-se utilizar um processo que visa recuperar, criar, evoluir e/ou compor serviços no contexto de um Ecossistema de Software Científico (ECOSC) (MARQUES, 2017). O processo é ilustrado através da Figura 2.3, que utiliza a notação BPMN (*Business Process Model and Notation*)<sup>5</sup>. De acordo com a figura, o processo se inicia com o planejamento inicial (Figura 2.3-A), onde é gerada uma especificação técnica sobre como o serviço deve funcionar. A próxima atividade é a de busca e recuperação de serviços (Figura 2.3-B), que visa encontrar serviços existentes

<sup>5</sup> <http://www.bpmn.org/>

que atendam à especificação. Existem quatro possibilidades de resultado na atividade de busca e recuperação de serviços. No primeiro, nenhum serviço que atenda à especificação é encontrado, sendo necessário, portanto, a criação de um novo serviço (Figura 2.3-C). No segundo caso, encontra-se um serviço que atende, parcialmente, à especificação e, com isso, o serviço deverá ser estendido e/ou atualizado (Figura 2.3-D). No terceiro caso, o serviço não atende à especificação ou são encontrados um ou mais serviços que atendam, parcialmente, à especificação. Desta forma, uma composição de serviços pode ser feita entre eles visando sua reutilização (Figura 2.3-E). O terceiro caso diferencia-se do primeiro, pois permite reutilizar serviços pré-existentes. Além disso, diferencia-se do segundo, pois a extensão e atualização de um serviço, construído por desenvolvedores externos à plataforma, geralmente não é possível, o que gera a necessidade de uma composição. O quarto caso ocorre quando o serviço encontrado atende totalmente à especificação, desta forma ele poderá ser utilizado em um experimento (Figura 2.3-F) (MARQUES, 2017).

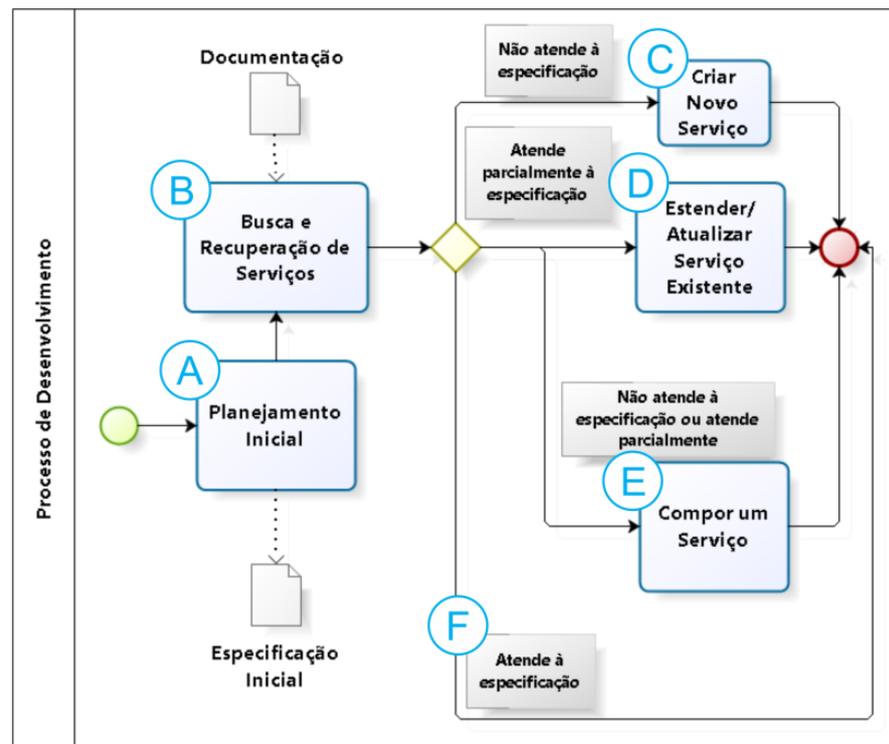


Figura 2.3. Processo de Desenvolvimento de Serviços em um ECOSC (MARQUES, 2017)

O desenvolvimento de serviços na plataforma E-SECO é realizado de forma colaborativa por desenvolvedores e cientistas. Para isso, a plataforma oferece elementos de colaboração que visam apoiar este aspecto no desenvolvimento de serviços.

## 2.5 ELEMENTOS DE COLABORAÇÃO

As atividades colaborativas são aquelas atividades praticadas em conjunto nas quais cada membro desempenha um papel na realização de uma tarefa, e seu intuito é beneficiar a sua execução através da união de esforços de seus realizadores que possuem o mesmo objetivo. Ellis; Gibbs e Rein (1991) iniciaram estudos sobre a colaboração através de sistemas de software, e apresentaram o modelo 3C considerando três dimensões como sendo peças chave da colaboração: comunicação, coordenação e colaboração. Posteriormente, Fuks *et al.* (2002) refinaram este modelo inserindo um quarto elemento, a percepção, conforme demonstrado na Figura 2.4.

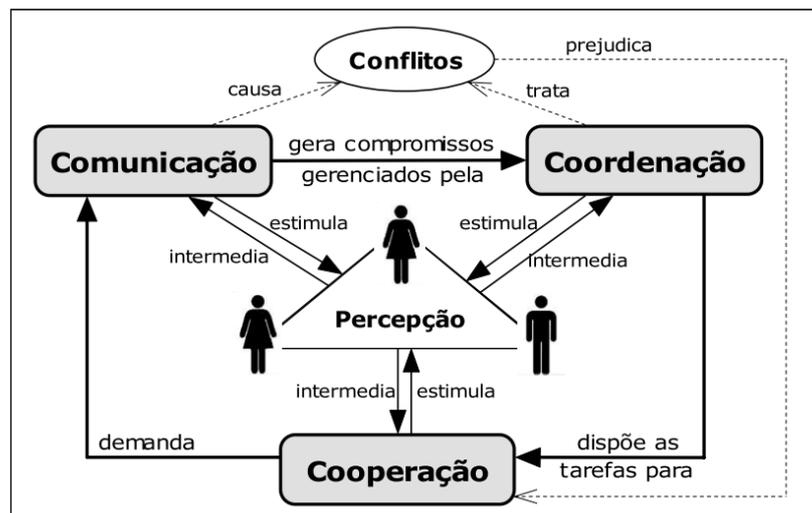


Figura 2.4. O modelo 3C (FUKS *et al.*, 2002)

A comunicação representa todo o esforço envolvido na troca de mensagens entre interlocutores, desde a concepção da mensagem pelo emissor até o recebimento e interpretação dela pelo receptor, passando pela codificação e transmissão. A efetividade da comunicação é medida pelo entendimento correto do receptor em relação a uma mensagem enviada pelo emissor. Uma falha na comunicação pode representar tanto o fato de a mensagem não ter conseguido alcançar o seu destino como também a não compreensão dela pelo seu receptor (FUKS *et al.*, 2002).

A coordenação envolve a articulação dos membros envolvidos na realização de um trabalho colaborativo no sentido controlar suas ações, para que seja obtido o melhor aproveitamento de seus esforços. Esta articulação se inicia antes mesmo do início da

realização da colaboração, com a pré-articulação, e termina após sua conclusão, com a pós-articulação. Pré-articulação é o planejamento da atividade a ser desenvolvida, através do qual é realizada a identificação dos objetivos, o mapeamento destes objetivos em tarefas, a seleção de participantes e a distribuição das tarefas entre eles. A pós-articulação se encarrega de analisar a tarefa realizada e criar uma documentação sobre sua realização. Entre estas duas etapas, há o gerenciamento da realização das tarefas, sendo considerada a etapa mais importante e delicada, por ser uma atividade dinâmica e exigindo constantes análises e tomadas de decisão (FUKS *et al.*, 2002).

A cooperação representa a operação conjunta dos membros do grupo em um espaço compartilhado com o objetivo de realizar as tarefas gerenciadas pela coordenação. A execução de tarefas gera artefatos que, em uma atividade colaborativa, são compartilhados entre os membros. Este compartilhamento garante que os membros possam progredir na execução de tarefas que dependam de artefatos gerados por outras tarefas (FUKS *et al.*, 2002).

A percepção está presente nas três dimensões da colaboração, apoiando diretamente o entendimento dos membros sobre cada processo da atividade colaborativa, bem como a contextualização do espaço compartilhado e de artefatos gerados. A percepção faz uso de elementos de percepção para suprir os membros de uma atividade colaborativa com informações relevantes sobre seu desenvolvimento (FUKS *et al.*, 2002). A noção de contexto é utilizada pelos elementos de percepção para diminuir ambiguidades no entendimento das informações disponibilizadas.

## **2.6 CONTEXTO**

Quando há informações e essas informações estão pairando sobre o universo de todos os domínios do conhecimento humano, é o contexto que as vincula a um determinado domínio. Por exemplo, a informação: “Copa” está contida em diversos domínios, dependendo que se saiba qual o seu contexto, para que seja possível vinculá-la a um domínio específico. Essa vinculação não depende apenas da informação por si própria, mas qual entidade está instanciando ela. De acordo com Dey (2001) uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação. Podemos interpretar o usuário como um receptor e a aplicação como um emissor, dessa forma o contexto auxilia o usuário a compreender as mensagens da aplicação. Contexto é um conceito amplo e aplicável a muitas áreas, por esse motivo possui muitas definições. Bazire e Brézillon (2005) analisaram cerca de 150 definições de contexto, dos mais diversos domínios, e concluíram

que o contexto atua como um conjunto de restrições que influenciam o comportamento de um sistema. Além disso, defendem que a definição de contexto é relativa à área de conhecimento a qual pertence. Sendo assim, para a área da computação, uma definição de contexto apresentada por Dey (2001), que diz que contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade.

Em diversos trabalhos de Brézillon (2005), (2008a), (2008b), noções de contexto foram estabelecidas tratando da relatividade, evolução e granularidade de contexto. Essas noções são importantes para termos uma visão mais amadurecida sobre as informações de contexto no intuito de ser capaz de obter e utilizá-las eficientemente. Abaixo seguem as descrições dessas noções. Para facilitar o entendimento, utilizou-se o exemplo da informação: “Copa”, citada acima.

- **Relatividade de Contexto:** Contexto é sempre relativo a alguma coisa. Quando um usuário recebe a informação “Copa”, se esse usuário não tiver nenhuma outra informação a respeito da entidade emissora dessa informação, ele irá tender a considerá-la a partir de seu próprio contexto. Por exemplo: se o usuário for um jogador de futebol, Copa irá remeter a um campeonato de futebol. Se o usuário for um arquiteto, Copa irá remeter a um cômodo de uma casa. Por isso, o contexto da informação deve ser relativo a algum domínio, e os receptores dessa informação devem estar cientes (contextualizados) desse domínio. Relativo a futebol, “Copa” é um campeonato, relativo à arquitetura de casas, “Copa” é um cômodo.
- **Evolução de Contexto:** Contexto é interligado a um foco de atenção, pode ser, por exemplo, uma tarefa ou uma interação. O contexto explicita o foco, e o foco define as partes mais relevantes no contexto, o que é informação contextual (própria do contexto) e o que é informação externa ao contexto. A “Copa”, pode ter um foco no futebol, sendo assim, informações como: times participantes, premiação, locais de jogos são informações contextuais. Essas informações podem ser utilizadas de acordo com a evolução do foco, que ocorre à medida que eventos vão acontecendo. Como contexto e foco são interligados, quando o foco evolui, o contexto também evolui.
- **Granularidade de Contexto:** Contexto possui dimensões infinitas. É possível especificar informações contextuais com diversos níveis de precisão. Dentro do domínio de futebol, “Copa”, é um campeonato, mas existem muitos campeonatos que são “Copas”, logo, são necessárias mais informações para aumentar a precisão da informação. Quanto maior a granularidade, mais é possível inferir sobre a informação.

### 2.6.1 MODELAGEM DE CONTEXTO

A modelagem de contexto trata de extrair o tipo das informações que se deseja armazenar sobre as entidades das quais se deseja obter o contexto. Para isso, é necessário entender sobre essas entidades. De acordo com Dey e Abowd (1999), quando se lida com contexto, existem três entidades: lugares (ruas, casas, quartos...), pessoas (indivíduos, grupos) e coisas (objetos físicos). Para cada tipo de entidade existem vários atributos, que podem ser classificados em quatro categorias básicas, listadas abaixo:

- **Localização:** Diz respeito à posição geográfica da entidade. Pode ser uma representação textual sobre a proximidade da entidade em relação a algo, ou até mesmo coordenadas de latitude e longitude.
- **Identidade:** Identificador único da entidade. Quaisquer informações que caracterizam exclusivamente uma entidade.
- **Situação:** Propriedades da entidade, como temperatura, cor, atividade em execução. Informações que descrevem de fato a situação da entidade em um determinado momento.
- **Tempo:** Horário que define a situação da entidade. Essa informação também pode ser usada para fins históricos, caso haja necessidade.

Em Fischer (2012), é dito que em situações específicas, diferentes aspectos de contexto devem ser considerados. Portanto, ao analisar uma entidade no intuito de extrair seu modelo de informações contextuais é interessante ser um especialista no domínio daquela entidade, para aumentar as chances de fazer uma modelagem correta.

### 2.6.2 OBTENÇÃO DE CONTEXTO

O conceito de contexto está relacionado a informações, por isso é necessário que seja possível obter tais informações para tirar proveito do contexto. Identificar as informações contextuais é um desafio para os sistemas, e elas são dependentes dos tipos de entidades que estão envolvidas. Gu *et al.* (2004) definem que a obtenção de contexto pode ser realizada através do método direto ou através do método indireto:

- **Método Direto:** Neste método, o contexto é obtido diretamente através de um provedor. Este provedor pode tanto ser uma fonte interna da entidade, como uma fonte externa. O método direto pode ainda ser subdividido em informação contextual sensorial e informação contextual definida. A primeira utiliza sensores físicos para obter a informação como, por exemplo, um sensor de movimentos para identificar a presença de pessoas dentro de uma sala. Na segunda, a própria entidade cede suas informações contextuais, seja por qualquer tipo de meio possível. Esse método requer que a entidade possua autonomia para se comunicar, explicitando seu contexto por livre e espontânea vontade. No geral, pessoas costumam utilizar deste método quando é interessante e vantajoso que outras entidades saibam de suas informações contextuais.
- **Método Indireto:** O método indireto é obtido através da interpretação do contexto obtido diretamente. Isso pode ser feito através de agregação ou dedução. Pela agregação, por exemplo, ao obter as informações de gostos musicais de todos os jogadores de um mesmo time de futebol, pode-se obter a informação contextual agregada das músicas preferidas por aquele time, o que pode ser útil na hora de homenageá-lo com algum vídeo musical de seus melhores momentos em atuação. Pela dedução, pode-se inferir que: se os times participantes de uma copa são todos de um mesmo país, essa copa ocorrerá nesse país.

As informações contextuais obtidas pelo método indireto, ou seja, pelo resultado de agregações, deduções e inferências, são mais difíceis de obter, por se tratar de um processo mais custoso e pouco preciso de obtenção. As informações vindas pelo método direto são mais sólidas por serem resultados da ação de atividades ou da própria vontade da entidade em compartilhar a informação. É importante ressaltar a importância não só da obtenção correta das informações de contexto como também de sua atualização, pois, por se tratar de informações dinâmicas, elas têm a característica de estarem sempre sujeitas a mudanças. Além disso, a forma como as informações são apresentadas também pode influenciar seu entendimento. Neste aspecto, devem ser consideradas as técnicas de visualização de informação mais apropriadas para cada tipo de informação contextual.

## 2.7 VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Visualização de informação pode ser definida como a representação visual e interativa de dados com o objetivo de aumentar a cognição de seus observadores (CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999). Ter uma representação visual, principalmente para um conjunto grande de dados, facilita a análise por parte dos cientistas, o que torna a visualização um recurso importante para um software científico.

A fim de entender melhor o funcionamento e a concepção de uma visualização, Ware (2012) estrutura o processo de visualização da informação em quatro estágios, listados abaixo e ilustrados na Figura 2.5:

- Coleta e armazenamento dos dados.
- Transformação dos dados através de um pré-processamento que os reduz a um conjunto menor e mais fácil de ser manipulado. Essa etapa pode ser executada pelo usuário através do processo de exploração dos dados.
- Mapeamento dos dados selecionados para uma representação visual gerada através do mecanismo de geração visual, que são algoritmos que criam imagens. Essa etapa pode ser executada pelo usuário através do processo de manipulação da visualização
- Processamento visual e cognitivo por um ser humano, o analista observador.

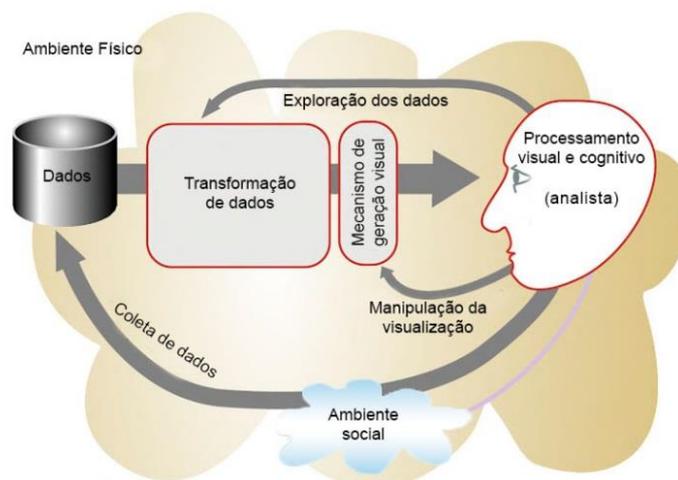


Figura 2.5 Processo da visualização (WARE, 2012)

Em resumo, os dados coletados passam por uma transformação que seleciona, entre eles, um determinado subconjunto que, em seguida, é consumido pelo mecanismo de geração de visualizações. A visualização gerada é exibida ao usuário observador que a analisa. O

usuário pode manipular a visualização a fim de melhorar sua análise. Essa manipulação depende dos recursos da visualização. Por exemplo, uma visualização em três dimensões pode permitir ao usuário fazer rotações de ângulo e profundidade. O usuário também pode obter novos conjuntos de dados, através da exploração de dados, que permite gerar uma nova visualização.

O mecanismo de geração visual irá processar os dados e transformá-los em visualizações utilizando-se de um algoritmo para isso. No entanto, existem diversos tipos de visualizações, e cada um com seu próprio algoritmo de geração, uma vez que determinados conjuntos de dados são mais bem visualizados através de determinados tipos de representação visual. Shneiderman (1996) define uma taxonomia para os diversos tipos de visualização, bem como as principais tarefas que podem ser realizadas em cada um. Os tipos de visualização associados às tarefas são incorporados por técnicas de visualização

### 2.7.1 TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO

Shneiderman (1996) propõe, em alto nível de abstração, sete tipos de visualização e sete tarefas que podem ser realizadas em cima de visualizações. Os tipos de visualização são:

- **Unidimensionais:** Representa dados lineares, como listas de nomes, textos e códigos.
- **Bidimensionais:** Representa dados planos, como mapas geográficos e plantas arquitetônicas.
- **Tridimensionais:** Representa dados em três dimensões, como objetos e estruturas moleculares.
- **Temporais:** Representa dados através do tempo, como linhas do tempo.
- **Multidimensionais:** Representa dados que possuem múltiplas dimensões ou múltiplos atributos, como gráficos de barras, gráficos em pizza e histogramas.
- **Árvore:** Representa dados que possuem estrutura hierárquica, como dendrogramas.
- **Rede:** Representa dados que possuem relações uns com os outros, como grafos e mapas mentais.

As tarefas são:

- **Visão geral:** Exibe uma supervisão geral de toda a coleção de dados.
- **Zoom:** Amplia para uma parte da coleção dos dados.

- **Filtragem:** Remove itens da coleção que são indesejados.
- **Detalhes sob demanda:** Seleciona itens ou grupos de itens para obter detalhes sobre eles.
- **Relação:** Visualiza o relacionamento entre os itens.
- **Histórico:** Mantém um histórico de interações para fazer/desfazer ações.
- **Extração:** Permite extração de itens ou grupos de itens para armazenamento.

A escolha de uma técnica de visualização depende do domínio e do conjunto de dados que se pretende analisar. O objetivo deste trabalho não é detalhar as técnicas de visualização, mas ilustrar seus tipos e tarefas a fim de fazer uma breve modelagem das técnicas e, com isso, possibilitar a otimização das visualizações através do contexto de seus dados.

## 2.8 TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta trabalhos que tem com o problema que será tratado e que, de alguma forma, influenciaram a proposta apresentada por este trabalho. Os trabalhos aqui apresentados foram selecionados por trazerem soluções associadas a pelo menos um dos aspectos principais da proposta deste trabalho. Os aspectos são: desenvolvimento de serviços científicos, o uso de contexto e visualizações e análise do perfil de cientistas. Ao final, um quadro comparativo é apresentado para exibir a correlação entre os trabalhos e os aspectos da proposta.

Marques (2017) apresenta uma solução para tratar a composição de serviços em ecossistemas de software científicos. Traz um processo de desenvolvimento de serviços aliado a um mecanismo que associa proveniência de dados e suporte à interoperabilidade para apoiar a composição de serviços. Também faz uso de elementos de visualização e de colaboração, que permitem a desenvolvedores e cientistas interagirem entre si e validarem, colaborativamente, as composições que são realizadas. Este trabalho também apresenta mecanismos para análise de redes sociais científicas e para apoiar a busca e recuperação de serviços. Seu processo de desenvolvimento de serviços considera as etapas de busca e recuperação de serviços, criação de serviço atômico, extensão/atualização de serviço existente e composição de serviço. No entanto, seu processo não considera as etapas que envolvem a análise e comparação de serviços.

Hammouda; Knauss e Costantini (2015) apresentam discussões sobre desenvolvimento de APIs para a extensão de ecossistemas de software, levantando pontos que devem ser trabalhados e desafios no desenvolvimento contínuo de APIs em ecossistemas. Também introduzem um método que busca aprimorar a concepção e manutenção de APIs, através de análises a nível estrutural e avaliações de desenvolvedores. O trabalho apresenta diversas dimensões de avaliação para APIs, como: nível de abstração, estilo de aprendizado, elaboração, consistência entre outros. Utiliza um fluxo conceitual que enumera os diversos aspectos da API e através das avaliações conseguem identificar pontos de prioridade e pontos de risco na manutenção e extensão da API. Este trabalho, no entanto, não apresenta diretrizes específicas para a criação de serviços através de uma API.

Jiang *et al.* (2017) apresentam um método que analisa os atributos mais adequados a se levar em consideração ao recomendar comentaristas para pedidos de integração de código (também chamados de *Pull Request*), em repositórios de código *open source*. Apresentam abordagens baseadas em diferentes atributos, incluindo atividade, similaridade de texto, similaridade de arquivo e relação social. Cada atributo possui sua própria fórmula de valorização e são atribuídos para o comentarista, criando um modelo contextual de seus atributos. Fazem uma correlação entre a média dos atributos das pessoas que realizaram comentários em um determinado pedido de integração de código com os atributos dos comentaristas que melhor se destacaram. Este trabalho não faz comparação entre indivíduos e entre outras entidades, mas procura identificar atributos chave a ser levados em consideração quando se deseja selecionar pessoas para fazerem observações técnicas sobre determinado recurso.

Vasconcelos (2015), apresenta uma infraestrutura para especificar um mecanismo de promoção de percepção através de visualizações sensíveis a contexto. A abordagem foi desenvolvida para o domínio da engenharia de software. Em uma visão geral, a infraestrutura considera um modelo de contexto, associado a fontes de dados gerados por uma organização, para fornecer visualizações sensíveis ao contexto para diferentes *stakeholders*. A proposta utiliza modelos de contexto e de características de visualização para a formulação de regras de contexto. Essas regras são analisadas pelo mecanismo de contexto de acordo com os dados que são obtidos por ele através das fontes de dados. Com uma determinada regra efetivada, o mecanismo seleciona a visualização indicada por ela para então apresentar ao usuário. A visualização permite interações que influenciam diretamente no mecanismo de contexto, fazendo-o efetivar novas regras e gerando visualizações de acordo com o contexto.

Moreno e Furuie (2007) apresentam uma arquitetura de um visualizador que se utiliza de informações contextuais no momento de sua execução para apoiar o observador na tomada de decisão. A abordagem foi desenvolvida para o domínio da medicina. Para o desenvolvimento do sistema proposto, foi construído um modelo de contexto para as seguintes entidades: Usuário, Paciente, Imagem e Máquina. Essas entidades representam as principais entidades de interação entre o Visualizador Contextual e o usuário. O contexto foi representado por uma entidade genérica chamada Contexto, que possui subclasses que especificam seus subtipos de contexto, que tratam das entidades citadas acima. Diversas informações foram estabelecidas para cada entidade. Associado a cada tipo de contexto, há interfaces de escuta que servem para notificar todo o sistema sempre que há alguma mudança nos tipos de contexto e seus atributos.

Kim *et al.* (2013) descrevem a rede científica denominada *Hive Open Research Network*, a qual utiliza as informações contextuais dos cientistas para apoiar a interação entre eles. A rede permite a descoberta de novas relações, discussões em conjunto e diversas outras atividades colaborativas. *Hive* usa múltiplas camadas de informações contextuais para compor o contexto dos cientistas. Uma das camadas é a camada de conexões entre cientistas, que é utilizada para identificar grupos interligados por seus interesses. Outra camada está relacionada ao uso da plataforma, que mantém um histórico das ações dos cientistas. Como resultado, é possível identificar seus interesses. Há também a camada de conceitos, que é alimentada por um mecanismo que identifica palavras-chaves inseridas nas anotações e postagens de conteúdo dos cientistas dentro da rede. A plataforma se utiliza de sistema de análise e monitoramento de redes sociais, chamado SCENT, para manter as informações contextuais de cada cientista atualizadas. O *Hive*, no entanto, não considera informações vindas de fora de sua própria rede, como palavras-chave e termos utilizados em publicações, que podem delinear os interesses dos cientistas, em especial os interesses de cientistas recém-ingressantes na rede.

Monclar *et al.* (2011) criam uma rede complexa através das relações entre pesquisadores que participaram juntos em projetos e em publicações. A proposta visa identificar como é a colaboração entre pesquisadores, no intuito de apoiar a criação de novos grupos. Para isso, o perfil dos pesquisadores é definido, individualmente, através de dados como o nível acadêmico, áreas de pesquisa, número de publicações (de diversos tipos), número de participações em projetos e outros dados. Nesta rede, as relações possuem um peso, que se eleva de acordo com a quantidade de atuações do pesquisador em áreas

semelhantes às de outros pesquisadores. No entanto, o peso da relação, que considera apenas a quantidade de atuações em conjunto, não identifica o nível de proximidade dos pesquisadores do ponto de vista de seus interesses.

Schall (2014) introduziu várias medidas para classificar a importância em ambientes de colaboração científica. O modelo traz aspectos de importância, contexto estrutural e custo, todos relacionados a organizações que buscam outras organizações como parceiras. A parte que trata das informações contextuais, utiliza áreas de expertise para criar uma métrica a ser utilizada para encontrar parceiros aderentes. O trabalho dá um importante passo adiante no uso de contexto para criar redes sociais e identificar possíveis parcerias. No entanto, seu foco está nas informações contextuais de organizações, o que considera que os cientistas possuem perfis relativos às suas organizações.

### 2.8.1 COMPARATIVO

A Tabela 2.1 mostra a correlação entre os principais aspectos da proposta deste trabalho e os trabalhos apresentados acima. Os aspectos são:

- **Desenvolvimento de serviços científicos:** Este aspecto trata da atividade de desenvolvimento de serviços científicos em ecossistemas de software.
- **Uso de contexto e visualizações:** Este aspecto trata da utilização em conjunto de informações contextuais e visualizações para apoiar atividades em sistemas computacionais.
- **Análise do perfil de cientistas:** Este aspecto trata de identificar o perfil de cientistas e fazer um comparativo entre eles e outras entidades. O objetivo é obter um *ranking* de proximidade entre cada indivíduo de uma rede social científica, baseado em informações contextuais sobre seus perfis.

A partir da Tabela 2.1, a solução apresentada neste trabalho busca unir os principais aspectos de desenvolvimento de serviços científicos, uso de contexto e visualizações e análise de perfil de cientistas, agregando as lições aprendidas nos diversos trabalhos relacionados descritos. Diversos pontos nos quais estes trabalhos deixaram em aberto, conforme descrito no início desta sessão, foram explorados por esta solução.

Tabela 2.1. Comparativo entre os trabalhos relacionados e a proposta

Trabalho	Desenvolvimento de serviços científicos		Uso de Contexto e visualizações		Análise do perfil de cientistas	
	Mapeamento de processos	Diretrizes	Modelos de contexto	Visualização apoiada por contexto	Análise de redes sociais	Informações vindas de fora da rede
(MARQUES, 2017)	X				X	
(HAMMOUD A; KNAUSS; COSTANTIN I, 2015)		X				
(JIANG <i>et al.</i> , 2017)			X		X	
(VASCONCELOS, RENAN RIBEIRO DE, 2015)			X	X		
(MORENO; FURUIE, 2007)			X	X		
(KIM <i>et al.</i> , 2013)			X		X	
(MONCLAR <i>et al.</i> , 2011)			X		X	X
(SCHALL, 2014)			X		X	
Proposta deste Trabalho	X	X	X	X	X	X

## 2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os conceitos fundamentais para este trabalho. Foram abordados temas sobre ecossistemas de software, experimentação científica, e-Science, software científico, o E-SECO, elementos de colaboração, contexto e visualização de informação. Também foram apresentados trabalhos relacionados à proposta deste trabalho, e feito um comparativo entre seus principais aspectos. Observou-se que apesar de relevantes, não reúnem todas as características propostas por este trabalho. Todas essas características foram levadas

em consideração para apoiar o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico.

### 3. APOIANDO O DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS EM UM ECOSISTEMA DE SOFTWARE CIENTÍFICO

Este capítulo apresenta a solução desenvolvida para alcançar os objetivos da dissertação. São detalhados os seguintes aspectos: os requisitos, a arquitetura, o processo de desenvolvimento de serviços, os modelos de contexto que foram utilizados, o módulo de análise de serviços, os recursos criados para o desenvolvimento e avaliação de serviços.

#### 3.1 PROJETO DA SOLUÇÃO

Considerando os objetivos especificados para este trabalho, um projeto de software foi criado para orientar os desenvolvimentos necessários na plataforma E-SECO. A primeira parte do projeto consistiu em levantar os requisitos desejados, funcionais e não funcionais. A segunda foi construir a arquitetura considerando cada um dos componentes, exigidos pelos requisitos, a forma pela qual eles deveriam se relacionar entre si e entre os componentes pré-existentes na plataforma de ecossistema de software científico.

##### 3.1.1 REQUISITOS

Segue a lista dos requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) levantados:

- **RF 01:** Deve ser possível detalhar os dados de todos os serviços encontrados pela busca de serviços. Este detalhamento deve não apenas ser uma página exclusiva, mas conter o máximo de informações contextuais coletadas e inferidas para o serviço, incluindo suas informações básicas (nome, autor, data de criação, data de última modificação, entre outras), dados sobre sua utilização (em experimentos, atividades, workflows e por cientistas), métricas internas (nome da classe responsável, atributos, métodos, dependências, relações de interoperabilidade, entre outras) e dados de avaliações realizadas por cientistas e desenvolvedores;
- **RF 02:** Deve ser possível fazer uma comparação entre dois ou mais serviços. As informações contextuais dos serviços devem ser postas lado a lado para que seja possível compará-las com facilidade;

- **RF 03:** Deve ser possível a todos os usuários da plataforma a realização de *feedbacks* sobre os serviços, através da escrita de comentários. Cada serviço deverá receber comentários de qualquer usuário da plataforma, e esses comentários devem ficar disponíveis a todos os usuários da plataforma;
- **RF 04:** Deve ser possível aos desenvolvedores realizar uma avaliação do serviço, dando notas para os seguintes aspectos de qualidade do serviço: confiabilidade, disponibilidade, facilidade de uso, documentação e desempenho. Estas avaliações devem ficar disponíveis a todos os usuários da plataforma;
- **RF 05:** Deve ser possível aos desenvolvedores convidar cientistas para validarem serviços. Este recurso deve oferecer suporte para que o desenvolvedor encontre os cientistas mais adequados para a validação;
- **RF 06:** Deve ser possível que cientistas sejam convidados para validar serviços e um formulário para a realização da validação deve ser implementado. As validações devem ser armazenadas em banco de dados e ficar disponíveis para todos os usuários da plataforma;
- **RF 07:** Deve ser disponibilizado aos desenvolvedores um documento contendo diretrizes para o desenvolvimento de serviços, que deverá conter regras e dicas para tirar o melhor proveito da API da plataforma, no sentido de auxiliar o desenvolvedor a criar serviços que se integrem melhor à plataforma. Também deve ser disponibilizado, ao desenvolvedor, um recurso de apoio ao desenvolvimento de serviços orientados a contexto. Para tal, um *framework* conceitual de contexto deve ser apresentado juntamente com o documento de diretrizes;
- **RF 08:** Deve ser possível o registro de serviços junto à plataforma através de um formulário no qual o desenvolvedor possa inserir informações básicas sobre seu novo serviço. Assim, o serviço deve ter seus dados registrados em banco de dados, permitindo que outras informações possam ser agregadas a este registro, como os comentários do RF 03, por exemplo. De fato, todas as informações sobre o serviço devem ser vinculadas a este registro do serviço;
- **RNF 01:** Os serviços devem promover a interoperabilidade, extensibilidade, flexibilidade, ausência de estado, reuso e capacidade de composição. Para tanto, as ações devem considerar os atuais conceitos de desenvolvimento sobre os quais a

plataforma E-SECO é fundamentada, como o modelo MVC (*Model-View-Controller*) e SOA (*Service-Oriented Architecture*);

- **RNF 02:** Deve ser considerada a linguagem principal da plataforma, Java para *Web* (portabilidade).
- **RNF 03:** A interface com o usuário deve prover uma distribuição agradável das informações, de modo a organizá-las para otimizar sua assimilação (usabilidade).

### 3.1.2 ARQUITETURA GERAL

A solução foi implementada através de serviços, que foram organizados na plataforma E-SECO conforme mostra o diagrama da Figura 3.1. O componente em cor amarela são aqueles já existentes na plataforma E-SECO, enquanto que os componentes em cor verde são os componentes implementados para esta solução. De acordo com o diagrama, são apresentadas duas interfaces para o usuário: “Service Analysis” e “Invite for Validation”.

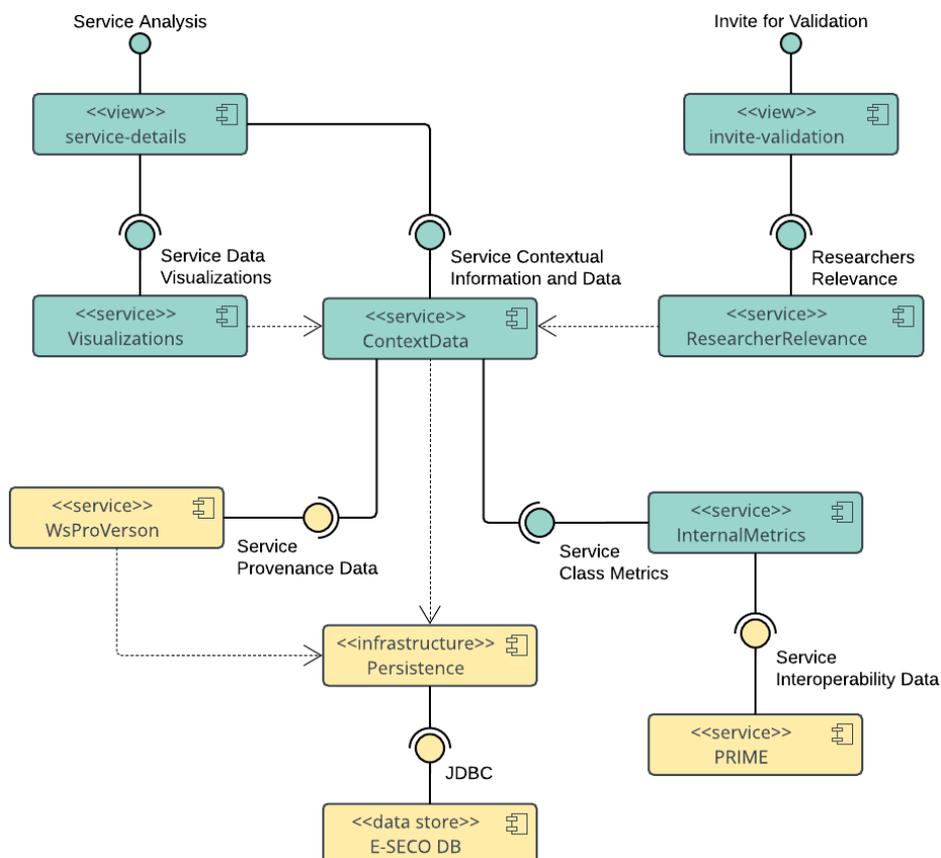


Figura 3.1. Diagrama de componentes relacionados à solução

A primeira interface oferece ao usuário a página de detalhamento de um serviço, na qual são exibidas todas as informações contextuais sobre o serviço e visualizações para auxiliar na assimilação destas informações. Para isso, os serviços “Visualizations” e “ContextData” são empregados. O serviço “Visualizations” utiliza uma ontologia que faz uso de informações contextuais para sugerir visualizações a serem exibidas para o usuário, o funcionamento deste serviço será descrito com maior detalhe na seção 3.4.2 deste capítulo. O serviço “ContextData” é responsável por coletar e organizar as informações de contexto de um serviço científico. Para isso, ele se baseia no modelo de contexto definido para a entidade “Serviço”, descrito em maior detalhe na seção 3.3 deste capítulo. O serviço “ContextData” utiliza outros serviços para obter algumas informações contextuais das quais precisa, como o serviço “WsProVersion”, que fornece dados de proveniência, e o serviço “InternalMetrics” que fornece dados de métricas internas da classe relacionada ao serviço. Este último serviço faz uso de um serviço, chamado “PRIME”, que é responsável por fornecer as relações de interoperabilidade entre o serviço sendo detalhado e outros serviços da plataforma. Os serviços “WsProVersion” e “ContextData” fazem consultas ao banco de dados do E-SECO através da sua infraestrutura de persistência de dados.

A segunda interface, “Invite for Validation” oferece ao usuário desenvolvedor uma página para que seja possível fazer convites para validações de um serviço. Este convite é feito a usuários cientistas da plataforma, que são listados para o desenvolvedor em ordem de relevância em relação ao serviço. Essa relevância é calculada pelo serviço “ResearcherRelevance”, que faz uso de informações contextuais entre o serviço e cientistas da plataforma no sentido de descobrir aqueles que possuem maior proximidade em termos de interesses para com o serviço. Este serviço será mais detalhado na seção 3.6 deste capítulo. Para que o serviço “ContextData” possa resgatar os dados de suas entidades alvo, ele faz consultas ao banco de dados, porém, algumas tabelas precisaram ser criadas. Essas novas tabelas, que passaram a fazer parte do esquema de banco de dados da plataforma E-SECO, são ilustradas na Figura 3.2. As linhas de relacionamento na cor vermelha mostram relações com tabelas pré-existentes no banco de dados, que foram omitidas para não prejudicar o foco da imagem nas tabelas que foram criadas. A seção seguinte irá apresentar a evolução que foi realizada no processo de desenvolvimento de serviços, na plataforma E-SECO. As demais seções irão demonstrar as implementações realizadas segundo a arquitetura especificada nesta seção.

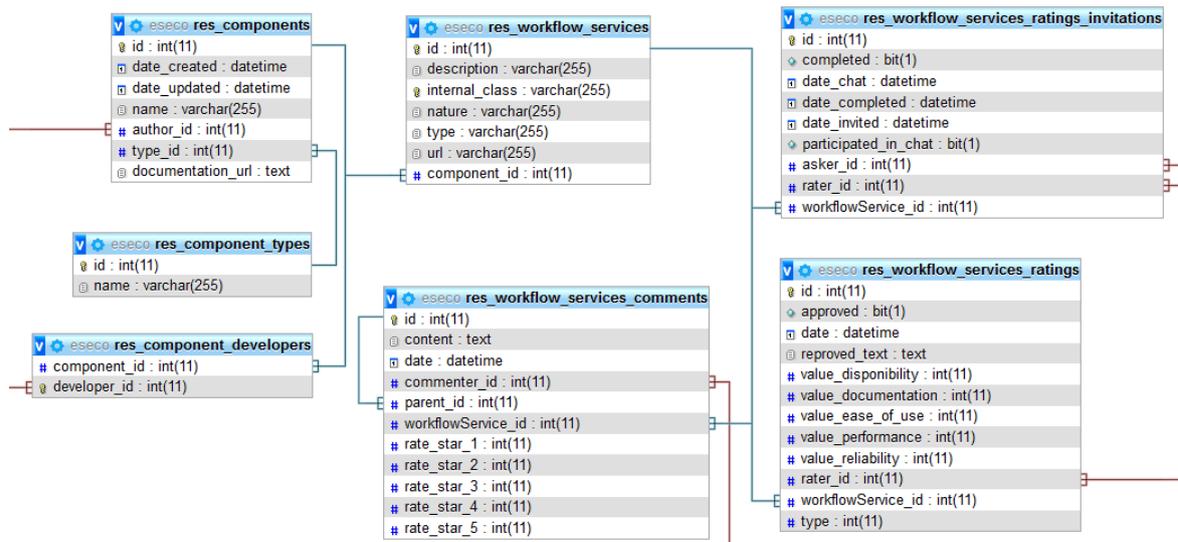


Figura 3.2. Esquema criado para o registro dos serviços científicos no banco de dados

### 3.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS

A plataforma E-SECO possui um processo de desenvolvimento que vem sendo evoluído através de diversos trabalhos (FREITAS, 2015; MARTINS, 2016; MARQUES, 2017). Este trabalho também traz uma evolução ao processo, uma vez que é necessário inserir etapas para a análise de serviços, o que também afetou outras etapas já existentes. Devido a isso, o processo teve algumas etapas expandidas e outras foram incluídas. A Figura 3.3 mostra o processo resultante.

O processo se inicia com o Cientista Solicitante que, ao possuir uma necessidade em relação a serviços científicos, abre uma solicitação de desenvolvimento ou manutenção. Ele descreve suas necessidades, as encaminha para o desenvolvedor, aguarda a resolução de sua solicitação. O desenvolvedor recebe a solicitação, enviada pelo Cientista Solicitante, e inicia o desenvolvimento da solicitação, que se caracteriza como um sub processo e está representado pela Figura 3.4. O desenvolvedor, então, faz a análise da solicitação recebida. Esta análise gera um documento de especificação, que contém a descrição técnica do que deve ser realizado para suprir as necessidades do solicitante. Na próxima atividade (“Buscar e Recuperar Serviços”), o desenvolvedor irá procurar por um serviço específico, em caso de uma manutenção, ou procurar por serviços que possuam a funcionalidade desejada. Ele pode encontrar um serviço ou não, mas caso encontre, ele seguirá para a análise do serviço, que é uma atividade que envolve outras atividades, e por isso, é representada por um sub processo.

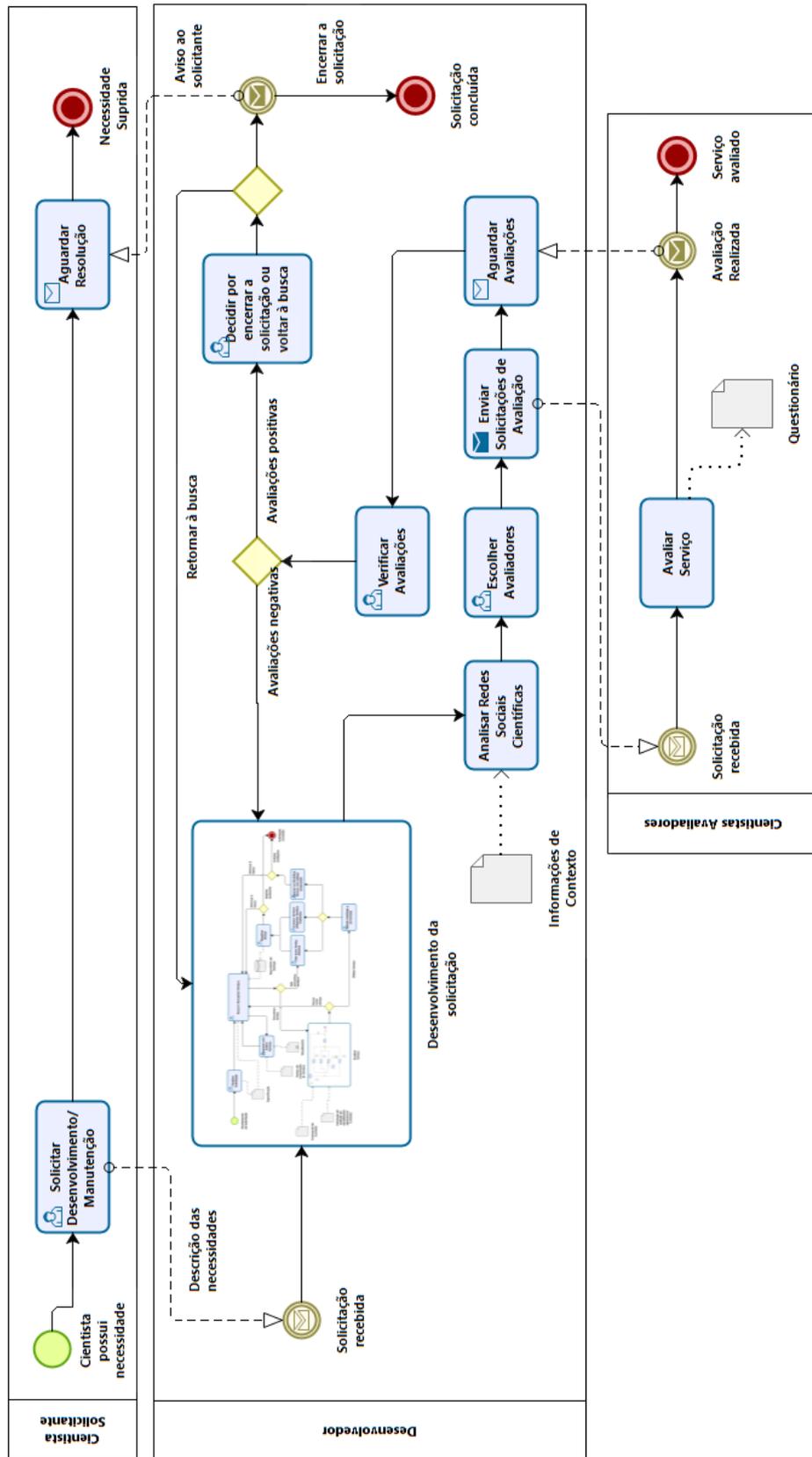


Figura 3.3. Processo de Desenvolvimento de Serviços

A análise de serviço se utiliza de diversos recursos que permitem ao desenvolvedor analisar um serviço, no intuito de melhorar seu conhecimento sobre ele e decidir sobre a sua utilização. O sub processo da análise de serviços será detalhado logo em seguida. Após a análise de um serviço, o desenvolvedor pode buscar por outro serviço, o que o leva de volta à atividade “Buscar e Recuperar Serviços”. Ou pode considerar que os serviços já analisados são suficientes para decidir qual estratégia será utilizada para solucionar o problema do solicitante, sendo levado à atividade “Decidir estratégia a ser tomada”.

Na atividade “Buscar e Recuperar Serviços”, o desenvolvedor poderá, ainda, fazer uma comparação entre dois ou mais serviços encontrados, com o objetivo de verificar semelhanças entre eles. Para isso, ele segue para a atividade “Comparar com outros Serviços”, a qual é apoiada por técnicas de visualização que exibem em conjunto, vários aspectos de todos os serviços sendo comparados. Esta atividade é importante para o desenvolvedor decidir sobre quais serviços ele deseja atuar, ficando mais bem informado para decidir qual estratégia a ser tomada.

Na atividade “Decidir estratégia a ser tomada”, o desenvolvedor precisa decidir como o problema do solicitante será resolvido. Seja por meio da criação de novos serviços, atômicos ou compostos, ou pela extensão de serviços preexistentes. Ações que envolvem a criação de novos serviços são encaminhadas à atividade “Registrar Serviço”, na qual o desenvolvedor registra o serviço no “Repositório de Serviços”.

Após o registro, o desenvolvedor pode voltar para a atividade “Buscar e Recuperar Serviços” para reiniciar o processo, pois ele poderá precisar criar um novo serviço, ou procurar novamente por algum serviço para compor com aquele que acabara de registrar. O desenvolvedor pode até mesmo fazer uma composição entre dois ou mais serviços atômicos recém-criados. Essa dinâmica do processo demonstra o quanto as atividades do desenvolvedor podem se alternar durante a resolução de uma solicitação. O desenvolvedor poderá realizar diversas buscas e recuperações, análises, decisões, registros e demais outras atividades, o que pode demandar esforço e ser dispendioso se ele não tiver ferramentas e recursos adequados.

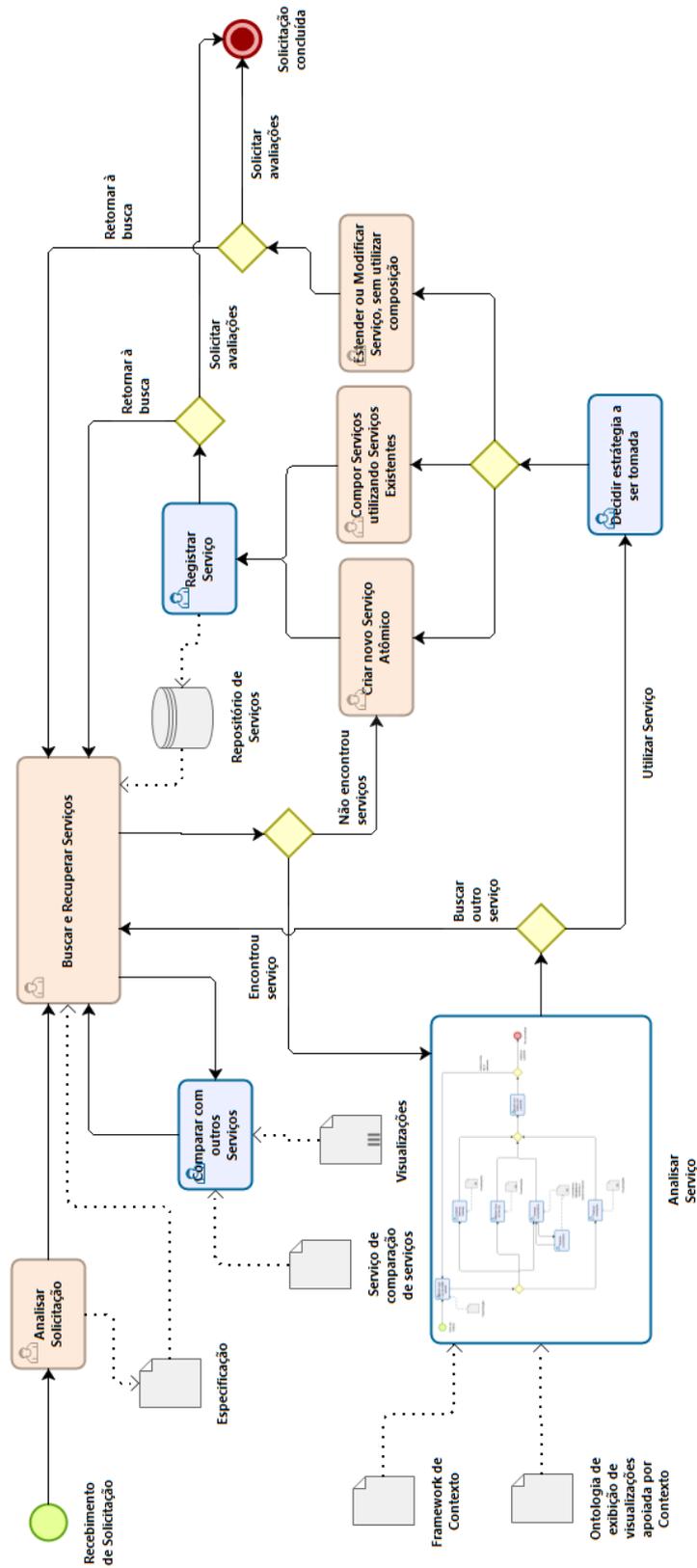


Figura 3.4. Sub Processo de Desenvolvimento da Solicitação

Após essa parte inicial, que diz respeito ao desenvolvimento da solução para a solicitação, o processo segue para a avaliação da solução, na qual o desenvolvedor deverá escolher, entre os cientistas da rede, candidatos a avaliar seus serviços criados ou modificados. Esta parte se inicia na atividade “Análise de Rede Social Científica”, onde o desenvolvedor utiliza um serviço que cria a visualização de uma rede social científica que apresenta os cientistas mais indicados a avaliar o serviço em questão. A forma como esta rede social funciona será descrita em detalhes na seção 3.6 deste capítulo. Após isso, o desenvolvedor segue para a atividade “Escolher Avaliadores”, na qual é feita a seleção dos cientistas que ele deseja que sejam os avaliadores do serviço. Após esta seleção, o desenvolvedor faz o envio da solicitação de avaliação, que será recebida por cada um dos candidatos. Após o envio da solicitação, o desenvolvedor avança para a atividade “Aguardar Avaliações”, onde deverá esperar a conclusão das avaliações. Cada avaliador, ao receber a solicitação, será encaminhado à atividade “Avaliar Serviço”, na qual irá poder avaliar o serviço em um cenário real de aplicação, utilizando-o em alguma atividade de *workflow* em algum experimento. Em seguida, o avaliador responde a um formulário dizendo se aprovou ou reprovou o serviço. Após a avaliação do serviço, uma mensagem de conclusão da avaliação é enviada ao desenvolvedor, que estará aguardando a conclusão de todas as avaliações. Com isso, a participação do avaliador é encerrada, tendo avaliado o serviço conforme solicitado.

O desenvolvedor agora poderá seguir para a atividade “Verificar Avaliações”, onde irá verificar se o serviço foi bem ou mal avaliado. Caso o serviço tenha sido mal avaliado, o desenvolvedor deverá retornar ao serviço e procurar fazer alterações para suprir as partes que tiveram notas baixas na avaliação. Caso o serviço tenha sido bem avaliado, mas o desenvolvedor ainda precise fazer algo a mais em outro serviço, ou até mesmo solicitar avaliações para outros serviços, poderá voltar à atividade “Buscar e Recuperar Serviços”. Caso contrário, poderá encerrar sua participação. Como resultado, é enviada uma mensagem para o solicitante e, assim, poderá também encerrar sua participação.

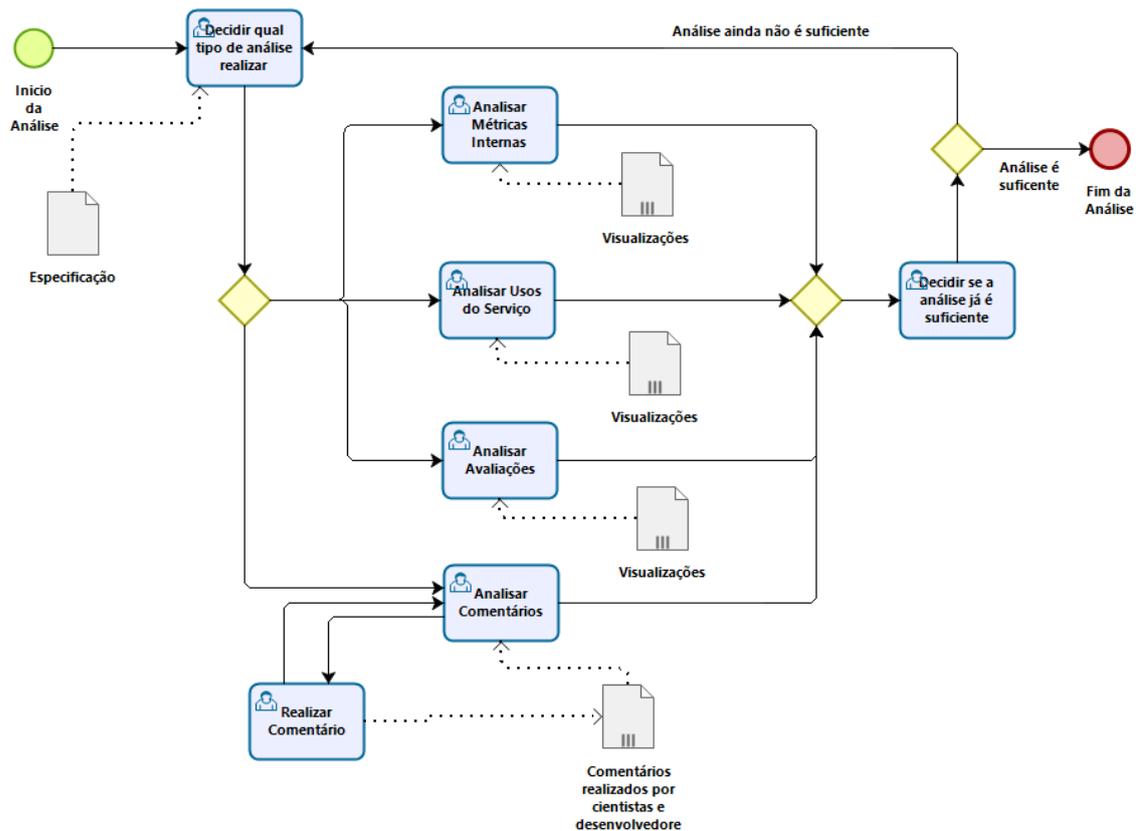


Figura 3.5. Sub Processo de Desenvolvimento de Análise de Serviço

O processo de Análise de Serviço, representado como mostra a Figura 3.5, é responsável por mapear as atividades relacionadas à análise dos dados e informações do serviço. O processo começa com o desenvolvedor realizando a análise de um serviço. A primeira atividade a ser desempenhada é a decisão sobre qual tipo de análise o desenvolvedor irá realizar. Um serviço possui diversos aspectos que podem ser alvo de análise. O desenvolvedor pode analisar as métricas internas, os usos do serviço na plataforma, comentários realizados sobre o serviço, bem como realizar comentários e analisar as avaliações já realizadas sobre o serviço. Cada aspecto a ser analisado é apoiado por um ou mais recursos de visualização apresentados ao desenvolvedor. As técnicas de visualização apresentadas são decididas em tempo de execução através do processamento de uma ontologia dedicada exclusivamente a este fim. Esta ontologia lê os elementos de contexto do serviço e apresenta as técnicas mais adequadas a representar seus aspectos.

Ao fim da análise de cada aspecto, o desenvolvedor pode considerar que ainda é necessário analisar outro aspecto ou pode considerar que suas análises já são suficientes para aquele serviço. Caso as análises ainda não sejam suficientes, o desenvolvedor retorna à

atividade para decidir qual análise realizar e o processo se reinicia. Caso já seja suficiente, o processo chega ao seu fim.

Todo o processo foi modelado de acordo com as regras do BPMN através do software modelador de BPMN *Bizagi Modeler*<sup>6</sup>. O processo foi dividido em: 1 processo e 2 sub processos, são eles:

- Processo de Desenvolvimento de Serviços (Figura 3.3);
- Sub Processo de Desenvolvimento da Solicitação (Figura 3.4);
- Sub Processo de Análise de Serviço (Figura 3.5).

O processo de Análise de Serviços é um sub processo de Desenvolvimento da Solicitação, que por sua vez é um sub processo do processo de Desenvolvimento de Serviços. As atividades que foram introduzidas por este trabalho estão em cor azul, enquanto que as atividades já existentes no processo estão na cor amarela.

### 3.3 DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE CONTEXTO

Elementos de contexto apoiam, sobretudo, as atividades colaborativas que acontecem com o suporte da plataforma de ecossistema. Eles fornecem informações sobre os membros em suas atividades e desempenha um papel relevante na compreensão e interpretação de informações de percepção (“awareness”) (BREZILLON, 2005). Para tanto, certas entidades da plataforma E-SECO foram associadas a um modelo de contexto. São elas: cientista, experimento, serviço científico e avaliação de serviço científico, e serão detalhadas a seguir.

#### 3.3.1 CIENTISTA

Os usuários do tipo Cientista possuem informações básicas como: código identificador (id), nome, lista de áreas de atuação, lista de interesses, idade, grau acadêmico e instituições nas quais atua. Além disso, cada experimento no qual o cientista atuou também fica vinculado ao seu modelo de contexto, assim como as avaliações realizadas de serviços científicos, os cientistas com quem se relacionou e o tempo total de utilização da plataforma. A Figura 3.6 mostra um diagrama da organização das informações do modelo.

---

<sup>6</sup> <https://www.bizagi.com/pt/produtos/bpm-suite/modeler>

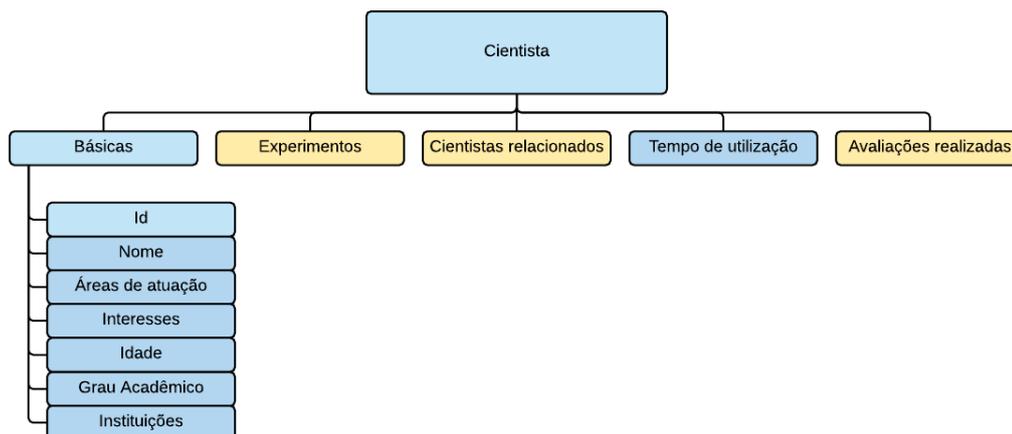


Figura 3.6. Modelo de contexto de Cientista

As informações para alimentar este modelo são resgatadas em tempo de execução a partir de variadas fontes. As informações básicas podem ser obtidas através de entrada explícita do cientista, que pode preencher tais informações em uma página exclusiva para alterações no perfil do usuário. Outra forma de obter as informações de perfil do usuário é através da pesquisa em bases externas, como o *Mendeley*<sup>7</sup>, *DBLP*<sup>8</sup> e *ResearchGate*<sup>9</sup>. Através do e-mail do usuário, uma busca é realizada nestas bases. Como resultado, os dados do cientista são automaticamente preenchidos em seu perfil. Os experimentos nos quais o cientista atuou, os cientistas com quem se relacionou e as avaliações realizadas (destacadas em amarelo na Figura 3.6) são obtidos através do banco de dados, e são transformados em instâncias de seus respectivos modelos de contexto, que serão apresentados no decorrer deste capítulo.

### 3.3.2 EXPERIMENTO

Os experimentos possuem informações básicas, tais como: código identificador (id), nome, autor, data de criação, data da última atualização e uma lista das áreas envolvidas pelo experimento. Outras informações são a respeito da estrutura do experimento, que traz uma lista com seus *workflows* e atividades utilizadas pelos *workflows*. As execuções do experimento também ficam associadas ao seu modelo de contexto, trazendo informações como o total de execuções, a data da última execução e os cientistas que realizaram as execuções. A Figura 3.7 mostra um diagrama da organização das informações do modelo.

<sup>7</sup> <https://www.mendeley.com/>

<sup>8</sup> <http://dblp.org/>

<sup>9</sup> <https://www.researchgate.net/>

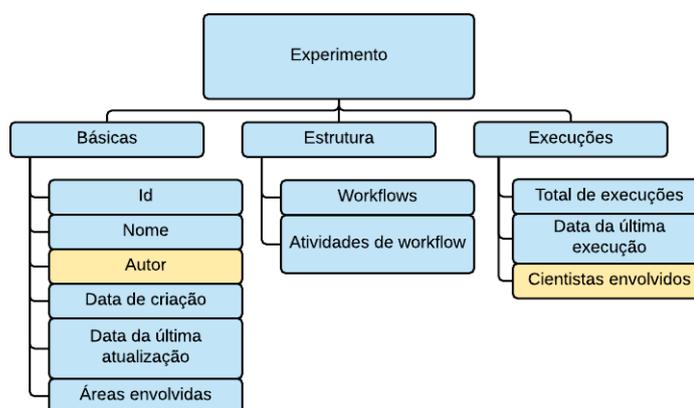


Figura 3.7. Modelo de contexto de Experimento

As informações para alimentar este modelo são extraídas do banco de dados da plataforma. O modelo as organiza de modo que o autor e os cientistas envolvidos (destacados em amarelo na Figura 3.7) são transformados em instâncias do modelo de contexto de cientistas.

### 3.3.3 SERVIÇOS CIENTÍFICOS

Os serviços científicos possuem informações básicas, tais como: código identificador (id), nome, autor, data de criação e data da última atualização. Informações específicas como o tipo de sua tecnologia, REST (*Representational State Transfer*) ou SOAP (*Simple Object Access Protocol*), sua natureza de concepção (se ele se trata de um serviço atômico ou um serviço composto) e sua localização digital principal. Métricas internas também são vinculadas ao modelo de contexto dos serviços científicos, trazendo informações em nível de código, como o nome de sua classe interna, seus atributos, métodos, dependências de outros serviços e suas relações de interoperabilidade. As utilizações do serviço na plataforma também são consideradas no modelo, representando experimentos nos quais o serviço foi utilizado, por quais cientistas, e quais as áreas nas quais o serviço foi utilizado bem como a área mais comum. As avaliações realizadas para o serviço também estão presentes no modelo, bem como os comentários realizados pelos usuários. A Figura 3.8 mostra um diagrama da organização das informações do modelo.

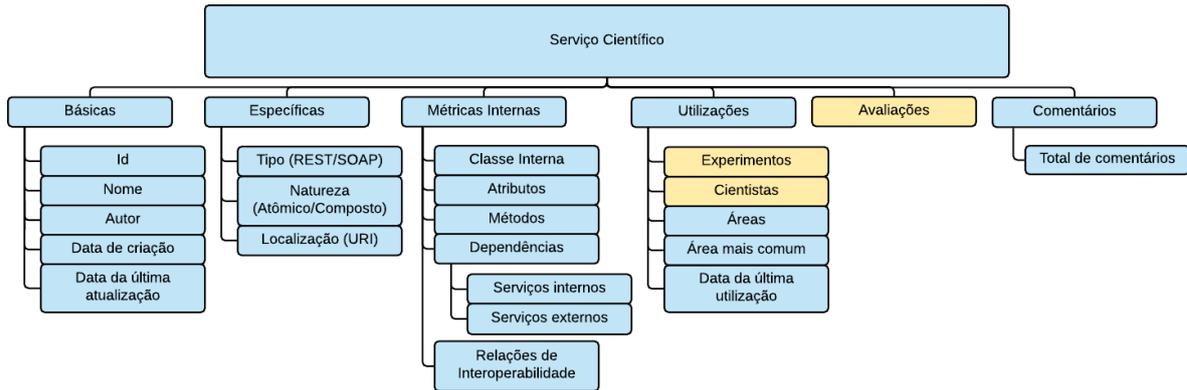


Figura 3.8. Modelo de contexto de Serviço Científico

As informações para alimentar este modelo são resgatadas em tempo de execução a partir de variadas fontes. As informações básicas e específicas são obtidas através de entrada explícita do desenvolvedor no momento de registro do serviço na plataforma. As métricas internas utilizam o nome completo da classe interna, armazenado em banco de dados, para examinar a classe, em termos de código, através de recursos de Reflexão em Java. A reflexão se encarrega de encontrar informações sobre os atributos e os métodos e suas dependências para com outros serviços. As relações de interoperabilidade são obtidas através do serviço PRIME (NEIVA *et al.*, 2015). As demais informações são obtidas pelo banco de dados. Os experimentos, cientistas e avaliações (destacados em amarelo na Figura 3.8) são transformados em instâncias de seus respectivos modelos de contexto.

### 3.3.4 AVALIAÇÃO DE SERVIÇO CIENTÍFICO

As avaliações de serviços científicos possuem informações básicas como: código identificador (id), serviço científico, data de realização e avaliador. Os dados da avaliação também são vinculados ao modelo. Eles dependem do tipo de usuário que realizou a avaliação. Os dados: aprovado, reprovado e motivo de reprovação são próprios dos usuários cientistas. Já os dados de notas (documentação, confiabilidade, facilidade de uso, desempenho e disponibilidade) são próprios dos usuários desenvolvedores. A Figura 3.9 mostra um diagrama da organização das informações do modelo. As informações para alimentar este modelo vêm principalmente a partir do banco de dados da plataforma. O modelo as organiza de modo que o serviço científico e o avaliador (destacados em amarelo na Figura 3.9) são transformados em instâncias do modelo de contexto de cientistas.

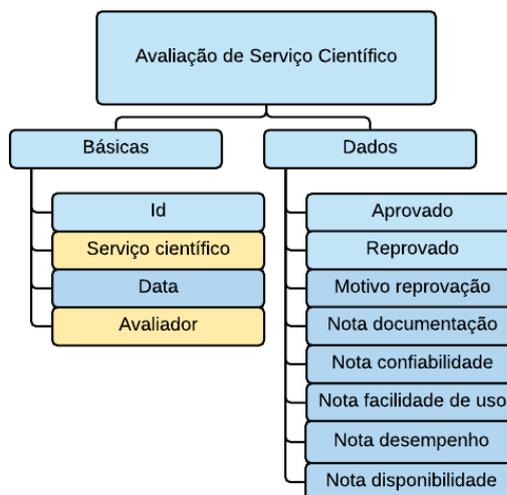


Figura 3.9. Modelo de contexto de Avaliação de Serviço Científico

A seção a seguir, apresenta como estes modelos de contexto são utilizados na interface de análise de serviços.

### 3.4 ANÁLISE DE SERVIÇOS

Esta seção apresenta a interface de análise de serviços, que tem como finalidade apresentar ao usuário um detalhamento completo de algum serviço. O serviço a ser detalhado deve ser escolhido através da interface de busca e recuperação de serviços (Marques, 2017). As subseções seguintes apresentam os dois aspectos principais da interface: os dados e informações contextuais e as visualizações. Também são apresentadas as possíveis ações realizáveis por meio da interface. Por fim, o recurso de comparação de serviços é apresentado.

#### 3.4.1 DADOS E INFORMAÇÕES CONTEXTUAIS

Na interface de análise de serviços, os dados contextuais do serviço científico são apresentados na forma de categorias e apoiados por visualizações. Procurou-se organizar as informações de modo que o usuário não ficasse sobrecarregado. Para isso, informações mais complexas foram ocultadas e disponibilizadas em forma de um botão que, ao ser ativado, exhibe as informações ocultas, como é o caso, por exemplo, da lista de cientistas que avaliaram o serviço. Pode-se separar a interface em quatro blocos de informação. O primeiro bloco, em detalhe na Figura 3.10, são os dados básicos e específicos do serviço, informações puramente textuais. Alguns desses dados são dinâmicos, como a natureza do serviço, que é identificada a partir das dependências de outros serviços. Caso o serviço possua dependências de outros

serviços, então ele é considerado de natureza composta (serviço composto), caso contrário, é considerado de natureza atômica (serviço atômico). Essas informações podem ser úteis para o desenvolvedor ter uma introdução rápida a respeito do serviço, permitindo que ele consiga executá-lo ao acessar sua localização (URI).

The screenshot shows a web interface with a teal header containing navigation links: 'ELEMENTS', 'COMPONENTS', 'CONFIG', and 'SUPPORT'. On the right of the header, there is a notification bell icon with '0' and a user profile icon for 'leoaguarpereira@gmail.com'. Below the header, the page title is 'Details: Food Dry Matter Percentage'. The main content is divided into two columns. The left column is titled 'Component Info' and contains a table with the following data:

Id	161
Name	Food Dry Matter Percentage
Type	Workflow Service
Author	<a href="#">Aroldo de Alcântara</a>
Date Created	2018-01-26
Date Last Updated	Never Updated
Documentation	Not Available

The right column is titled 'Workflow Service Info' and contains a table with the following data:

Type	REST
Nature	Atomic
Location	<a href="http://nenc.ufjf.br:8080/eseco/api/agriculture/food-dry-matter-percentage">http://nenc.ufjf.br:8080/eseco/api/agriculture/food-dry-matter-percentage</a>

Below these tables is a 'Description' section with the text: 'Obtain the percentage of dry matter for a given food'.

Figura 3.10 – Apresentação dos dados básicos e específicos de serviços

O segundo bloco, em detalhe na Figura 3.11, exibe os dados de utilização do serviço e suas avaliações. Estes dados são apoiados por visualizações, que serão descritas em maior detalhe na seção seguinte. Os dados de utilização dos serviços são especialmente úteis para que o desenvolvedor saiba como o serviço vem sendo utilizado na plataforma. São exibidas utilizações de todos os recursos nos quais um serviço pode estar relacionado. Como regra, os serviços são configurados nas atividades de *workflow*. Mas como as atividades de *workflow* são usadas em *workflows*, e os *workflows* são usados em experimentos, e os experimentos são realizados por cientistas. Considera-se que todas estas entidades estão fazendo uso do serviço, direta ou indiretamente. O quadro de informações de uso dos serviços lista essas entidades e exibe a quantidade total delas que está fazendo uso do serviço. Ao lado de cada informação, há um botão que permite a exibição de uma lista mais detalhada sobre cada entidade usando o serviço. As informações das avaliações também seguem o mesmo modelo, apresentando as quantidades totais de avaliações positivas e negativas e permitindo, através de botões, que sejam listados seus avaliadores. As informações de avaliação podem ser úteis para saber como o serviço vem sendo avaliado pelos seus usuários, o que pode sugerir o grau de sua utilidade e qualidade.



Figura 3.11 – Visualização dos dados de utilização do serviço e avaliações

O terceiro bloco, em detalhe na Figura 3.12, é responsável pela exibição das métricas internas do serviço. Informações essas que também são apoiadas por visualizações, conforme a seção seguinte irá apresentar. As métricas internas podem ser úteis para que o desenvolvedor analise o grau de complexidade do serviço, e tenha, rapidamente, acesso às suas dependências e relações de interoperabilidade.

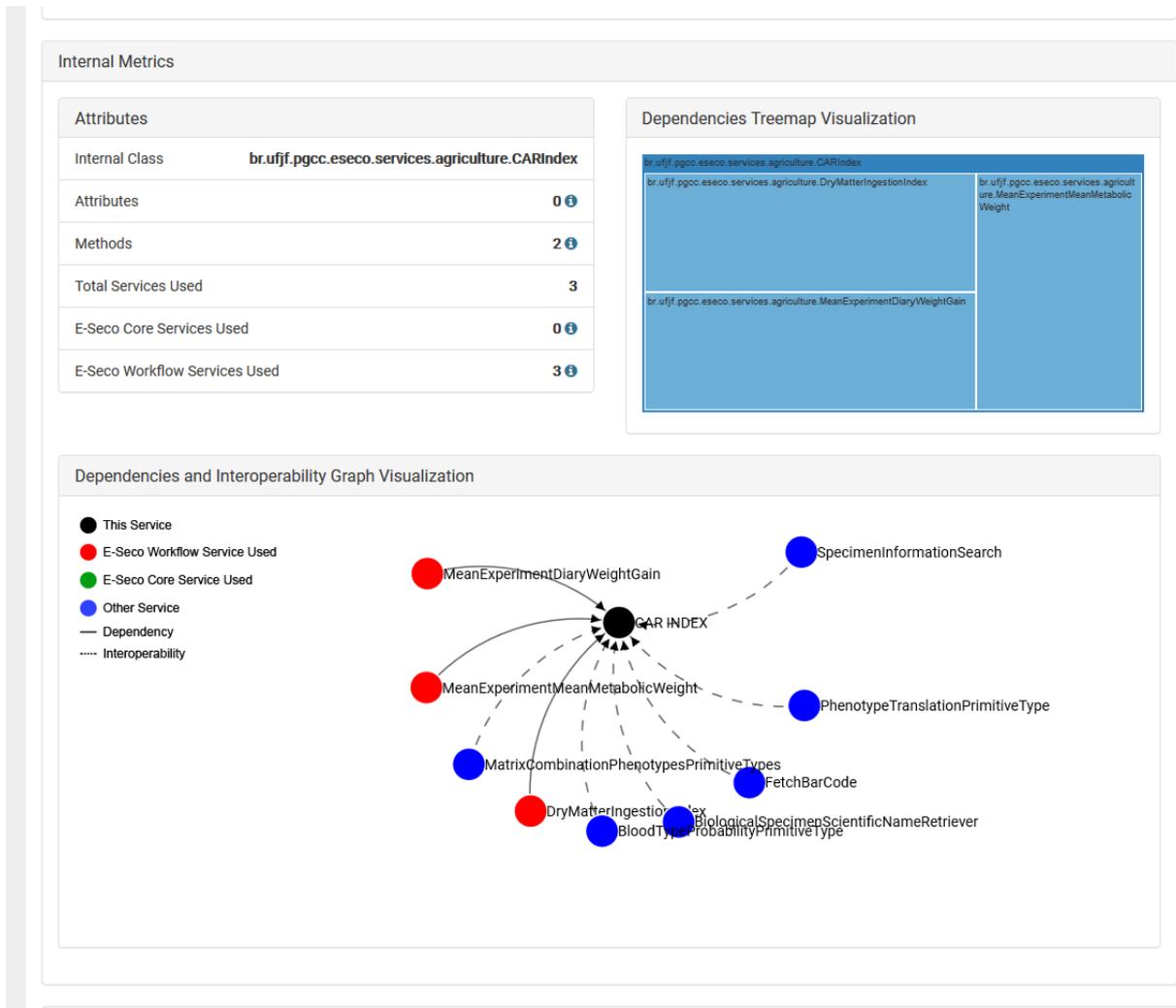


Figura 3.12 – Visualização das métricas internas do serviço

O quarto e último bloco, em detalhe na Figura 3.13, é o recurso de comentários. Ele é responsável por permitir a interação entre os usuários acerca de cada serviço individualmente. Os comentários são um recurso de colaboração e tem como objetivo facilitar a discussão aberta sobre quaisquer aspectos do serviço. Os usuários podem escrever sobre o atual estado do serviço, se estão satisfeitos com ele ou não, podem dar dicas de utilização do serviço, recomendação por outros serviços equivalentes e demais explicações que possam ser úteis. Como os comentários são livres e permitidos a todos os usuários, foi implementado um sistema de votos para destacar os comentários que sejam considerados mais úteis pelos usuários. Neste sistema de votos os usuários podem dar notas de 1 a 5 para cada comentário. Essas notas são recebidas e é feita uma média ponderada. O valor desta média é, então, convertido visualmente em estrelas, que são exibidas junto com cada comentário.

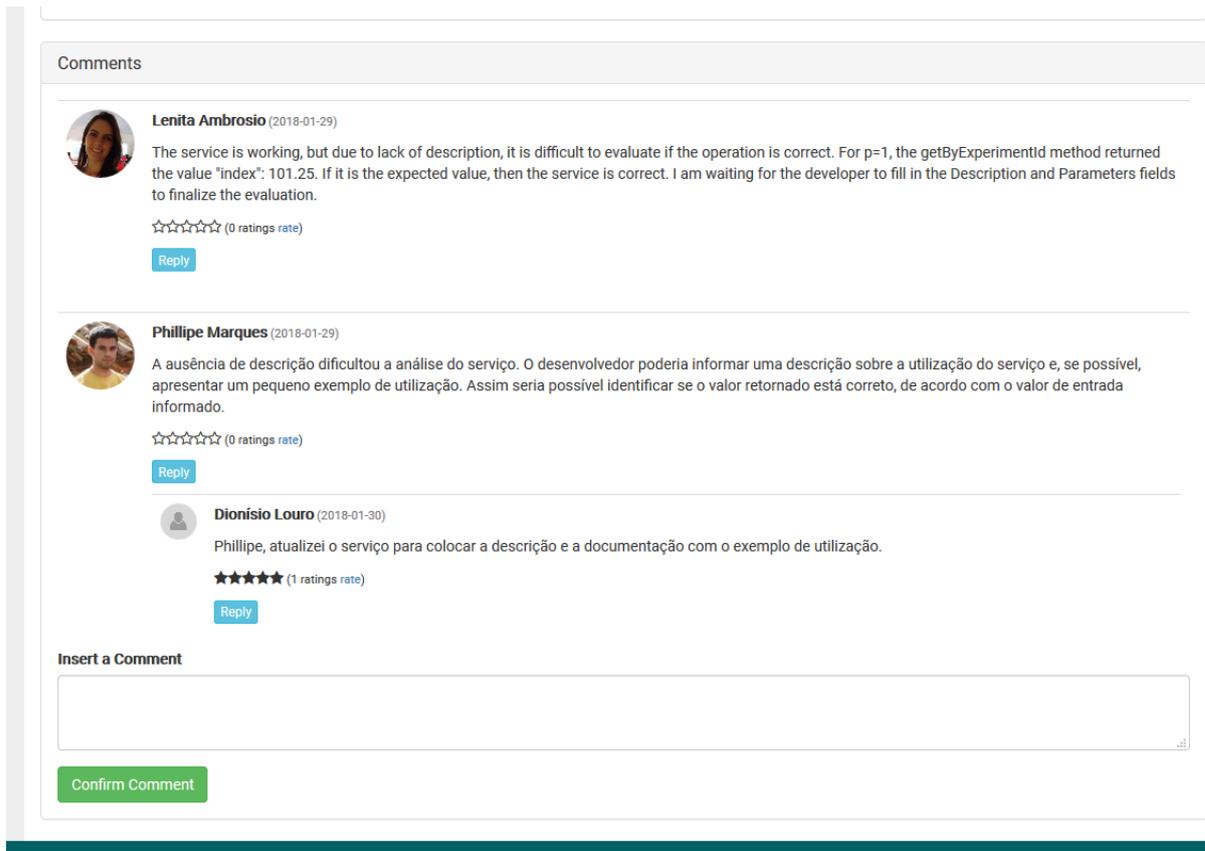


Figura 3.13 – Suporte aos comentários sobre um serviço em desenvolvimento

### 3.4.2 VISUALIZAÇÕES

A interface de análise de serviços foi dividida em quatro blocos de informação. Há elementos de visualização nos três últimos deles, com uma maior concentração no segundo e no terceiro. As técnicas de visualização utilizadas foram escolhidas de acordo com o tipo de informação a ser exibida.

#### Grafos

A utilização de grafos se deu em cima dos dados que possuem relações. Os dados de usos do serviço possuem uma relação entre si: atividades de *workflow* são relacionadas a *workflows*, que por sua vez são relacionados a experimentos, que por fim são realizados por cientistas. A Figura 3.11 mostra um grafo de utilização do serviço, que também inclui os desenvolvedores do serviço. Grafos também são utilizados para exibir as dependências e relações de interoperabilidade do serviço, conforme a Figura 3.12 demonstra. Grafos também são utilizados para exibição da rede social científica, utilizada como mecanismo de apoio à seleção de cientistas avaliadores, que será detalhada na seção 3.6 deste capítulo.

### **Treemap**

Treemaps são utilizadas para exibir as dependências do serviço, conforme é exibido pela Figura 3.12.

### **Parallel Coordinates**

Parallel Coordinates foram utilizados para exibir as avaliações realizadas no serviço. Esta visualização coloca, em um plano, todas as informações comuns ao conjunto dados em uma dimensão, e os possíveis valores para estas informações em outra dimensão. Uma linha que liga as duas dimensões é traçada, criando um caminho que se torna a assinatura daquele dado. A Figura 3.14 exibe como esta visualização é utilizada para exibir as avaliações realizadas por desenvolvedores sobre um serviço.

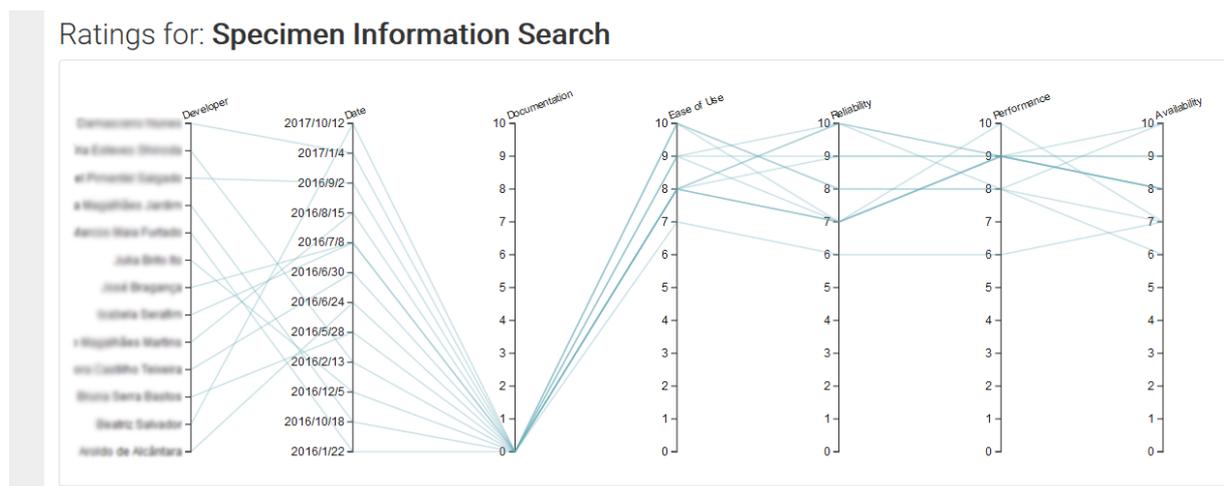


Figura 3.14 *Parallel Coordinates* de avaliações de um serviço

### **Gráfico de Radar**

Esta visualização é utilizada no recurso de comparação de serviços, que será descrito com maior detalhe na seção 3.4.4.

### **Gráfico de Setores, Gráfico de Barras e Gráfico de Estrelas**

Os gráficos de setores e de barras foram usados para exibir os dados de avaliação do serviço, conforme a Figura 3.11 demonstra. O gráfico de estrelas foi utilizado nos votos dos comentários do serviço. Este gráfico depende que seja passado um número de 0 a 5, e ele irá exibir este número por meio de estrelas para o usuário.

### **Ontologia de recomendação de visualizações apoiada por contexto**

Alguns serviços podem possuir muitos tipos de informação que outros serviços não possuem. Serviços compostos, por exemplo, possuem informações de suas dependências em relação a outros serviços, enquanto que serviços atômicos não possuem dependências. O mesmo pode ocorrer com diversas outras informações. Deste modo, para otimizar a interface de análise de serviço, uma ontologia foi criada para que a decisão sobre quais visualizações exibir seja feita de acordo com o contexto de cada serviço. Assim, os serviços tenderão a exibir apenas as visualizações mais adequadas, respeitando seus respectivos contextos. O funcionamento da ontologia consiste em enumerar características de elementos de visualização e características exigidas por métricas de serviços, para posteriormente comparar essas características no intuito de descobrir qual a visualização mais adequada para cada métrica.

A Figura 3.15 ilustra este funcionamento. Na parte superior há um serviço, que possui quatro diferentes métricas, cada métrica possui atributos que representam dados do serviço. Por exemplo, a métrica de *WebServiceRatings* (avaliações de serviços) possui os atributos *totalRatingsByDevelopers* (total de avaliações por desenvolvedores) e *totalRatingsByScientists* (total de avaliações por cientistas). Estes dois atributos são preenchidos de acordo com os dados do serviço em questão.

Na parte inferior há os tipos de visualização, como o Grafo, o *Parallel Coordinates* e o Radar. Cada tipo de visualização possui uma ou mais tipos de tarefas, que indicam quais tarefas estes tipos de visualização podem desempenhar. O mesmo acontece para as dimensões. Sendo assim, um Grafo, por exemplo, possui (pode desempenhar) as tarefas: *Filter* (filtragem de elementos e dados), *Zoom* (aproximação/distanciamento da visão) e *Relate* (visualiza relações entre os elementos) e a dimensão Network (rede). Estas tarefas e dimensões, definidas por Shneiderman (1996), foram mapeadas na ontologia de modo que os tipos de visualização já são associados às suas respectivas tarefas e dimensões. A partir da capacidade de uma visualização de realizar uma tarefa e de poder ser exibida através de uma determinada dimensão, são calculadas as características desta visualização. Essas características indicam suas capacidades como, por exemplo: *goodForFewerTypesOfData* (boa para poucos tipos de dados) e *notSuitableForHistoricalData* (não adequada para dados históricos). A ontologia traz, internamente, todas as características já calculadas para os tipos de visualização suportados por ela.

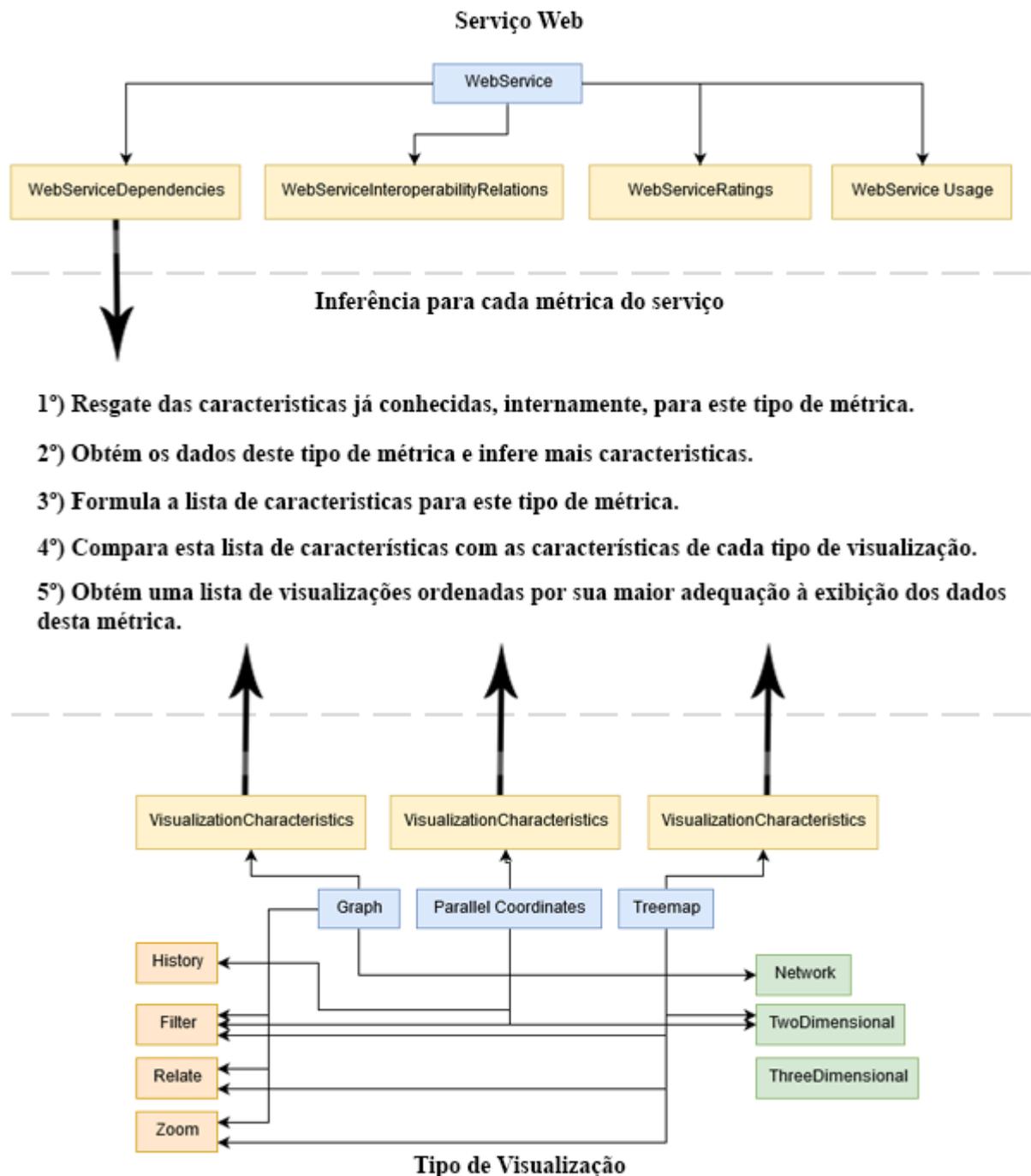


Figura 3.15. Funcionamento da ontologia de recomendação de visualizações

Na parte central da Figura 3.15, é exibido como a ontologia faz a comparação das características de cada visualização com as características exigidas pelas métricas. O processo começa pela análise do serviço, onde a ontologia monta uma lista de características para cada métrica do serviço. Internamente, a ontologia está programada para já identificar algumas características básicas para as métricas suportadas por ela como, por exemplo, a métrica *WebServiceRatings*, que naturalmente já está associada à característica *historicalData* (Dados

históricos). Logo após, a ontologia associa outras características à métrica, de acordo com alguns de seus dados. Ainda tomando como exemplo a métrica *WebServiceRatings*, que possui os atributos *totalRatingsByDevelopers* e *totalRatingsByScientists*, a ontologia internamente identifica que um número maior que 100 de cada um destes atributos é considerado uma grande quantidade de dados, atribuindo o valor *true* (verdadeiro) à característica *largeData* (grande quantidade de dados) da métrica. Caso este número seja menor ou igual a 100, esta característica recebe o valor *false* (falso). De posse de todas as características das métricas, a ontologia faz uma comparação com as características de cada tipo de visualização, atribuindo pontos para cada interseção de características e criando um *ranking*, que coloca nas primeiras posições os tipos de visualização mais adequados a exibir os dados daquela métrica. Deste modo, a ontologia consegue atribuir para cada métrica de um mesmo serviço as visualizações que melhor se adequam a elas.

### 3.4.3 AÇÕES REALIZÁVEIS

A interface de análise de serviços pode ser utilizada para realizar três ações distintas, são elas:

- **Avaliação do desenvolvedor:** Um usuário desenvolvedor pode realizar uma avaliação sobre o serviço. Esta avaliação solicita a ele uma nota para diversos aspectos do serviço. Estas notas serão armazenadas no banco de dados e ficarão disponíveis para todos os usuários.
- **Convite para avaliação de cientista:** Um usuário desenvolvedor pode convidar cientistas para fazerem a avaliação do serviço. Esta ação será mais detalhada na seção 3.6 deste capítulo.
- **Comentários:** Todos os usuários do sistema podem realizar comentários sobre o serviço. Os comentários são registrados no banco de dados e ficam disponíveis para todos os usuários da plataforma. Os usuários podem dar uma nota de 1 a 5 para cada comentário. Também é possível responder a comentários de outros usuários, criando uma estrutura hierárquica de comentários.

### 3.4.4 COMPARAÇÃO DE SERVIÇOS

Este recurso permite a comparação de dois ou mais serviços. Trata-se de uma interface que coloca todas as informações possíveis para serviços alinhadas uma embaixo da outra, onde cada serviço é uma coluna de dados. A intenção é auxiliar um desenvolvedor a tomar uma

decisão sobre qual serviço utilizar para realizar uma composição, caso ele esteja com dúvidas sobre dois ou mais serviços parecidos. Esta interface é apoiada por visualizações do tipo Radar, que exibem as comparações entre os serviços de forma bem intuitiva. A Figura 3.16 mostra um exemplo de serviços sendo comparados.

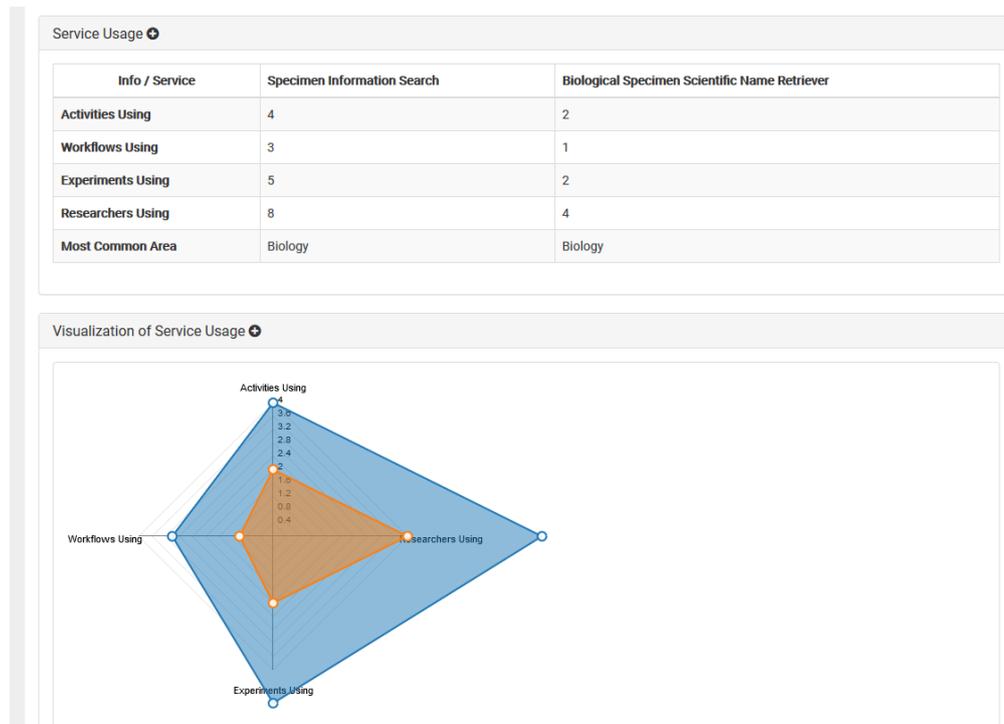


Figura 3.16. Exemplo do recurso de comparação de serviços

### 3.5 DESENVOLVIMENTO DE SERVIÇOS

Esta seção apresenta, brevemente, alguns recursos disponibilizados ao desenvolvedor para melhorar sua experiência ao desenvolver serviços. O primeiro recurso são as diretrizes, um documento que formaliza boas práticas de utilização da API da plataforma no sentido de criar serviços com maior facilidade e mais adequados a interoperar com a plataforma. O segundo é um *framework* conceitual de contexto Ambrósio *et al.* (2017) que apoia o desenvolvedor na tarefa de construção de serviços orientados a contexto. As Diretrizes são regras que devem ser seguidas para o bom comportamento dos serviços criados para a plataforma. Nele são apresentados conceitos sobre a API e dicas de programação, bem como as formas de apresentar à plataforma detalhes sobre o serviço, utilizando as anotações. Um *framework* conceitual também é disponibilizado aos desenvolvedores, com ele, é possível orientar o desenvolvimento de um serviço a contexto, tendo como formas de acessar as informações

contextuais das entidades da plataforma. Neste trabalho, as entidades mapeadas são quatro, e seus modelos de contexto são explicitados para o desenvolvedor.

### 3.6 AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS

Esta seção apresenta a interface de avaliação de serviços. A avaliação de serviços é uma importante etapa no desenvolvimento. É através dela que o desenvolvedor consegue respaldo para finalizar a solicitação na qual está trabalhando, e é também através dela que outros usuários da plataforma obtêm informação sobre a qualidade do serviço. Devido à sua importância, a avaliação deve ser feita por usuários que tenham conhecimento sobre o serviço, que entendam sobre seu domínio de aplicação e, preferencialmente, que as áreas alvo do serviço sejam suas áreas de maior interesse. Por isso, este processo se inicia com a seleção dos cientistas avaliadores, que devem ser escolhidos com base em um critério de relevância em relação ao serviço. Após escolhidos, os cientistas irão receber notificações em seus e-mails e pela própria plataforma para que possam fazer a avaliação do serviço.

#### 3.6.1 DESCOBERTA DE AVALIADORES

Para apoiar o desenvolvedor e encontrar os candidatos mais adequados a avaliar um serviço, uma rede social científica é construída, contendo todos os cientistas da rede. Esses cientistas são ligados ao serviço através de uma relação ponderada, que possui um peso representando seu grau de proximidade com o serviço, em nível de interesses. Para isso, é utilizado o serviço “Researcher Relevance”, referido na seção 3.1 deste capítulo. Este serviço utiliza informações contextuais dos cientistas e do serviço. Basicamente, ele recupera todos os interesses dos cientistas e os compara com as áreas de utilização do serviço. Uma fórmula, adaptada de Pereira *et al.* (2018), é utilizada para descobrir o índice de relevância do cientista em relação ao serviço. Assim, o desenvolvedor pode selecionar os cientistas mais indicados a avaliarem o serviço. Nesta atividade também é utilizada uma visualização, que facilita ainda mais a decisão do desenvolvedor, trata-se de um grafo que relaciona os cientistas ao serviço. A distância entre o nó de um cientista e o nó do serviço varia de acordo com a relevância que o cientista possui em relação ao serviço. Quanto maior a relevância, mais próximo o cientista ficará do serviço, e estes cientistas deverão, preferencialmente, ser os escolhidos pelo desenvolvedor para realizar a avaliação.

### 3.6.2 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

O cientista que receber um convite para avaliação verá em sua tela na plataforma uma notificação, que ficará ativa até que ele faça a avaliação. Para isso, ele precisará acessar o formulário de avaliação, disponibilizado na notificação que ele recebe. Antes de avaliar o serviço, o cientista precisa verificar se o serviço está atingindo os seus objetivos. Para que o cientista possa fazer essa verificação ele pode acessar a interface de análise do serviço. Neste momento, um *chat* poderá estar ativo para ele e para todos os outros cientistas avaliadores convidados, bem como para o desenvolvedor. Através deste *chat*, o cientista pode receber informações sobre o funcionamento do serviço, pode discutir e tirar dúvidas com outros cientistas, fazer testes e quaisquer ações no sentido de verificar se o serviço atende aos objetivos propostos. Após sua análise, o cientista deverá responder ao formulário de validação, através do qual ele irá aprovar ou reprovar o serviço. Caso opte pela aprovação, esta informação é registrada no banco de dados e ficará disponível para todos os usuários da plataforma. Isso também ocorre em caso de reprovação. No entanto, na reprovação há a exigência de se especificar um motivo, que também ficará disponível para todos os usuários da plataforma. A Figura 3.17 mostra um exemplo de uma avaliação, exibindo a tela do convite à avaliação e as telas do formulário, que permite ao cientista aprovar ou reprovar o serviço.

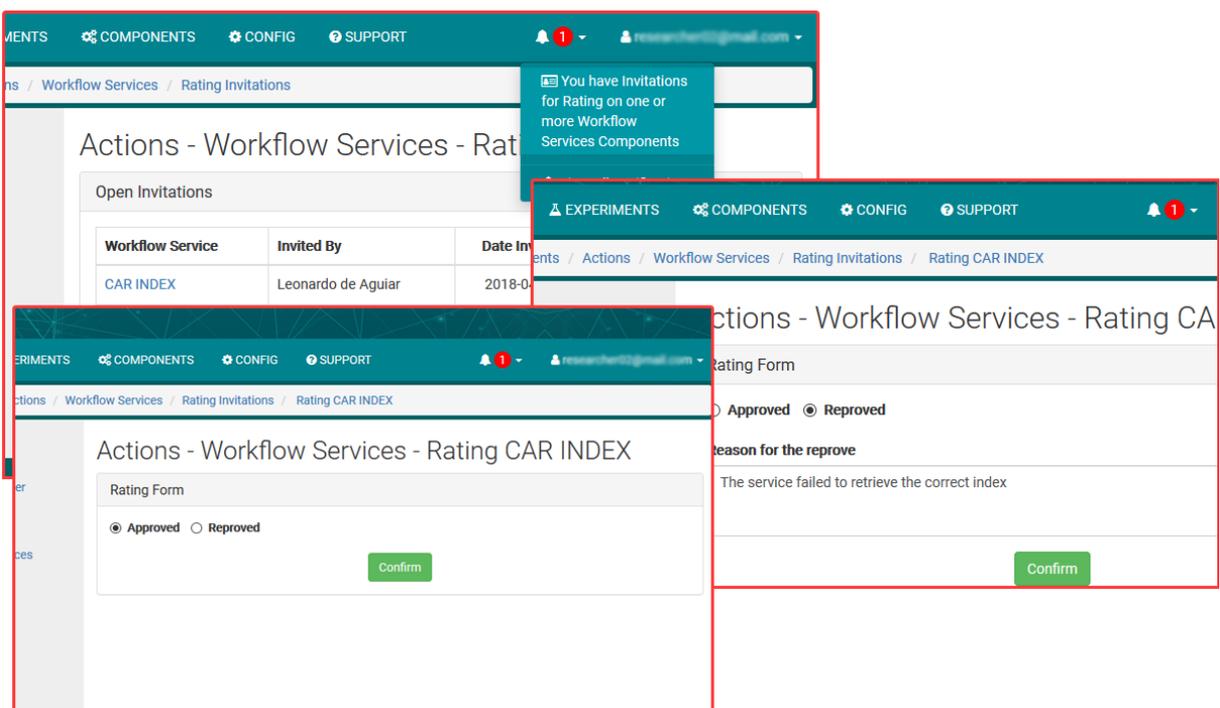


Figura 3.17. Exemplo de avaliação de serviço

### **3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

Este capítulo apresentou a solução criada com objetivo de apoiar o desenvolvimento de serviços em um ecossistema de software científico. Para isso, foram apresentadas as implementações realizadas na plataforma E-SECO, como a extensão do processo de desenvolvimento de serviços, o módulo de análise de serviços e todos os seus recursos de contexto, visualizações, colaboração e análise de redes sociais. No capítulo seguinte, é apresentada uma avaliação para a solução proposta.

## 4. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Este capítulo apresenta a avaliação da solução no sentido de responder à questão de pesquisa. Para isso, foi necessário definir o escopo da avaliação, formalizar as hipóteses de acordo com a questão de pesquisa e estabelecer o método a ser utilizado. O método escolhido, estudo de caso, foi executado duas vezes, sendo um piloto e um regular. Antes da execução dos estudos de caso, foi feito um planejamento para especificar como o estudo iria responder à questão de pesquisa. Os resultados de cada estudo foram avaliados e são apresentados aqui, juntamente com as ameaças às validades.

### 4.1 DEFINIÇÕES DA AVALIAÇÃO

Para auxiliar na definição do objetivo da avaliação foi utilizada a abordagem GQM (*Goal Question Metric*) (BASILI; WEISS, 1984). Esta abordagem sugere, com base em um molde, a estruturação de informações no sentido de extrair um objetivo e derivar dele as questões de pesquisa. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi definido como: “**Analisar** a influência do uso de informações contextuais e recursos de visualização e colaboração **com o propósito** de apoiar o desenvolvimento de serviços científicos **sob o ponto de vista** de desenvolvedores e pesquisadores **no contexto** de uma plataforma de ecossistema de software científico”.

Com base neste objetivo, foi derivada a questão de pesquisa: “Como o uso de informações contextuais e recursos de visualização e colaboração auxiliam o desenvolvimento de serviços em uma plataforma de ecossistema de software científico?”. A partir dela foram definidas as hipóteses nula e alternativa, H0 e H1 respectivamente, conforme o Quadro 4.1.

H0	As informações contextuais e os recursos de visualização e colaboração não auxiliam o desenvolvimento de serviços em uma plataforma de ecossistema de software científico.
H1	As informações contextuais e os recursos de visualização e colaboração auxiliam o desenvolvimento de serviços em uma plataforma de ecossistema de software científico.

Quadro 4.1. Hipóteses da questão de pesquisa

Para responder à questão de pesquisa, foi necessária uma avaliação da influência dos recursos implementados pela proposta deste trabalho, nas atividades de desenvolvimento de serviços científicos. Sendo assim, um método de avaliação que pudesse oferecer suporte a este tipo de avaliação precisou ser considerado. Outro aspecto importante a ser considerado na avaliação é que ela deveria ser analisada sob o ponto de vista de um contexto real de utilização e livre das interferências típicas de experimentos em laboratório. Dessa forma, o método do estudo de caso se encaixa apropriadamente. Estudo de caso, de acordo com Yin (2015), é “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Este método vem sendo utilizado na área de Engenharia de Software e foi abordado por Runeson *et al.* (2012), os quais traçam diretrizes para sua aplicação nesta mesma área. Essas diretrizes foram adotadas nesta avaliação.

## **4.2 PLANEJAMENTO DA AVALIAÇÃO**

O planejamento se baseou em três aspectos principais. O primeiro foi o de definir o contexto das atividades que deveriam ser desenvolvidas na avaliação. O segundo foi o de definir os participantes e oferecer a eles um treinamento sobre toda a plataforma e seus recursos. Por fim, o terceiro foi o de especificar quais seriam as fontes de coleta de dados e quais seriam os aspectos a serem avaliados. Estando estas partes concluídas, seria possível executar um estudo de caso piloto, para investigar como a avaliação se comportaria e para realizar ajustes nas fontes de coleta de dados, conforme é sugerido por (YIN, 2015).

### **4.2.1 CONTEXTO DA AVALIAÇÃO**

Procurou-se, para a avaliação, a realização de atividades em um contexto real das necessidades de cientistas. Para isso, o desenvolvimento de serviços científicos de real utilidade deveria ser considerado. A avaliação foi subdividida em dois estudos de caso, o piloto e o regular. O estudo de caso piloto foi realizado para servir de base de teste para possíveis ajustes no estudo de caso regular. As atividades a serem realizadas em cada estudo foram parecidas, mas não iguais. No entanto, em ambos os estudos foram considerados serviços científicos reais, vindos do domínio da agropecuária e validados por pesquisadores da área. Três serviços foram previamente implementados na plataforma, e as especificações para outros dois serviços seriam distribuídas entre os desenvolvedores do estudo de caso

piloto e regular, um para cada. O Apêndice E traz a descrição das atividades solicitadas na avaliação para ambos os estudos de caso realizados.

#### 4.2.2 DEFINIÇÃO DOS PARTICIPANTES E TREINAMENTO

Participaram desta avaliação profissionais desenvolvedores, cientistas e mestrandos da UFJF, com diferentes níveis de conhecimento nas diversas áreas envolvidas neste trabalho. Adicionalmente, todos os participantes cientistas deveriam possuir interesses na área de pesquisa em computação e agropecuária, além disso, deveriam possuir experiência em modelagem e execução de *workflows* científicos. Dentre os desenvolvedores, procurou-se por profissionais com experiência em desenvolvimento de serviços web. Todos os participantes convidados foram devidamente caracterizados, através de um formulário, e assinaram um termo de consentimento à participação do estudo de caso. Tanto o formulário de caracterização quanto o termo de consentimento estão disponíveis nos Apêndices A e B, respectivamente.

A atividade de desenvolvimento de serviços para a plataforma E-SECO, envolve três papéis, o cientista solicitante, o desenvolvedor e o cientista avaliador. O cientista solicitante é o responsável por iniciar um novo processo de desenvolvimento, através de uma solicitação. O desenvolvedor é quem recebe esta solicitação e a executa. Ao seu término, ele convida os cientistas para avaliarem sua solução. Para auxiliar na distribuição dos papéis entre os participantes foi requerido que eles respondessem a um questionário de caracterização, disponível no Apêndice A. Tanto os participantes identificados como desenvolvedores quanto os identificados como cientistas receberam um treinamento. Ambos foram apresentados à plataforma E-SECO e ao processo de desenvolvimento de serviços. Aos desenvolvedores foi dada uma maior ênfase no processo de desenvolvimento de serviços, e aos cientistas a ênfase foi na prática da avaliação de um serviço. Além disso, foram apresentados os recursos disponíveis para auxiliar em ambas as tarefas. Como parte do treinamento, instruções foram passadas tanto aos desenvolvedores quanto aos cientistas. Como uma última parte do treinamento, os participantes que não possuíam cadastro de usuário na plataforma E-SECO foram instruídos a criar seus respectivos usuários.

#### 4.2.3 FONTES DE COLETA DE DADOS E ASPECTOS DA AVALIAÇÃO

Para ambos os estudos foram definidas as seguintes fontes de coleta de dados: questionário de avaliação, perguntas indiretas e observação direta. A utilização de múltiplas fontes permitiu a realização de uma triangulação dos dados, a fim de obter respostas mais precisas e consistentes (RUNESON *et al.*, 2012). Todas as questões do questionário, as perguntas realizadas aos participantes e as observações feitas foram orientadas a seis aspectos:

- **Informações contextuais:** Como o contexto auxiliou os participantes em suas atividades. Buscou-se verificar como a assimilação das informações contextuais disponibilizadas influenciou as tomadas de decisão dos participantes (Aspecto Qualitativo);
- **Percepção:** Como elementos de visualização ajudaram os participantes a compreender melhor os dados e informações disponíveis sobre os elementos analisados, de acordo com as tarefas solicitadas (Aspecto Qualitativo);
- **Satisfação do usuário:** Teve-se a preocupação em não apenas auxiliar o usuário, mas em oferecer uma experiência de uso agradável da plataforma E-SECO. Observou-se se sua satisfação contribuiu para o melhor desempenho das tarefas (Aspecto Qualitativo);
- **Cooperação:** Como a interação entre o desenvolvedor e os cientistas permitiu a avaliação do serviço desenvolvido, no sentido de oferecer à plataforma um serviço devidamente testado e aprovado por seus potenciais usuários (Aspecto Qualitativo);
- **Comunicação:** Como as mensagens trocadas entre o desenvolvedor e os cientistas ocorreram. Buscou-se avaliar a quantidade e qualidade das mensagens. Se foram necessárias muitas mensagens para exposição de seus pontos de vista e se foram utilizados termos e expressões de comum entendimento (Aspecto Quantitativo e Qualitativo);
- **Coordenação:** Como o recurso de apoio à seleção de cientistas avaliadores, baseado em Análise de Rede Social Científica, permitiu que fossem selecionados os cientistas mais apropriados para a avaliação do serviço desenvolvido (Aspecto Qualitativo).

A Figura 4.1 exemplifica como são apresentadas as informações contextuais de serviços. Os usuários podem tomar decisões baseados nestas informações.



Figura 4.1. Exemplo de informações contextuais

A Figura 4.2 ilustra como os recursos de visualização foram explorados para facilitar o entendimento das informações.

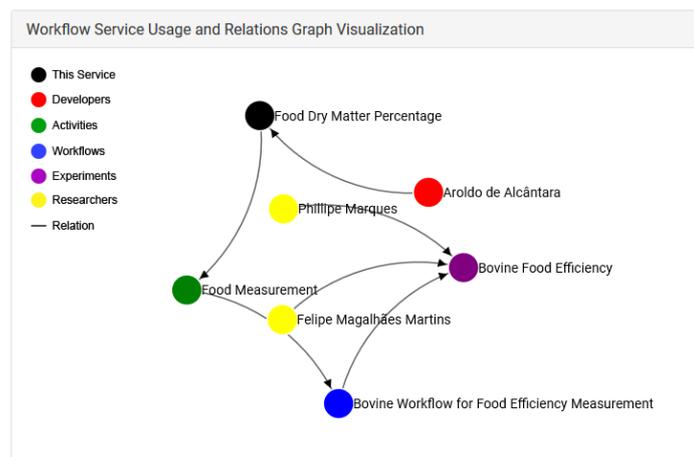


Figura 4.2. Exemplo de recurso de visualização

Sobre os recursos de colaboração, a coordenação é apoiada por uma visualização que facilita a seleção de cientistas avaliadores, exemplificada na Figura 4.3, que exibe uma rede social científica, onde os nós dos cientistas, em azul, se relacionam com o nó do serviço, em preto. Quanto mais próximo o nó do cientista estiver do nó do serviço, mais relevante é aquele cientista em relação ao serviço.

### Actions - Workflow Services - Dry Matter Ingestion Index - Invite for Rating



Figura 4.3. Exemplo de suporte à coordenação

A comunicação e cooperação ocorrem quando os cientistas avaliadores comunicam entre si e com o desenvolvedor no sentido de obter as informações necessárias para a realização de seus testes, que irão permitir a correta avaliação do serviço, conforme ilustrado na Figura 4.4.

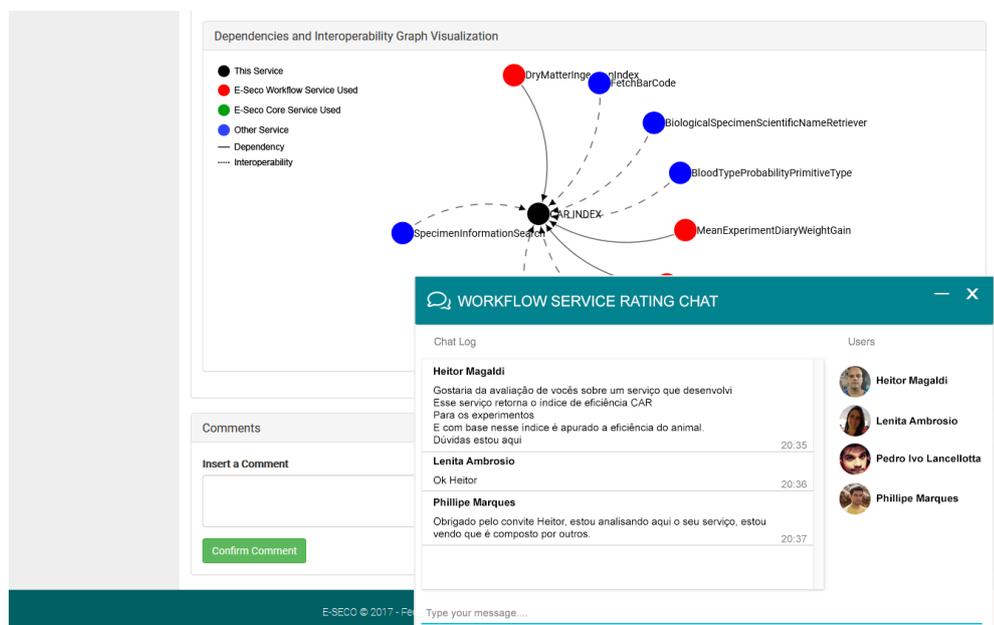


Figura 4.4. Exemplo de recurso para apoio à comunicação e cooperação

Os questionários destinados aos desenvolvedores e cientistas estão disponíveis nos Apêndices C e D, respectivamente. No intuito de avaliar possíveis incoerências neste

planejamento, foi executado um estudo de caso piloto, conforme recomendação de (YIN, 2015).

### **4.3 ESTUDO DE CASO PILOTO**

Este estudo envolveu a participação de um desenvolvedor e dois cientistas avaliadores. O estudo partiu do princípio de que uma determinada necessidade de desenvolvimento na plataforma, por parte de um cientista solicitante, havia dado início a uma solicitação ao desenvolvedor. Esta solicitação deu origem a uma especificação. O participante desenvolvedor recebeu a especificação do que deveria ser feito. Cabe ressaltar que, não é parte do escopo desta avaliação tratar a forma como a especificação é concebida e disponibilizada ao desenvolvedor. Na especificação utilizada, disponível no Apêndice E, constavam serviços que precisavam de melhorias para diminuir o trabalho manual dos cientistas em suas execuções. Foi solicitado ao desenvolvedor que fizesse a leitura da especificação e desenvolvesse uma solução para o problema. Para auxiliar na construção da solução, o desenvolvedor teve à sua disposição todos os recursos para busca e análise de serviços, bem como o registro de novos serviços. Fazia parte das atividades do desenvolvedor: analisar os serviços citados na especificação, identificar suas qualidades e problemas, e tomar uma decisão sobre qual estratégia deveria ser tomada no sentido de concluir a solicitação com êxito. A realização da tarefa envolveu a codificação de serviços já existentes e novos. Após o término das atividades de codificação, o desenvolvedor deveria, de acordo com o processo, solicitar a avaliação de sua solução aos cientistas. O desenvolvedor deveria realizar a análise de uma rede social científica para encontrar os candidatos mais adequados à avaliação de sua solução. Sua decisão deveria ser baseada na relevância dos cientistas em relação ao serviço. Depois de encontrados, o desenvolvedor deveria convidar os cientistas para avaliarem sua solução.

Neste ponto, os dois cientistas avaliadores iniciam sua participação no processo ao receberem o convite do desenvolvedor. Os cientistas deveriam aceitar o convite e realizar as atividades de avaliação, descritas pelo documento de instruções de avaliação. Como parte da avaliação do serviço, o desenvolvedor e os cientistas deveriam se reunir, através de um ambiente com suporte à troca de mensagens, para discutir sobre a qualidade do trabalho realizado pelo desenvolvedor. O desenvolvedor deveria passar informações sobre o serviço para os avaliadores, e estes deveriam avaliar o serviço com base em seu objetivo e em testes funcionais.

### 4.3.1 RESULTADOS OBTIDOS

O estudo realizado pode ser dividido em duas etapas principais: o desenvolvimento da solução e a avaliação da solução. Na primeira etapa, apenas o desenvolvedor participou, enquanto na segunda etapa o desenvolvedor e os cientistas (avaliadores) participaram. Por questões de organização, os resultados serão apresentados separadamente.

#### 4.3.1.1 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

O participante desenvolvedor recebeu a especificação da atividade que deveria ser realizada, e compreendeu que deveria procurar pelos serviços citados nela. Para isso, ele acessou o sistema, navegou até a seção de componentes, local onde fica o recurso para realizar busca e recuperação de serviços científicos. O participante chegou até este recurso e procurou manualmente pelos serviços citados, navegando pelos serviços exibidos. Ele não utilizou o campo de busca que permite filtrar os serviços exibidos de acordo com uma palavra-chave. No entanto, com facilidade ele identificou na lista o serviço desejado e clicou no botão que toma a ação de detalhar na tela as informações daquele serviço. Logo no início de sua análise, o participante voltou à especificação, e depois retornou sua atenção para os dados do serviço sendo exibidos na tela. O participante entendeu que poderia utilizar este serviço para fazer uma composição, pois, levantou questões sobre a segurança que ele teria em utilizar aquele serviço. O que indica uma preocupação em relação ao fato do serviço poder ser alterado sem prévio aviso e atrapalhar sua composição. Após isso, analisou os usos do serviço. O serviço analisado foi um serviço bem simples, atômico, com apenas um método e sem atributos. O desenvolvedor encontrou o nome da classe interna daquele serviço e abriu sua IDE para analisar seu código. Em seguida, voltou à plataforma e encontrou o endereço de execução do serviço, testou-o em seu navegador e verificou que estava funcionando corretamente. Em seguida, retornou à listagem de serviços e procurou por outro serviço semelhante, mas não encontrou. Decidiu então utilizar aquele serviço em sua composição e voltou à sua IDE. Criou uma nova classe no mesmo pacote da classe do serviço escolhido e iniciou sua codificação. Durante a codificação, o participante recorreu ao documento de diretrizes de desenvolvimento de serviços para a plataforma. Mas, ainda teve dúvidas sobre a utilização de alguns recursos de programação e, para saná-las, acessou o código de outros serviços, no intuito de tomá-los como modelo. Durante sua codificação, o desenvolvedor constantemente realizava testes. Ao término da codificação, o participante seguiu para o registro do serviço que havia criado. Para isso, acessou a seção de registro de serviços e preencheu os dados solicitados corretamente.

Após o registro, o usuário foi direcionado à tela de exibição dos dados do serviço, onde confirmou as informações que havia inserido no momento do registro e verificou, através das visualizações, como ficou a estrutura interna de seu serviço, que é composto e dependente de outro serviço. Neste momento ele comentou que iria para a etapa de avaliação e acessou o recurso que permite encontrar cientistas avaliadores na rede, que pudessem avaliar seu serviço. Deparou-se, então, com a visualização da rede social científica, expressada em forma de grafo, e identificou imediatamente que haviam três cientistas bem próximos do nó central, que representa o serviço. Esta interpretação permitiu a ele entender que aqueles três cientistas seriam os mais adequados à avaliação de seu serviço. Abaixo da visualização, estava a lista dos cientistas da rede, ordenados por sua relevância em relação à adequação para a avaliação. O desenvolvedor selecionou os três primeiros cientistas e clicou no botão que toma a ação de enviar o convite de avaliação aos cientistas selecionados. O participante então fechou a plataforma, fazendo o seu *logout*, e encerrou a sua participação. Ele sabia que poderia participar da avaliação junto aos cientistas, mas outro compromisso o impediu e, então, se programou para acessar a plataforma no dia seguinte para analisar as avaliações realizadas pelos cientistas. Esta etapa do desenvolvimento teve uma duração de 2 horas e 26 minutos.

Foi observado, principalmente, uma deficiência nas informações prestadas pelo documento das diretrizes de desenvolvimento de serviços para a plataforma, que não conseguiu informar corretamente ao desenvolvedor como um determinado recurso de programação deveria ser implementado. Em pergunta indireta com o participante, foi questionado se ele se sentiu perdido durante alguma parte de suas atividades, principalmente em relação a qual seria o próximo passo. Ele respondeu que estava bem ciente das etapas às quais suas atividades faziam parte. Isso pôde ser confirmado através de suas respostas no questionário, onde marcou a opção “Estava ciente por quase todo o tempo. Algumas tarefas eu não sabia em qual atividade estava” na pergunta sobre sua ciência em relação ao processo de desenvolvimento de serviços. Durante a observação, não foi notado nenhum momento em que o participante ficou parado ou, de alguma forma, sem saber qual ação tomar. Também através do formulário, o participante deixou escrito “O detalhamento acerca do funcionamento do processo ajudou no desenvolvimento” na pergunta sobre se o processo apoiou as suas atividades. Embora a resposta tenha sido genérica, a resposta positiva dá indícios que um processo bem definido auxilia as atividades de desenvolvimento.

Em relação à utilização das informações contextuais disponibilizadas, o participante respondeu “Concordo” ou “Concordo fortemente” em todas as questões sobre este recurso. As

questões são as de números compreendidos entre 9 e 18 e estão disponíveis para consulta no Apêndice C. No campo “observações”, foi informado que ele chegou até o código fonte do serviço, conseguiu executá-lo, percebeu as informações sobre quem criou o serviço e onde ele estava sendo utilizado até aquele momento. Em uma pergunta indireta sobre a forma pela qual a ciência de quem utilizava o serviço lhe foi útil. Ele respondeu que precisou fazer uma pequena modificação no serviço que ele usaria para compor, e uma vez que sabia que este serviço estava sendo utilizado, tomou um cuidado extra para não modificar partes do serviço que pudessem comprometer sua utilização.

No quesito do apoio que as visualizações ofereceram, o participante respondeu, no questionário, positivamente às questões relativas a este recurso. Em uma pergunta indireta sobre qual visualização mais facilitou alguma tarefa ele respondeu: *“Quando cliquei para convidar cientistas para a avaliação do meu serviço, vi a rede de cientistas interligados ao meu serviço, e identifiquei rapidamente quais seriam os que eu deveria convidar. Eu pensei que esta atividade fosse ser mais trabalhosa, por ter que procurar manualmente cientistas ou utilizar algum tipo de filtragem”*. Isso foi observado, pois, o desenvolvedor selecionou os cientistas para avaliação com rapidez.

#### 4.3.1.2 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO

Os cientistas (avaliadores) receberam o convite para realizar a avaliação do serviço criado pelo desenvolvedor. Dois cientistas responderam imediatamente, pois estavam online no momento do convite, localizados em seus respectivos ambientes de trabalho, geograficamente distribuídos. A observação de suas ações não pôde ser completamente realizada devido a esta distribuição geográfica, portanto, a observação se limitou às mensagens que foram trocadas entre eles através do recurso de troca de mensagens, disponibilizado pela plataforma exclusivamente para este fim. Utilizando este recurso então, os cientistas trocaram cumprimentos e um deles logo questionou qual seria o objetivo do serviço, pois não havia encontrado nada escrito no campo descrição. Esta primeira dificuldade deu origem a uma série de mensagens entre eles sobre a falta que o desenvolvedor estaria fazendo na discussão. Mesmo assim, continuaram em suas avaliações. Um dos cientistas teve dificuldade em executar o serviço, e foi auxiliado pelo outro até que conseguiu fazer a execução corretamente. O serviço requeria um parâmetro que deveria ser passado para fazer sua execução. Um avaliador alegou que deveria ser possível ver qual era esse parâmetro na tela que exibe as informações do serviço, ou que o serviço tivesse algum arquivo de

documentação. Após algum tempo, os cientistas chegaram à conclusão que o serviço estava executando sem gerar erros, no entanto, como não havia documentação alguma e o desenvolvedor não estava presente, por isso, não puderam dar certeza se o dado retornado pelo serviço estava correto. Um dos cientistas tentou enviar um e-mail ao desenvolvedor, mas não encontrou esta informação disponível. Então, eles acordaram entre si que iriam postar comentários no serviço sobre este problema que os impediu de dar o parecer final sobre a avaliação, na expectativa que o desenvolvedor visse os comentários e tomasse as devidas providências. Assim, os avaliadores se despediram. Toda a interação durou 1 hora e 2 minutos.

No dia seguinte, o desenvolvedor acessou a plataforma e viu os comentários dos cientistas, escreveu uma documentação explicando os objetivos do serviço e um exemplo de como utilizá-lo. Atualizou o serviço inserindo uma descrição e a documentação. Logo em seguida respondeu a um dos comentários dizendo que havia atualizado o serviço. Mais tarde, naquele mesmo dia, os cientistas também acessaram a plataforma, viram a resposta do desenvolvedor, e deram sua aprovação ao serviço, finalizando sua participação no estudo de caso. O desenvolvedor também acessou mais tarde e viu que o serviço havia sido avaliado positivamente e também encerrou sua participação no estudo de caso.

Observou-se a importância da informação sobre o funcionamento do serviço, bem como a presença do desenvolvedor no momento da avaliação. A falta da descrição do serviço impediu os avaliadores de darem seus pareceres finais na avaliação e a falta do desenvolvedor atrasou a avaliação em pelo menos um dia. Devido a isso, na parte do questionário que aborda sobre dificuldades na interação com outros participantes, foi respondido pelos cientistas que eles tiveram dificuldades e deixaram os seguintes comentários:

- “Não consegui na plataforma nenhuma forma de falar com o desenvolvedor de forma particular (sem usar os comentários que ficam públicos). O e-mail do desenvolvedor não aparece para os avaliadores”;
- “Não tive dificuldades de interação com outro pesquisador. Porém, como o desenvolvedor não participou da interação, não foi possível comunicá-lo imediatamente sobre a ausência da descrição do serviço e foi necessário aguardar que ele respondesse ao comentário que fiz sobre o serviço”.

Sobre outras dificuldades, alegaram que ocorreu um erro de exibição nos comentários, assim que foram escritos, que os impedia de visualizar os dados de dependência e interoperabilidade do serviço.

No que diz respeito às outras informações sobre o serviço, os cientistas responderam positivamente sobre essas perguntas, no questionário. Conseguiram identificar as relações que o serviço possui com outros serviços da rede e onde eles estavam sendo utilizados. Os cientistas também se mostraram satisfeitos com a utilização da plataforma, e com a interação que tiveram entre si durante a avaliação. Eles avaliaram positivamente o recurso de comentários como uma forma de expor dúvidas, problemas e esclarecimentos sobre o serviço. Este estudo piloto apresentou indícios de que as informações contextuais e os recursos de visualização, bem como a interação entre os participantes, podem apoiar o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico. Também ilustrou pontos que deveriam ser melhorados para a condução do estudo de caso regular.

#### **4.4 ESTUDO DE CASO REGULAR**

O estudo de caso regular buscou responder as mesmas questões do estudo piloto e foi realizado no mesmo cenário. No entanto, sofreu melhorias nas deficiências encontradas no estudo piloto, tais como:

- Adição de maiores informações a respeito do desenvolvedor;
- Correção de erros no recurso de comentários do serviço, encontrado pelos cientistas avaliadores;
- Melhoria das diretrizes de desenvolvimento de serviços, a fim de explicar melhor sobre seu funcionamento e citar exemplos de uso;
- Melhoria no treinamento, abordando melhor os pontos que ficaram sem o devido esclarecimento.

Para este estudo foram selecionados quatro participantes, sendo um desenvolvedor e três cientistas (avaliadores). A atividade a ser desenvolvida foi semelhante à atividade do estudo piloto. De fato, ela buscou dar continuidade à tarefa solicitada pelo estudo piloto, no intuito de aprimorar ainda mais os serviços relacionados a ela.

#### 4.4.1 RESULTADOS OBTIDOS

Assim como o estudo de caso piloto, os resultados deste estudo foram divididos em duas etapas a serem apresentadas separadamente, por questões de organização.

##### *4.4.1.1 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO*

O participante desenvolvedor recebeu e leu a especificação de suas tarefas. Ele acessou o sistema e navegou até a seção de componentes, onde há o recurso para busca e recuperação de serviços. Sua primeira busca foi por serviços que estavam listados na especificação. Ele os encontrou na lista, mas não acessou seus detalhamentos, ao invés disso, ele tentou encontrar serviços semelhantes através do recurso da busca utilizando diversos termos. Não encontrou nenhum serviço semelhante aos que estavam na especificação. Após isso, acessou cada um destes serviços e fez uma análise bem rápida sobre cada um deles, demorando apenas um pouco mais no serviço que havia sido criado no estudo de caso piloto. Essa maior demora deu-se pelo fato de que aquele serviço possuía mais informações, como, por exemplo, o gráfico de dependências, que denotava que se tratava de uma composição. Além disso, este serviço possuía comentários, que foram lidos pelo desenvolvedor. O desenvolvedor fez anotações em papel, que representariam uma pequena arquitetura destes serviços analisados e então abriu sua IDE. Localizou o pacote onde estavam as classes internas destes serviços e criou uma nova classe. Nesta classe ele codificou seu serviço, fazendo a composição pelos demais serviços. Depois de concluída a parte de codificação, incluindo os testes que o desenvolvedor realizou, ele seguiu para registrar o serviço na plataforma. Conseguiu fazer o registro corretamente, o que o levou diretamente à tela de análise do serviço recém-inserido. Ele pôde ver sobre como seu serviço ficou estruturado, em questão de dependências e relações de interoperabilidade. Logo em seguida, acessou o recurso de convite à avaliação, pois sabia que agora seria o momento de convidar avaliadores para seu serviço. Assim que acessou o recurso ele analisou a rede social científica, apresentada em forma de grafo. Notou seu serviço ao centro e diversos cientistas ligados a ele, porém, havia quatro cientistas em destaque na rede, pois estavam bem mais próximos do serviço do que os demais cientistas. Estes foram os quatro cientistas que ele selecionou de uma lista, organizada por ordem de relevância em relação à adequação à avaliação daquele serviço, que fica logo abaixo do grafo da rede social. Após a seleção, ele clicou no botão que toma a ação de fazer o convite a cada um dos cientistas selecionados. Após isso, o desenvolvedor voltou à tela de exibição das informações

do serviço, a fim de esperar a resposta dos cientistas que convidou. A duração do desenvolvimento foi de 1 hora e 10 minutos.

Foi observado que o desenvolvedor não teve dificuldades em relação às ações que ele deveria tomar em cada momento de suas atividades, que correspondeu às atividades mapeadas pelo processo de desenvolvimento de serviços. No questionário, ele respondeu positivamente sobre as questões relativas ao processo, alegando que estava ciente todo o tempo a respeito do processo. Além disso, relatou na questão sobre os benefícios do processo para suas atividades: *“O conhecimento no processo auxiliou as escolhas de quais atividades/recursos escolher”*. Em comparação com o estudo piloto, ambos disseram que estavam cientes de onde estavam em relação ao processo, no entanto, o desenvolvedor do estudo piloto alegou que em alguns momentos não estava ciente, já o desenvolvedor do estudo regular alegou que estava ciente o tempo inteiro. Ambos avaliaram positivamente a existência do processo para guiá-los, o que sugere indícios de que um processo bem definido pode apoiar as atividades de desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema científico.

Em relação ao tempo utilizado, o desenvolvedor do estudo regular gastou 1 hora e 10 minutos, enquanto que o desenvolvedor do estudo piloto gastou 2 horas e 26 minutos. Esta redução do tempo pode ter relação com a melhoria do documento de diretrizes de codificação de serviços, que apresentam recursos que o desenvolvedor pode utilizar durante a codificação de serviços para a plataforma. O desenvolvedor do estudo piloto teve dificuldades nesta questão, justificando sua demora no desenvolvimento, pois, em questão de complexidade, as duas tarefas solicitadas possuíam níveis similares. Em pergunta indireta realizada ao desenvolvedor do estudo regular sobre sua dificuldade com a codificação do serviço, este respondeu que não sentiu grandes dificuldades.

Sobre as informações contextuais disponíveis, ambos os desenvolvedores alegaram que foram bastante úteis para entenderem melhor, e mais rapidamente, os serviços utilizados. Em respostas a essas questões, no questionário, responderam “Concordo” ou “Concordo Fortemente” a todas. As questões são as de números compreendidos entre 9 e 18 e estão disponíveis no Apêndice C. Em pergunta indireta realizada ao desenvolvedor do estudo regular sobre informações que ele sentiu falta, ele respondeu: *“Eu acho que encontrei todas as informações de que precisava, embora se tivessem mais informações seria melhor, como por exemplo: na exibição do meu serviço, eu vi as dependências com outros serviços, mas por ali eu não vi onde estes serviços estavam sendo utilizados, e se estavam. Eu teria que acessar cada serviço individualmente para consultar suas utilizações. E também não havia um link*

*para ir direto aos serviços que usei para compor, tendo que voltar à tela de busca e encontrar eles por lá*". Outras informações também foram citadas como úteis pelo questionário, como as avaliações de cada serviço e seus comentários realizados. Essas observações sugerem indícios de que as informações contextuais auxiliam os desenvolvedores na construção de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico.

Em relação aos recursos de visualização, o desenvolvedor interagiu com eles e respondeu a essas questões de forma positiva no questionário. No entanto, alegou que uma das visualizações não o agradou, escrevendo no questionário: "*Dependencies Treemap Visualization*, uma vez que há informações acerca das dependências no *E-Seco Workflow Services Used*". Em pergunta indireta sobre se as visualizações haviam auxiliado, o desenvolvedor respondeu que sim, principalmente o grafo para escolha dos cientistas avaliadores e o grafo para ver as dependências e relações de interoperabilidade. Mas não achou útil a visualização em forma de *Treemap*, que também expõe as dependências do serviço: "*Achei irrelevante, pois é uma área que ocupa uma boa porção da tela e chama bastante atenção, mas quando vamos ver, ela traz aquilo que eu já tinha visto na visualização anterior, só que de outra forma, não achei útil*". Em comparação ao estudo de caso piloto, ambos os desenvolvedores apreciaram as visualizações para escolha dos cientistas avaliadores e para a análise das dependências e relações de interoperabilidade do serviço. Embora a visualização por *Treemap* tenha tido críticas pelo desenvolvedor do estudo regular, o mesmo não aconteceu com o desenvolvedor do estudo piloto, o que sugere que essa visualização pode depender de um fator contextual do desenvolvedor para lhe ser útil. Esse tipo de aprimoramento pode ser realizado na ontologia que se encarrega de oferecer os recursos de visualização, na tela de exibição de informações sobre os serviços. Contudo, é possível afirmar que há indícios de que os recursos de visualização auxiliam o desenvolvimento de serviços científicos em plataformas de ecossistema de software científico.

#### 4.4.1.2 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO

Assim como no estudo de caso piloto, os cientistas avaliadores receberam o convite para realizar a avaliação do serviço criado pelo desenvolvedor. Dos quatro cientistas convidados, três cientistas responderam imediatamente, pois estavam *online* no momento do convite, localizados em seus respectivos ambientes de trabalho, geograficamente distribuídos. Da mesma forma como o estudo piloto, as observações ficaram limitadas às mensagens trocadas

pelos participantes através do recurso de troca de mensagens. No momento em que os três avaliadores e o desenvolvedor estavam *online*, e após os cumprimentos iniciais, o desenvolvedor fez uma breve explicação sobre o serviço e seu objetivo e ficou à disposição para tirar dúvidas. Os avaliadores começaram então suas atividades de avaliação. Um dos cientistas teve uma pequena dificuldade para executar o serviço e foi logo ajudado pelos dois outros cientistas, que já haviam conseguido executar o serviço. Outras dúvidas foram surgindo, por parte dos cientistas, e o desenvolvedor conseguiu saná-las corretamente. Os cientistas conseguiram obter todas as respostas de que precisavam para fazer a avaliação do serviço construído.

O tempo total de interação entre eles foi de 55 minutos, um tempo muito parecido, porém um pouco menor, do que o observado pelo estudo de caso piloto. É válido notar que no estudo regular, a interação terminou em 55 minutos com os avaliadores tendo finalizado suas avaliações. Também é válido observar o teor das mensagens trocadas, enquanto que no estudo piloto as mensagens foram, em sua maioria, sobre a falta de informações acerca do serviço, no estudo regular as mensagens foram de teor mais técnico, visto que o desenvolvedor estava ali para responder a elas. No questionário, os participantes do estudo regular responderam positivamente aos benefícios da interação entre os participantes e não alegaram problemas técnicos. Embora no estudo piloto os cientistas tivessem demonstrado insatisfação com a ausência do desenvolvedor, em ambos os estudos houve satisfação com a interação realizada. Em ambos, também foi observado que a interação ajudou os cientistas a procederem com a avaliação. Isso evidencia que há um indício de que este recurso de comunicação apoia a colaboração entre os participantes, o que pode auxiliar diretamente o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico.

Em relação aos recursos disponibilizados para a avaliação do serviço (informações contextuais e visualizações), os cientistas de ambos os estudos responderam positivamente, denotando a importância destes recursos para o processo como um todo. Também foi identificada uma satisfação geral no uso da plataforma nas atividades de avaliação. Os cientistas conseguiram acessar os serviços que foram usados na composição sem dificuldades e sem que isso ocasionasse demora nas atividades da avaliação.

#### **4.5 RESULTADOS GERAIS**

Os resultados obtidos através da condução de ambos os estudos apresentam indícios de que o uso de informações contextuais e recursos de visualização podem apoiar o desenvolvimento

de serviços científicos para a plataforma. Este estudo, no entanto, não procura criar generalizações, e seus resultados, por mais positivos que sejam não podem ser generalizados. A aceitação da hipótese H1 se dá por não terem sido encontrados indícios que pudessem rejeitá-la, portanto, aceitou-se que “as informações contextuais e os recursos de visualização e colaboração auxiliam o desenvolvimento de serviços em uma plataforma de ecossistema de software científico”. Entretanto, avaliações adicionais necessitam ser realizadas no sentido explorar a hipótese formulada.

#### **4.6 AMEAÇAS À VALIDADE**

Seguindo as diretrizes propostas por Runeson *et al.* (2012), é necessário considerar as ameaças à validade de todo estudo de caso realizado. A validade de um estudo denota a confiabilidade dos resultados e até que ponto os resultados não são tendenciosos pelo ponto de vista subjetivo dos pesquisadores (RUNESON *et al.*, 2012). Ainda de acordo com Runeson *et al.* (2012) existem diversos aspectos da validade, e sugere que os aspectos apresentados por Yin (2015), tais como: validade de constructo, validade interna e validade de conclusão são apropriados para a utilização em estudos de caso na área de Engenharia de Software.

##### **4.6.1 VALIDADE DE CONSTRUCTO**

Este tipo de validade diz respeito ao entendimento correto de todas as questões envolvidas na avaliação, por parte dos participantes. Nesta avaliação foram utilizados documentos de especificação, de instrução e questionários. Caso o participante não tenha entendido o exato significado e propósito de cada informação nestes documentos, então existe uma ameaça à validade do projeto. Nesta avaliação, de acordo com as respostas obtidas pelos questionários, juntamente com as perguntas indiretas realizadas, não houve indícios de ameaça à validade de constructo.

##### **4.6.2 VALIDADE INTERNA**

A validade interna diz respeito ao conhecimento sobre todos os fatores que possam influenciar o objeto de estudo. Quando o autor da avaliação estuda se algum fator influencia o objeto de estudo, e existem outros fatores que possam também estar influenciando este mesmo objeto de estudo, no entanto sem a ciência do autor da avaliação, tem-se uma ameaça à validade interna. Nesta avaliação, foi dado um treinamento aos participantes para que conhecessem as

ferramentas e recursos disponíveis na plataforma E-SECO. É possível que algum participante não tenha absorvido alguma parte do treinamento e que, durante suas tarefas, desconhecesse sobre a existência ou utilidade de algum recurso ou ferramenta. Neste caso existe uma ameaça à validade interna. Além disso, o tipo de atividade pode ter sido mais complexo do que os participantes estariam acostumados, podendo haver confusões e até mesmo a incapacidade de realizar a atividade solicitada. Os participantes da avaliação, no entanto, foram capazes de realizar as atividades corretamente.

#### 4.6.3 VALIDADE DE CONCLUSÃO

A validade de conclusão diz respeito à validade das conclusões sobre cada estudo de caso. Nesta avaliação, houve um número pequeno de participantes, o que é considerado uma ameaça à validade de conclusão. Além disso, mais estudos precisam ser realizados para explorar melhor as diversas situações possíveis que envolvem o desenvolvimento de serviços científicos.

#### 4.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi avaliado como o uso de informações contextuais e recursos de visualização e colaboração apoiam o desenvolvimento de serviços científicos em uma plataforma de ecossistema de software científico. Após a condução de um estudo de caso piloto e um estudo de caso regular, dados coletados de três fontes distintas (questionários, observação direta e perguntas indiretas) foram triangulados para obter os resultados finais. Estes resultados apresentam indícios que os recursos apresentados por este trabalho podem apoiar o desenvolvimento de serviços científicos. Apesar dos indícios observados, devem ser realizados novos estudos para considerar outros contextos.

## 5 CONCLUSÕES

Este capítulo tem como objetivo apresentar um resumo do trabalho e suas contribuições, bem como suas limitações e trabalhos futuros.

### 5.1 BREVE RESUMO

Este trabalho apresentou conceitos sobre a área de *e-Science* e os softwares científicos que apoiam o ciclo de vida de um experimento científico. Posteriormente, foram apresentados conceitos sobre ecossistemas de software científico e as dificuldades existentes para o desenvolvimento de serviços científicos neste contexto. As dificuldades têm relação com as dimensões técnicas e sociais de um ECOS. As questões técnicas estão relacionadas à análise de serviços e sua codificação. As questões sociais estão relacionadas ao apoio da colaboração.

A partir das dificuldades encontradas, foi proposta uma solução para apoiar o desenvolvimento de serviços científicos no contexto de um ECOSC. O processo de desenvolvimento de serviços científicos foi expandido. Recursos de contexto e visualizações foram utilizados nas etapas de análise de serviços, e recursos de análise de redes sociais foram utilizados nas etapas de avaliação de serviços. Elementos de colaboração também foram utilizados para apoiar desenvolvedores e cientistas durante todo o processo de desenvolvimento de serviços científicos.

Estudos de caso foram conduzidos para avaliar a solução proposta e geraram indícios sobre a viabilidade de utilização dos recursos apresentados para apoiar o desenvolvimento de serviços científicos no contexto de um ECOSC.

### 5.2 CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho apresentou as seguintes contribuições:

- Evolução de um processo de desenvolvimento de serviços, que permite ter uma visão mais ampla e detalhada sobre as atividades que envolvem esta tarefa.
- Modelagem de informações contextuais de entidades relacionadas a um ECOSC, que abre caminho para análises contextuais sobre tais entidades, o que permite apoiar direta e indiretamente a colaboração.

- Emprego de técnicas de visualização para informações de contexto e métricas de softwares, o que permite maior eficiência na assimilação de tais informações.
- Utilização de uma ontologia para recomendação de visualizações mais adequadas a um serviço científico, de acordo com seu contexto. O que permite melhorar a experiência do usuário no momento da análise de um serviço.
- Utilização de redes sociais científicas para encontrar cientistas relacionados a um serviço científico de acordo com seus interesses. Este recurso permite melhorar a seleção de avaliadores de um serviço, ao sugerir os cientistas mais adequados a fazer tal avaliação.
- Emprego de recursos de apoio à colaboração entre os usuários de um ECOSC durante o desenvolvimento de serviços, como o recurso de comentários em serviços e o *chat* de avaliação.

### **5.3 LIMITAÇÕES**

Este trabalho está limitado ao contexto de uma plataforma criada sob a abordagem de um ecossistema de software científico. Isso implica que a solução apresentada não pode ser generalizada. Em outros contextos, a solução pode necessitar ajustes não mensurados por este trabalho.

### **5.4 TRABALHOS FUTUROS**

Como trabalhos futuros, novas avaliações precisam ser realizadas no sentido de obter mais resultados a avaliar. Em relação à análise de serviços, novas técnicas de visualização devem ser empregadas e avaliadas quanto à sua utilidade. O recurso de comentários pode ser aprimorado para permitir vincular as notas de cada comentário a um usuário, permitindo uma análise contextual de cada nota. As diretrizes e a API também podem ser aprimoradas para oferecer mais recursos aos desenvolvedores no momento da codificação dos serviços científicos.

## REFERÊNCIAS

ALAM, I. An Exploratory Investigation of User Involvement in New Service Development. **Journal of the Academy of Marketing Science** v. 30, n. 3, p. 250–261 , 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1177/0092070302303006>>.00920703.

AMBRÓSIO, Lenitta M. *et al.* Context-SE : Conceptual Framework to Analyse Context and Provenance in Scientific Experiments. n. July , 2017.

BASILI, Victor R.; WEISS, David M. A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data. **IEEE Transactions on Software Engineering** v. SE-10, n. 6, p. 728–738 , 1984.0098-5589 VO - SE-10.

BAZIRE, Mary; BRÉZILLON, Patrick. Understanding Context Before Using It. **Lnai** v. 3554, p. 29–40 , 2005.978-3-540-26924-3.

BELLOUM, Adam *et al.* Collaborative e-Science Experiments and Scientific Workflows. **IEEE Internet Computing** v. 15, n. 4, p. 39–47 , 2011.

BENOUARET, Karim *et al.* Web service compositions with fuzzy preferences: A graded dominance relationship-based approach. **ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)** v. 13, n. 4 , 2014.1533-5399.

BOSCH, Jan. From Software Product Lines to Software Ecosystems. **13th International Software Product Line Conference Proceefings** n. Splc, p. 111–119 , 2009. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1753251>>.0262633310.

BREZILLON, Patrick. Context-Based Explanations for e-collaboration. n. 3 , 2008a.

BREZILLON, Patrick. Explaining for contextualizing and contextualizing for explaining. **CEUR Workshop Proceedings** v. 391 , 2008b.

BREZILLON, Patrick. Task-realization models in Contextual Graphs. **Modeling and Using Context** p. 55–68 , 2005. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/11508373\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/11508373_5)>.0302-9743.

CARD, Stuart K; MACKINLAY, Jock D; SHNEIDERMAN, Ben. **Readings in Information Visualization: Using Vision to Think**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999. .1-55860-533-9.

CLASSE, Tadeu; BRAGA, Regina; FERNANDA, N David. A Distributed

Infrastructure to Support Scientific Experiments. , 2017.1072301794017.

COUTAZ, B Y Joëlle *et al.* Context is Key. **Communications of the ACM** v. 48, n. 3, p. 49–53 , 2005.

CURCIN, V; GHANEM, M. Scientific workflow systems - can one size fit all? **2008 Cairo Int. Biomed. Eng. Conf.** p. 1–9 , 2008. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4786077>>.978-1-4244-2694-2.

DEY, Anind K. Understanding and using context. **Personal and Ubiquitous Computing** v. 5, n. 1, p. 4–7 , 2001.1617-4909.

DEY, Anind K; ABOWD, Gregory D. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. **Computing Systems** v. 40, n. 3, p. 304–307 , 1999.978-3-540-66550-2.

DOS SANTOS, Rodrigo Pereira; WERNER, Cláudia Maria Lima. A proposal for software ecosystems engineering. **CEUR Workshop Proceedings** v. 746, p. 40–51 , 2011.16130073 (ISSN).

ELLIS, Clarence A.; GIBBS, Simon J.; REIN, Gail. Groupware: some issues and experiences. **Communications of the ACM** v. 34, n. 1, p. 39–58 , 1991.0133051943.

ERL, Thomas. **Service-Oriented Architecture: Analysis and Design for Services and Microservices**. 2nd. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall Press, 2016. .0133858588, 9780133858587.

FISCHER, Gerhard. The “Right” Information, at the “Right” Time, in the “Right” Place, in the “Right” Way, to the “Right” Person. **Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '12** p. 287 , 2012. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2254556.2254611>>.9781450312875.

FREITAS, Vitor. **ECOS PL-Science: Uma Arquitetura para Ecossistemas de Software Científico Apoiada por uma Rede Ponto a Ponto**. Juiz de Fora, MG, Brasil: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015. .

FREITAS, Vitor *et al.* Uma Arquitetura para Ecossistema de Software Científico. **IX Workshop em Desenvolvimento Distribuído de Software, Ecossistemas de Software e Sistemas-de-Sistemas** p. 41–48 , 2015.

FUKS, Hugo *et al.* O Modelo de Colaboracao 3C e a Engenharia de Groupware. , 2002.

GU, Tao *et al.* An Ontology-based Context Model in Intelligent Environments. **in Proceedings of Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference** p. 270–275 , 2004.0002-9343.

HAMMOUDA, Imed; KNAUSS, Eric; COSTANTINI, Leonardo. Continuous API Design for Software Ecosystems. **Proceedings - 2nd International Workshop on Rapid Continuous Software Engineering, RCoSE 2015** p. 30–33 , 2015.9781479919345.

HEY, Tony; TREFETHEN, Anne. The Data Deluge: An e-Science Perspective. **Grid Computing**. [S.l: s.n.], 2003. p. 809–824. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/0470867167.ch36>>. 9780470867167.

JIANG, Jing *et al.* Who should comment on this pull request? Analyzing attributes for more accurate commenter recommendation in pull-based development. **Information and Software Technology** v. 84, p. 48–62 , 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2016.10.006>>.

KANEWALA, Upulee; BIEMAN, James M. Testing scientific software: A systematic literature review. **Information and Software Technology** v. 56, n. 10, p. 1219–1232 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2014.05.006>>.0840-8688 VO - 29.

KIM, J.H.a *et al.* Hive open research network platform. **ACM International Conference Proceeding Series** NULL, p. 733–736 , 2013.9781450315975.

LIMA, Thaiana *et al.* The importance of socio-technical resources for software ecosystems management. **Journal of Innovation in Digital Ecosystems** , 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352664516300190>>.

MANIKAS, Konstantinos. Revisiting software ecosystems Research: A longitudinal literature study. **Journal of Systems and Software** v. 117, p. 84–103 , 2016.

MARQUES, Phillipe *et al.* Apoiando a Composição de Serviços em Ecosistemas de Software Científico. **14º Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC)** n. July , 2017.

MARQUES, Phillipe. **Apoiando a Composição de Serviços em um Ecossistema de Software Científico**. Juiz de Fora, MG, Brasil: Universidade Federal de Juiz de Fora,

2017. (Dissertação de Mestrado).

MARTINS, Guilherme G. **Construção de Serviços de Colaboração em um Ecossistema de Software Científico**. Juiz de Fora, MG, Brasil: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016. (Dissertação de Mestrado).

MONCLAR, Rafael Studart *et al.* Using social networks analysis for collaboration and team formation identification. **Proceedings of the 2011 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)** NULL, p. 562–569 , 2011.978-1-4577-0385-0.

MORENO, Ramon Alfredo; FURUIE, Sérgio Shiguemi. A contextual medical image viewer. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine** v. 11, n. 5, p. 583–592 , 2007.1089-7771.

NEIVA, Francila Weidt *et al.* PRIME: Pragmatic Interoperability Architecture to Support Collaborative Development of Scientific Workflows. **2015 IX Brazilian Symposium on Components, Architectures and Reuse Software** p. 50–59 , 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7306127/>>.978-1-4673-9630-1.

NOVAIS, Renato Lima *et al.* Software evolution visualization: A systematic mapping study. **Information and Software Technology** v. 55, n. 11, p. 1860–1883 , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2013.05.008>>.ISO/TR 20514.

PEREIRA, Leonardo de Aguiar *et al.* Context Analysis from Scientific Social Networks. 2018, [S.l.: s.n.], 2018.

PIMENTEL, Mariano; FUKS, Hugo. **Sistemas Colaborativos**. [S.l.]: Elsevier, 2012.

RIEDEL, Morris *et al.* Classification of different approaches for e-science applications in next generation computing infrastructures. **Proceedings - 4th IEEE International Conference on eScience, eScience 2008** p. 198–205 , 2008.9780769535357.

RUNESON, Per *et al.* **Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples**. 1st. ed. [S.l.]: Wiley Publishing, 2012. .1118104358, 9781118104354.

SCHALL, Daniel. A multi-criteria ranking framework for partner selection in scientific collaboration environments. **Decision Support Systems** v. 59, n. 1, p. 1–14 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2013.10.001>>.0167-9236.

SHNEIDERMAN, B. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. **Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages** p. 336–343 , 1996.0-8186-7508-X.

SOANES, Catherine; STEVENSON, Angus. **Oxford Dictionary of English**. [S.l.]: Oxford University Press, 2003. .

TENOPIR, Carol *et al.* Changes in Data Sharing and Data Reuse Practices and Perceptions Among Scientists Worldwide. **PLoS one** v. 10, n. 8, p. e0134826 , 2015.

VASCONCELOS, Renan; SCHOTS, Marcelo; WERNER, Cláudia. On the Use of Context Information for Supporting Software Visualizations. , 2014.

VASCONCELOS, Renan Ribeiro De. **Uma abordagem sensível ao contexto para visualização de informação: um exemplo em cenários de desenvolvimento de software**. [S.l.: s.n.], 2015. .

WARE, Colin. **Information visualization: perception for design**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2012. .9780123814654.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 5<sup>o</sup> ed. [S.l.]: Bookman, 2015. .

## APÊNDICE A: FORMULÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE

### DADOS PESSOAIS

Nome:

E-mail:

Atuação:

Mercado de Trabalho

Academia

Experiência em Desenvolvimento de Software (em anos):

### QUESTIONÁRIO

Como você avalia seus conhecimentos em relação a:

1. Desenvolvimento web utilizando a linguagem de programação Java.

Muito Fraco  Fraco  Mediano  Bom  Muito Bom

2. Desenvolvimento de serviços *web* (*web services*).

Muito Fraco  Fraco  Mediano  Bom  Muito Bom

3. Ecossistemas de Software.

Muito Fraco  Fraco  Mediano  Bom  Muito Bom

4. Informações de Contexto

Muito Fraco  Fraco  Mediano  Bom  Muito Bom

5. Utilização de Frameworks Conceituais

Muito Fraco  Fraco  Mediano  Bom  Muito Bom

## **APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO DE CASO**

**Condutor do Estudo:** Leonardo de Aguiar Pereira

**Instituição:** Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Caro Participante, a plataforma E-SECO utiliza a abordagem de Ecossistema de Software Científico e tem como objetivo auxiliar pesquisadores nas diversas etapas que compõem o ciclo de vida de um experimento científico. Uma dessas formas são os serviços científicos, disponibilizados para ser utilizados nas diversas etapas da experimentação. A partir disso, este trabalho busca apoiar o desenvolvimento destes serviços através da especificação e implementação de um processo de desenvolvimento de serviços, do uso de informações contextuais e de recursos de visualização. Este estudo de caso busca avaliar como e porque estes recursos e funcionalidades permitem apoiar o desenvolvimento de serviços científicos.

### **1. Procedimentos**

O participante realizará atividades relativas ao desenvolvimento de serviços científicos para a plataforma E-SECO. Para participar deste estudo, é solicitado ao participante que: (1) permita que os dados resultados de sua avaliação sejam estudados, (2) participe de entrevista e/ou responda a um questionário de avaliação, (3) crie um perfil de desenvolvedor ou pesquisador na plataforma E-SECO (caso não possua um) se tornando um usuário da plataforma. O nome do participante não será exposto em nenhum relatório de resultados.

### **2. Tratamento de Riscos**

Todas as providências necessárias serão tomadas durante a coleta dos dados, visando garantir a privacidade do participante. Os dados coletados durante o estudo destinam-se apenas às atividades relacionadas com a solução proposta.

### **3. Benefícios e Custos**

Espera-se que este estudo seja benéfico para o participante no sentido de ampliar seus conhecimentos em desenvolvimento de serviços científicos para ecossistemas de softwares científicos. O participante não terá qualquer gasto ou ônus durante toda a avaliação. Também não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à sua participação.

#### **4. Confidencialidade da pesquisa**

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e o nome do participante e o de sua organização não serão identificados de modo algum nos resultados das avaliações, a não ser em caso de autorização explícita para este fim. Os serviços que o desenvolvedor for convidado a desenvolver, ou os serviços que o pesquisador for convidado a avaliar serão utilizados em ambiente de produção pelos usuários da plataforma E-SECO. Para isso, o participante deverá criar um usuário do tipo desenvolvedor, ou pesquisador, na plataforma, caso já não possua um. Os serviços que forem criados serão identificados com o usuário do participante e todos os outros usuários da plataforma poderão ter acesso a seu perfil, respeitando os termos de uso da plataforma E-SECO. Assim também será para os avaliadores, que terão seus perfis vinculados aos serviços avaliados.

#### **5. Participação**

O participante compreende que sua atuação no estudo é muito importante e voluntária, no entanto, possui o direito de não querer participar e de sair do estudo a qualquer momento, sem penalidades. Bastando para isso, que comunique a um pesquisador responsável. A qualquer momento o participante poderá solicitar informações a respeito deste estudo, que deve ser feito através do seguinte endereço de e-mail:

leonardo.aguiar@ice.ufjf.br (Leonardo de Aguiar Pereira)

#### **6. Declaração de Consentimento**

O participante declara que leu e compreendeu todas as informações deste termo de consentimento, podendo, para isso, ter precisado de explicações detalhadas por parte do condutor do estudo acerca dos tópicos apresentados. O participante declara possuir idade igual ou superior a 18 anos e dá seu consentimento à participação deste estudo por livre e espontânea vontade.

Local e Data:

CPF do Participante:

Nome do Participante:

Assinatura do Participante:

## **APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DO ESTUDO DE CASO: DESENVOLVEDOR**

Caro Participante, tendo como base a realização das tarefas propostas pela avaliação, este questionário irá explorar suas ações sob os seguintes aspectos: Processo de Desenvolvimento de Serviços, Contexto, Recursos de Visualização.

\* Requerido

**Nome do Participante\*:**

### **Do Processo de Desenvolvimento de Serviços**

**1. Antes de iniciar suas tarefas, você foi apresentado ao processo de desenvolvimento de serviços. Enquanto realizava suas tarefas, você estava ciente a respeito de qual atividade estava desempenhando em relação ao processo? \***

- Sim
- Não

**2. Como você considera a sua ciência em relação ao processo durante a execução das tarefas: \***

- Estava ciente o tempo inteiro
- Estava ciente por quase todo o tempo. Algumas tarefas eu não sabia em qual atividade estava
- Estava ciente por aproximadamente metade do tempo
- Quase não estava ciente. Na maioria das tarefas eu não sabia em qual atividade estava
- Não estava ciente em momento algum

**3. Você considera que sua ciência em relação ao processo, independente de ter sido muito ou pouca, ajudou, ou atrapalhou, em algo na realização das tarefas? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever o que o ajudou, ou atrapalhou?

**4. Você passou por situações onde precisou desempenhar atividades que não existiam no processo? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever essas situações?

**5. Você possui alguma sugestão para a melhoria do processo?**

### **Do Suporte ao Contexto**

**Em relação ao recurso de Comparação de Serviços**

**6. Você utilizou o recurso sem nenhuma dificuldade. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**7. O uso do recurso trouxe benefícios para a realização de suas tarefas. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**8. Você possui alguma sugestão para a melhoria do recurso?**

**Em relação aos dados de utilização do serviço**

**9. Você analisou os dados de utilização dos serviços sem nenhuma dificuldade. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**10. As informações disponibilizadas foram suficientes para identificar as utilizações dos serviços. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**11. A análise dos dados de utilização dos serviços trouxe benefícios para a realização de suas tarefas. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**Em relação às métricas internas do serviço**

**12. Você analisou as métricas internas dos serviços sem nenhuma dificuldade \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**13. As métricas internas conseguiram informar a você sobre como os serviços estão implementados, considerando a dependência funcional e a interoperabilidade, em relação a outros serviços da plataforma. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**14. As métricas internas conseguiram informar a você sobre a complexidade dos serviços, com base em suas quantidades de atributos e métodos. \***

- Discordo fortemente

- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**15. A análise das métricas internas dos serviços trouxe benefícios para a realização de suas tarefas. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**Em relação aos dados de avaliação do serviço**

**16. Você analisou os dados de avaliação dos serviços sem nenhuma dificuldade. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**17. Você considera que as avaliações positivas, ou negativas, influenciaram na sua decisão de utilizar algum serviço para algum determinado fim. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**18. Você considera que os aspectos considerados nas avaliações foram importantes para decisões de utilização de um determinado serviço. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**19. Você gostaria de sugerir outros aspectos a ser considerados nas avaliações de serviços?**

**Em relação ao recurso de comentários do serviço**

**20. Você analisou os comentários dos serviços sem nenhuma dificuldade. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**21. Você considera que os comentários podem ser uma fonte importante de informações sobre um determinado serviço. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**22. Você tomou alguma decisão que foi influenciada por algum comentário lido. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**23. Você escreveu algum comentário em algum serviço? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever o seu intuito para com o comentário?

### **Dos Recursos de Visualização**

**24. Você analisou e/ou interagiu com alguma visualização de dados durante a execução das tarefas.**

- Discordo fortemente
- Discordo

- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**25. Durante sua análise e/ou interação com as visualizações, você enfrentou alguma dificuldade, ou teve qualquer tipo de problema para interpretar os dados.**

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**26. Você considera que as visualizações trouxeram benefícios para a análise dos dados dos serviços. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**27. Você sentiu falta de algum tipo de visualização em relação a algum conjunto de dados? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever quais visualizações você sentiu falta?

**28. Você identificou alguma visualização que não teve utilidade para a sua atividade? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia citar quais?

## **APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DO ESTUDO DE CASO: CIENTISTA AVALIADOR**

\* Requerido

**1. Ao iniciar a avaliação do serviço, você conseguiu encontrar as informações necessárias para testar o serviço. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**2. Como você avalia seu nível de compreensão em relação à atividade de avaliação solicitada? \***

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Bom
- Muito bom

**3. Na sua opinião, qual foi o motivo de você ter sido convidado a fazer a avaliação? \***

**4. De uma forma geral, como você avalia o apoio oferecido pela plataforma para analisar os serviços? \***

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Bom
- Muito bom

**5. As informações disponibilizadas na análise dos serviços foram importantes para entender melhor sobre o serviço e permitir uma melhor avaliação do mesmo. \***

- Discordo fortemente
- Discordo

- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**6. Utilizando as ferramentas disponibilizadas pela análise do serviço, você conseguiu identificar se o serviço era um serviço atômico ou uma composição de outros serviços. \***

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**7. Você interagiu com outro avaliador durante o processo de avaliação? Se sim, esta interação foi importante para sua avaliação?**

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**8. Como você classifica sua satisfação em relação às ferramentas disponibilizadas para a interação com outros avaliadores?**

- Muito ruim
- Ruim
- Moderada
- Boa
- Muito Boa

**9. A plataforma dispõe de um espaço para comentários e discussões sobre cada serviço, você considera este recurso importante para suas tomadas de decisão?**

- Discordo fortemente
- Discordo
- Não deseja e/ou não se sente capaz de opinar
- Concordo
- Concordo fortemente

**10. Você escreveu algum comentário sobre o serviço avaliado? \***

- Sim

- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever o seu intuito para com o comentário?

**11. Você teve alguma dificuldade técnica durante a avaliação do serviço? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever esta dificuldade?

**12. Você teve alguma dificuldade de interação, com outros avaliadores ou com o desenvolvedor que solicitou sua avaliação? \***

- Sim
- Não

Caso seja positiva a resposta, poderia descrever esta dificuldade?

**13. Gostaria de deixar alguma sugestão que possa melhorar o processo de avaliação de serviços?**

## **APÊNDICE E: ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS UTILIZADOS PELOS ESTUDOS DE CASO**

Este documento pretende apresentar os requisitos e alguns detalhes técnicos dos serviços que foram utilizados e/ou requeridos pelos participantes durante os estudos de caso.

### **Serviços pré-existent na plataforma**

#### **Média de Ganho de Peso Diário**

- Descrição:
  - A média de ganho de peso diário de um animal representa a média de quanto, em quilogramas, o animal ganhou de peso ao longo de um determinado período de dias.
- Objetivo:
  - Obter a média dos pesos ganhos diários do conjunto de todos os animais de um experimento.
- Parâmetros de entrada:
  - Número, Código de um Experimento.
- Parâmetros de saída
  - Número.

#### **Média de Peso Metabólico Médio**

- Descrição:
  - O Peso Metabólico Médio representa o peso do animal elevado a 0.75. A média de seu peso metabólico representa a média dos pesos do animal ao longo de um determinado período de dias.
- Objetivo:
  - Obter a média dos pesos metabólicos médios do conjunto de todos os animais de um experimento.
- Parâmetros de entrada:
  - Número, Código de um Experimento.
- Parâmetros de saída
  - Número.

### **Percentual de Matéria Seca em Matéria Natural**

- Descrição:
  - Matéria natural pode ser entendida como o tipo de alimento que o animal consome como, por exemplo, o milho. A Matéria seca é a parte que resta do peso de um alimento após a perda de toda a água que é possível extrair através de um aquecimento feito em condições controladas de laboratório. O percentual de matéria seca em matéria natural representa a porcentagem de matéria seca que um determinado alimento possui em sua composição.
- Objetivo:
  - Obter o percentual de matéria seca referente a um determinado alimento.
- Parâmetros de entrada:
  - *String*. O nome do alimento.
- Parâmetros de saída
  - Número.

### **Serviços a ser criados pelos participantes**

#### **Índice de Ingestão de Matéria Seca**

- Descrição:
  - Este índice representa o quanto de matéria seca um animal ingeriu, em média, em todas suas refeições, levando em conta toda a variedade de alimentos consumidos por ele. Para se obter o percentual de matéria seca de cada alimento, é necessário consultar uma tabela preestabelecida de percentuais de matéria seca de alimentos. Esta tabela irá apresentar o alimento e o seu percentual de matéria seca para cada kg.
- Objetivo:
  - Obter o índice de ingestão de matéria seca referente ao conjunto de todos os animais de um experimento.
- Parâmetros de entrada:
  - Número, Código de um Experimento.
- Parâmetros de saída
  - Número.

### **Índice de Eficiência Alimentar**

- Descrição:
  - Este índice representa o quão eficiente foi a alimentação dos animais de um experimento. Para fazer o cálculo é necessário que se tenha em mãos: a média do Ganho de Peso Diário, a média do Peso Metabólico Médio e o Índice de Matéria Seca Ingerida, relativos ao conjunto de todos os animais do experimento.
- Objetivo:
  - Obter o índice de ingestão de eficiência alimentar dos animais de um experimento.
- Parâmetros de entrada:
  - Número, Código de um Experimento.
- Parâmetros de saída
  - Número.