



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Mapeamento Sistemático de Estudos:
Qualidade de Serviço
em Computação Orientada a Serviços**

Danilo Filgueira Mendonça

Brasília, Março de 2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Mapeamento Sistemático de Estudos: Qualidade de Serviço em Computação Orientada a Serviços

Danilo Filgueira Mendonça

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica
como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheiro de Redes de Comunicação

Banca Examinadora

Profa. Dra. Genáina Nunes Rodrigues , _____
CIC/UnB
(Orientadora)

FICHA CATALOGRÁFICA

- . Mapeamento Sistemático de Estudos:
QOS em Computação Orientada a Serviços [Distrito Federal] 2012.
v, 63p. (ENE/FT/UnB, Engenheiro de Redes de Comunicação, 2012)
Monografia de Graduação - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Elétrica.
- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. Computação Orientada a Serviços | 2. SOC |
| 3. Arquitetura Orientada a Serviços | 4. SOA |
| 5. Qualidade de Serviços | 6. QOS |
| I. ENE/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

e MENDONÇA, D. F. (2012). Mapeamento Sistemático de Estudos: QOS em Computação Orientada a Serviços Monografia de Graduação, Publicação ENE 01/2012, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 63p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOMES DOS AUTORES: e Danilo Filgueira Mendonça.

TÍTULO: Mapeamento Sistemático de Estudos: QOS em Computação Orientada a Serviços

GRAU / ANO: Engenheiro de Redes de Comunicação / 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Danilo Filgueira Mendonça
SQN 303 BL F APTO 605 - ASA NORTE
CEP 70735-060 - Brasília - DF - Brasil.

Dedicatórias

Às manhãs de meu avô..

Danilo Filgueira Mendonça

Agradecimentos

Agradeço em primeiro aos brasileiros que financiaram meus estudos numa instituição pública e de qualidade. À família, pelo suporte e compreensão. Aos bons professores, que mantiveram-se determinados em cumprir a difícil, porém crucial missão a eles destinada. E por fim e não menos importante, à orientadora deste projeto, que mostrou-se disposta, gentil e cujas orientações e participação foram essenciais para a realização do presente trabalho.

Danilo Filgueira Mendonça

RESUMO

A Computação Orientada a Serviços surgiu com o intuito de prover maior eficiência à produção, provisão e consumo de recursos computacionais, especialmente os *softwares*, que passam a compor unidades coesas e granulares de lógica capazes de se intercomunicarem e de formarem novas soluções por meio de sua composição em novos rearranjos, aumentando o reuso, a agilidade, o retorno de investimento e o alinhamento da TI com os processos de negócio. Dada a incerteza a respeito do estado das pesquisas relacionadas ao tema, detectou-se a necessidade de uma classificação de estudos que possibilite identificar de forma esquemática os tópicos existentes e que aponte tendências, atores, tipos de pesquisa e quais subáreas receberam maior ênfase em detrimento daquelas que ainda carecem de avanços. A partir do Systematic Mapping Study, que envolve a busca em sistemas de registro de publicações em fóruns de interesse de modo a classificá-las segundo categorias escolhidas, avaliamos publicações que tratam da qualidade de serviços na Computação Orientada a Serviços. Como resultado, os gráficos obtidos no formato *bubble plot* oferecem informações úteis e importantes para a compreensão do estado da pesquisa da área focada nos últimos 10 anos, entre elas a sua imaturidade, comprovada pela maior frequência de pesquisas do tipo solução e na falta de pesquisas que as validem. Por último e não menos importante, avaliou-se o desempenho e utilidade da ferramenta de suporte desenvolvida para atender a este mapeamento de estudos e que demonstrou superar expectativas, apontando para seu potencial uso em outros trabalhos de mapeamento e revisão de literatura.

ABSTRACT

English version

The Service Oriented Computing has emerged to address the need of an improved efficiency in the production, supply and consuming of computational resources, especially the software resources, which begin to compose granular and cohesive units of logic capable of intercommunicate and to form new solutions through its composition in new arrangements, increasing the reuse, agility, return of investment and aligning of IT with business. Given the uncertainty about the status of related research, the need for a classification of studies that allows identify schematically the existing topics and that points the trends, actors, types of research and what sub-areas have received greater emphasis over those that still require improvements. From a Systematic Mapping Study, which involves the search in registry systems of forums of interest for publications in order to classify them according to categories chosen, we evaluated the publications dealing with quality of services in Service Oriented Computing. As a result, the graphs obtained in the form of bubble plots provide useful and important information for understanding the state of research in focus in the last 10 years, among them its low maturity level, evidenced by increased frequency of solution type research and the lack of research to validate them. Last but not least, we evaluated the performance and usefulness of the support tool developed to attend this mapping study and demonstrated to exceed expectations, pointing to its potential use in other literature mapping and review works.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.2.1	OBJETIVOS GERAIS	2
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3	TRABALHOS RELACIONADOS	3
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	4
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1	COMPUTAÇÃO ORIENTADA A SERVIÇOS	6
2.1.1	HISTÓRIA DA ORIENTAÇÃO A SERVIÇOS	7
2.1.2	PROJETO DE ORIENTAÇÃO A SERVIÇOS	15
2.1.3	SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE	21
2.2	QUALIDADE DE SERVIÇOS	23
2.2.1	DESEMPENHO.....	24
2.2.2	INTEROPERABILIDADE	24
2.2.3	SEGURANÇA	25
2.2.4	DISPONIBILIDADE OU <i>Availability</i>	26
2.2.5	CONFIABILIDADE	26
2.2.6	MANUTIBILIDADE.....	26
2.2.7	ESCALABILIDADE	27
2.2.8	CUSTO	27
2.3	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE ESTUDOS	27
2.3.1	ESCOLHA DAS PERGUNTAS DE PESQUISA	28
2.3.2	PESQUISA PRIMÁRIA	29
2.3.3	INCLUSÃO E EXCLUSÃO DE PUBLICAÇÕES.....	29
2.3.4	DEFINIÇÃO DE CATEGORIAS E EXTRAÇÃO DE DADOS	30
2.3.5	MAPEAMENTO E APRESENTAÇÃO DE DADOS	31
3	ABORDAGEM.....	32
3.1	PESQUISA PRELIMINAR	32
3.2	PROTOCOLO.....	32
3.2.1	QUESTÕES DE PESQUISA.....	32
3.2.2	FRASE DE BUSCA.....	34
3.2.3	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	35
3.2.4	FÓRUNS DE BUSCA.....	36
3.2.5	DESENVOLVENDO APLICAÇÃO DE SUPORTE	38
3.2.6	POPULAMENTO DE DADOS COM WEB CRAWLER	39
3.2.7	CATEGORIAS DE CLASSIFICAÇÃO	40
3.2.8	EXTRAÇÃO DE DADOS.....	42
4	RESULTADOS.....	43
4.1	TÓPICOS DE PESQUISA E MODELOS ARQUITETURAIS.....	43
4.1.1	PRIMEIRO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS CONJUNTAS DE TÓPICOS DE PESQUISA, MODELOS ARQUITETURAIS E CONTEXTOS.....	43
4.1.2	SEGUNDO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS SIMPLES DE TÓPICOS DE PESQUISA.....	44
4.1.3	TERCEIRO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS SIMPLES DE MODELOS ARQUITETURAIS.	44

4.2	CONTEXTOS DE QUALIDADE DE SERVIÇOS E SLA.....	45
4.2.1	PRIMEIRO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS CONJUNTAS DE CONTEXTOS, TIPOS DE PESQUISA E TIPOS DE CONTRIBUIÇÕES.	45
4.2.2	SEGUNDO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS SIMPLES DE CONTEXTOS.	45
4.2.3	TERCEIRO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS SIMPLES DE TIPOS DE PESQUISA.....	46
4.2.4	QUARTO GRÁFICO: FREQUÊNCIAS SIMPLES DE TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO OU INTERVENÇÃO.	46
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	48
5.1	TÓPICOS DE PESQUISA, QUESTÃO DE PESQUISA RQ1	48
5.2	MODELOS ARQUITETURAIS, QUESTÃO DE PESQUISA RQ2	50
5.3	MÉTODOS DE PESQUISA E TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO, QUESTÃO DE PESQUISA RQ3	52
5.3.1	MÉTODOS DE PESQUISA.....	52
5.3.2	TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO.....	54
5.3.3	CONTEXTOS QOS E SLA.....	55
5.4	BUBBLE PLOTS	58
5.4.1	TÓPICOS, TIPOS DE PESQUISA E CONTEXTOS	58
5.4.2	CONTEXTOS, TIPOS DE PESQUISA E TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO.....	60
6	CONCLUSÃO	62
6.1	CONCLUSÃO.....	62
6.2	TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS.....	65
	ANEXOS.....	67

LISTA DE FIGURAS

2.1	Princípios relacionados ao SOA e seus benefícios. Adaptação de [1]	6
2.2	Origens da Orientação a Serviço. Adaptação de [1].	7
2.3	Comparação entre atividades típicas de componentes e serviços. Adaptação de [2].....	8
2.4	Comparação entre escopos da Orientação a Objetos a da Orientação a Serviços.	10
2.5	Modelagem de um processo de negócio por meio de um diagrama BPMN.....	14
2.6	Documentos de contrato de um <i>Big Web Services</i> . Adaptação de [1]	16
2.7	Relação entre reusabilidade e outros princípios. Adaptação de [1]	18
2.8	Aspectos importantes de QoS. Adaptação de [3]	23
2.9	Principais atributos de QoS na visão de partes de <i>Stakeholders</i> . Adaptação de [4].	24
2.10	Serialização Binária vs. Serialização XML. Adaptação de [5]	25
2.11	Processo para o mapeamento sistemático de estudos. Adaptação de [6].....	28
2.12	Busca iterativa de palavras chaves para categorização. Adaptação de [6]	30
2.13	Exemplo de gráfico de <i>bubble plot</i> . Adaptação de [6].....	31
3.1	Interface principal da ferramenta de suporte.	38
3.2	Parte da interface de edição e classificação de publicações.	39
4.1	Tópicos de Pesquisa vs. Modelos Arquiteturais e Tópicos de Pesquisa vs. Contextos QoS e SLA.....	44
4.2	Tópicos de Pesquisa	44
4.3	Modelos Arquiteturais.....	45
4.4	Contextos QoS e SLA vs. Tipos de Pesquisa e Contextos QoS e SLA vs. Tipos de Contribuição	45
4.5	Atributos QoS e SLA	46
4.6	Tipos de Pesquisa.....	46
4.7	Tipos de Contribuição	47

Siglas

MS	<i>Systematic Mapping Study</i>
RQ	<i>Research Question</i>
SOC	<i>Service Oriented Computing</i>
SO	<i>Service Orientation</i>
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
WS	<i>Web services</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>
UDDI	<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
REST	<i>RESTfull Web services</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
Cloud	<i>Cloud Computing</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
PaaS	<i>Platform as a Service</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
ESB	<i>Enterprise Service Bus</i>
ESB	<i>Enterprise Application Integration</i>
QoS	<i>Quality of Services</i>
TI	<i>Tecnologia da Informação</i>
J2EE	<i>Java 2 Enterprise Edition</i>
UML	<i>Universal Modeling Language</i>
RPC	<i>Remote Procedure Calls</i>
WS-*	<i>Família de especificações para Web services</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
HTTPS	<i>HyperText Transfer Protocol Secure</i>
AOP	<i>Aspect Oriented Programming</i>
BP	<i>Business Process</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

SOC, SOA, *Web Services*, SOAP, REST, Orientação a Serviços, Computação em Nuvem. Nos últimos anos esses e outros acrônimos tornaram-se frequentes na tecnologia da informação. O surgimento de um novo paradigma, impulsionado pelo amadurecimento da internet e pela proximidade crescente entre negócios e TI, criou novos caminhos e oportunidades para trabalhos de desenvolvimento e pesquisa. Nesse sentido, um grande número de estudos foram e vem sendo conduzidos com foco nos diversos aspectos da computação orientada a serviços, tais quais arquitetura, modelos, métodos, processos, ferramentas diversas, frameworks, métricas, problemas solucionados e ainda vigentes. Desta forma, a intenção daqueles interessados em iniciar suas atividades na área fica comprometida pela dificuldade em se obter informações claras sobre o atual estado da arte, sobre os desafios e sobre os temas mais abordados e aqueles com déficit de pesquisas. Esses dados são cruciais para que esforços sejam bem direcionados e para que a ciência caminhe em cooperação e com eficiência.

Um mapeamento sistemático de estudos visa classificar de forma sistemática e ampla um conjunto de estudos. Dada a grande quantidade de publicações no escopo da orientação a serviços, sua metodologia ágil e que permite a análise de um maior número de estudos justifica sua escolha em detrimento de outras metodologias, como o *Systematic Literature Review* [6]. Essa última exige uma análise minuciosa e detalhada de cada publicação, o que requer um esforço considerável e inviabiliza a inclusão de um grande número de publicações num quadro de poucos pesquisadores. Assim, dados os fatos citados e o interesse em se obter uma classificação ampla e significativa da ciência relacionada à orientação a serviços, de caráter inicial e que irá servir de subsídio a outros estudos, este trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Redes de Comunicação realiza um mapeamento sistemático de estudos abrangendo a orientação a serviços.

Segundo [7], devido ao crescente acordo na implementação e gerência de aspectos funcionais de serviços, tal qual a adoção de WSDL para a descrição, SOAP para troca de mensagens, ou WS-BPEL para a composição, os interesses de pesquisadores estão se voltando aos aspectos não funcionais de aplicações orientadas a serviços. Visando essa constatação, nosso mapeamento irá concentrar-se na questão de qualidade, ou aspectos não funcionais, sobretudo a qualidade de serviços, termo aqui empregado de forma literal e posterior ao termo QoS, uma vez que os principais agentes do paradigma em questão são, coin-

cidamente, denominados serviços. Ademais, o ambiente proposto pelo SOC está sujeito a condições particulares diferentes daquelas já estudadas e conhecidas em outros paradigmas, havendo variáveis que elevam a complexidade da análise de parâmetros de qualidade, tanto na fase de planejamento quanto em fase de execução por meio do monitoramento e da gerência dos serviços, sendo esse um obstáculo sólido à adoção de arquiteturas como o SOA. Nesse sentido, o presente estudo visa mapear as publicações relacionadas a essas questões, contemplando cenários com ou sem o uso de SOA, proporcionando uma redução da incerteza quanto ao atual estado de desenvolvimento da ciência contribuinte ao tema abordado e quanto aos desafios e avanços já conquistados.

Sobre a motivação pessoal desse trabalho é preciso destacar meu interesse na Engenharia de Software, principalmente em seu aspecto distribuído, uma vez que possibilita novos patamares de interoperabilidade, aumentando a gama de soluções da tecnologia da informação e tomando proveito do avanço nas tecnologias de comunicação de dados, o que envolve questões próprias da Engenharia de Redes. Além disso, acredito na necessidade de uma melhor e mais eficiente organização e uso da tecnologia da informação, estando essas premissas presentes no paradigma em questão. Assim, vejo justificada a iniciativa deste trabalho, que almeja gerar contribuições para ambas as áreas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo do presente mapeamento de estudos é esclarecer o paradigma da orientação a serviços por meio de uma classificação ampla e sistemática, obtendo informações sobre frequências de publicações, áreas e tópicos de pesquisa, enfoques, tipos de contribuições dadas, os agentes e fóruns envolvidos, além dos modelos arquiteturais mais utilizados. Deseja-se obter resultados gráficos que ilustrem de maneira intuitiva e lógica, através dos dados coletados, as classificações propostas, contribuindo assim para a obtenção de respostas às questões de pesquisa que guiam e motivam este mapeamento de estudos.

Neste mapeamento, deve-se prezar pelo uso de ferramentas de apoio e que agilizem os procedimentos sistemáticos a serem seguidos. Não é seu objetivo avaliar qualitativamente os trabalhos de pesquisa classificados, mantendo a análise a um nível menos detalhado e que permitirá a inclusão dessas publicações em categorias abrangentes e significativas e que não exijam a minuciosa análise de cada uma delas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Objetiva-se obter melhores definições acerca da história recente e das atuais tendências para a arquitetura orientada a serviços, ou SOA, uma vez que há indícios preliminares de que o termo, após grande ênfase tanto por parte de pesquisadores quanto por parte de vendedores, entrou em declínio nos últimos anos, sobretudo após o ano de 2008. Em contrapartida, deseja-se igualmente mapear a evolução das pesquisas relacionadas à Computação em Nuvem, termo também abrangido pela computação orientada a serviços e que, por sua vez, tem ganhado crescente visibilidade em âmbito acadêmico e industrial. Assim, definimos os tipos de classificação de modelos arquiteturais SOA, Computação em Nuvem, *Web services*, REST e outros, representando tanto o SOC em termos gerais ou outros modelos.

Em relação aos atributos de QoS, tem-se por objetivo compreender que tipo de intervenções vem sendo feitas para a absorção de aspectos de qualidade em SOC e sua melhoria, identificando quais tipos de pesquisa, de contribuição e quais atributos ou contextos tem maior importância, quais representam os maiores desafios para a concretização da adoção deste paradigma e quais são pouco abordados. Entre os variados e numerosos tipos de atributos que atendem a diversos modelos, este trabalho visa aqueles cuja definição encontra-se bem difundida e aceita entre os trabalhos relacionados. São eles o desempenho, a disponibilidade, a confiabilidade, a segurança, a modificabilidade, a testabilidade, a escalabilidade, o custo e outros para que os demais atributos sejam representados agrupadamente. Entre os tipos de pesquisa aceitos, estão os de avaliação, solução, validação, filosófico e de experiência pessoal. Por fim, entre os tipos de contribuições dadas, estão as de modelo, método, processo, ferramenta e métricas.

Também é de interesse a melhoria da metodologia utilizada para classificação, com o uso em caráter experimental e para validação da ferramenta de apoio desenvolvida para este mapeamento. Devido ao sua característica distribuída, com interface gráfica acessível via navegador e internet, pretende-se agilizar não só o processo manual de seleção e classificação, mas também a automação de passagens importantes e custosas em termos de esforço humano e que passam a serem executadas por algoritmos. O sucesso desta ferramenta permitirá o aumento da eficiência deste e de posteriores trabalhos de classificação de estudos.

Por fim, é objetivo que este estudo sirva de embasamento para posteriores trabalhos de pesquisa, dado que a metodologia utilizada tem um caráter exploratório e anterior a estudos mais específicos, servindo tão bem a leigos, consumidores, técnicos e mesmo pesquisadores experientes na área.

1.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Pela metodologia utilizada, este trabalho possui características inéditas dentro do campo de QoS em SOC. Uma importante referência utilizada e que faz a classificação de diferentes abordagens especificações e modelos de QoS em SOC é apresentada em [3]. Esse relatório foi produzido pelo S-CUBE, uma comunidade europeia de excelência e que se dedica ao paradigma da orientação a serviços e nos sistemas nele baseados. Esta, além desse citado, produziu uma coletânea de outros relatórios e trabalhos que analisam publicações em praticamente todas as esferas do SOC. Entretanto, trata-se de trabalhos de Systematic Literature Review, visto que analisam profundamente as publicações envolvidas na área e as restringe àquelas com maior qualidade e aceitação, indicando as vantagens e limitações das propostas analisadas. Em contraste, o MS proposto abrange um número maior de estudos, trazendo informações em categorias mais amplas e que possibilitam a melhor análise geral da pesquisa relacionada. São dados amplos mas sensíveis para a compreensão do estado da ciência envolvida com os aspectos qualitativos do SOC.

Outros trabalhos também compartilham o mesmo foco. Em [4], são avaliados diferentes modelos de QoS já apresentados, além de uma curta revisão de literatura que classifica as publicações da área em alguns tópicos. Esta classificação foi utilizada pelo presente trabalho, dado sua visão de alto nível que agrupa pesquisas de acordo com a atividade abordada, e.g., composição de serviços, descobrimento, questões de uso de serviços remotos, dinâmica de operações, automação, abstração para negócios, entre outros. Tal faceta não estava originalmente incluída na classificação deste MS, e adotou um caráter experimental. Dado o valor agregado pelo seu cruzamento com outras categorias, essa será incluída entre os resultados gráficos obtidos.

Com maior riqueza de detalhes e qualidade, a tese de mestrado [5] também trata do mesmo tema, e além de efetuar uma revisão sistemática da literatura relacionada, com o objetivo de identificar e avaliar as pesquisas publicadas com maior relevância, também propõe uma ferramenta para o monitoramento de sistemas construídos sobre o modelo arquitetural SOA. Mais uma vez, trata-se de uma avaliação de estudos e tecnologias propostas, e não um mapeamento amplo. Já em sua introdução, justifica-se a decisão de se concentrar num escopo mais reduzido e com maior profundidade. Trabalhos de negociação de QoS por meio de SLA não são inclusos. Nosso trabalho de mapeamento de estudos difere-se pela abrangência total dentro do tema de QoS em SOC, mantendo, conforme já afirmado, uma visão de alto nível e não especialista de cada assunto envolvido.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. O capítulo 2 faz o embasamento teórico da área compreendida pelo mapeamento e traz uma descrição para realização de um mapeamento sistemático de estudos. O capítulo 3 descreve a abordagem utilizada durante todo o processo, desde a elaboração do protocolo até a obtenção dos dados de classificação. O capítulo 4 traz os resultados obtidos por meio de gráficos, especialmente os do tipo *bubble plot*. O capítulo 5 faz uma série de análises sobre os resultados obtidos, apontando as interpretações obtidas. Por fim, o capítulo 6 encerra este trabalho com as conclusões e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPUTAÇÃO ORIENTADA A SERVIÇOS

A tecnologia da informação já se consolidou como ferramenta essencial para as instituições, afetando rotinas, ações, estruturas e modelos de negócios. Os altos custos associados ao consumo e provimento de recursos de TI e a necessidade de uma maior agilidade para responder às mudanças vão ao encontro das propostas da computação orientada a serviços, ou SOC, cujo paradigma de projeto é composto por princípios que, quando absorvidos, criam condições para o alcançar os objetivos e benefícios almejados pela orientação a serviços, entre eles o aumento do retorno de investimento, da agilidade, da reusabilidade e da interoperabilidade, assim como um maior alinhamento entre TI e modelo de negócios.

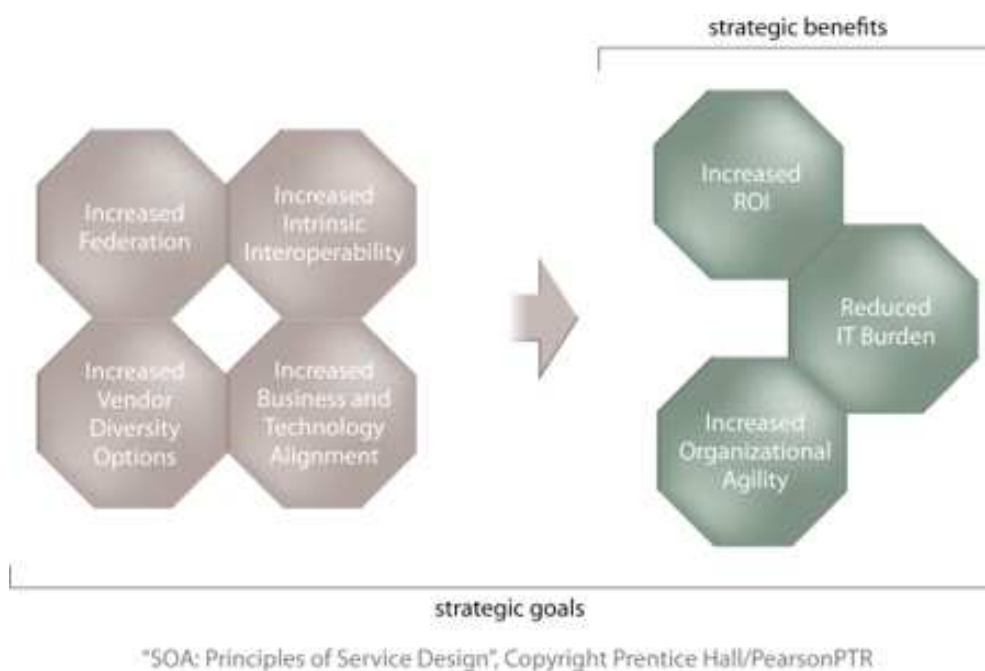


Figura 2.1: Princípios relacionados ao SOA e seus benefícios. Adaptação de [1]

O paradigma de projeto da orientação a serviços norteia a configuração do suprimento e consumo dos recursos de TI, em especial as soluções lógicas ou softwares. Apesar do sucesso de outros paradigmas na computação, por exemplo a orientação a objetos, nota-se que problemas distintos, ou seja, da eficiência, agilidade e retorno de investimento na composição de aplicações, ainda deveriam ser atacados. Assim, as aplicações silos com pouca interoperabilidade e sem reuso passaram a ser vistas como um modelo ineficiente, visto que aumentam o custo de desenvolvimento de novas aplicações a longo prazo reduzem

drasticamente a agilidade ou tempo de resposta às novas demandas, sobretudo quando os modelos de negócio exigem maior flexibilidade. Dessa forma, os benefícios idealizados pelo SOC fizeram desse paradigma um foco de estudos em diversos centros acadêmicos, sobretudo a partir do surgimento da Arquitetura Orientada a Serviços, ou SOA. Mesmo antes dessa, um consistente cenário já vinha sendo palco de pesquisas e mesmo implementações reais com o uso de *Web services*, que fizeram surgir um conjunto de tecnologias e especificações para dar-lhes suporte, inclusive para questões de qualidade. É possível dar a estes grande responsabilidade pelo estabelecimento da Computação Orientada a Serviços.

2.1.1 História da Orientação a Serviços

Historicamente, o paradigma de orientação a serviços tem como base diversos outros paradigmas e arquitetura. Por meio da adaptação e amadurecimento de conceitos já experimentados em TI e dada a conjectura de que alguns objetivos poderiam ser melhor conquistados, formou-se o que hoje define a orientação a serviços em termos de princípios de projeto, tecnologias, padrões, governança e arquitetura, notavelmente o SOA. O termo SOC representa todo este aglomerado de conceitos. Nesse trabalho, esse termo poderá ser usado para se referir de forma genérica à orientação a serviços como um todo.

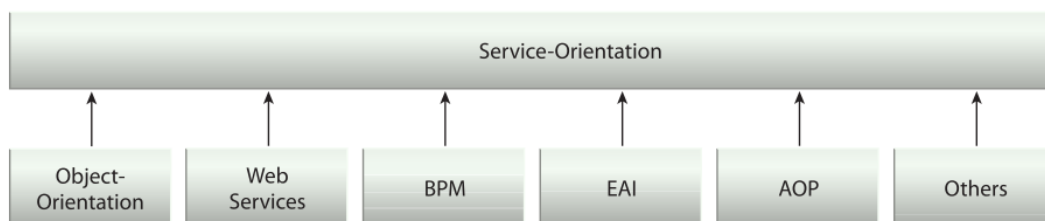


Figura 2.2: Origens da Orientação a Serviço. Adaptação de [1].

2.1.1.1 Arquitetura Baseada em Componentes

Entre as mais importantes influências para o SOC está a arquitetura baseada em componentes. Com ela, a orientação a serviços compartilha visões, uma vez que ambas se sustentam sobre os conceitos de unidades lógicas auto-contidas, auto-descritas, modulares, encapsuladas, que fazem uso de interfaces, contratos e especificações com possibilidade de composição com outras unidades.

No entanto, serviços diferenciam-se fundamentalmente de componentes. Enquanto componentes variam entre modelos caixa branca, caixa cinza ou caixa preta, de acordo com o nível de customização realizável, os serviços são sempre hermeticamente encapsulados e distribuídos em forma de caixas pretas.

Nos primeiros, trabalha-se com a especificação técnica do conjunto de funcionalidades que desempenham, permitindo o uso das mesmas nos códigos que as invocam uma vez que os componentes tenham sido devidamente importados ou ligados à aplicação. Sua especificação pode incluir também uma definição abstrata de sua estrutura interna [2]. Para os serviços, contratos são estabelecidos em conjunto às descrições das funcionalidades expostas por suas interfaces. A interação dos serviços ocorre de forma desacoplada por meio do uso de parâmetros pré-estabelecidos em sua descrição [8].

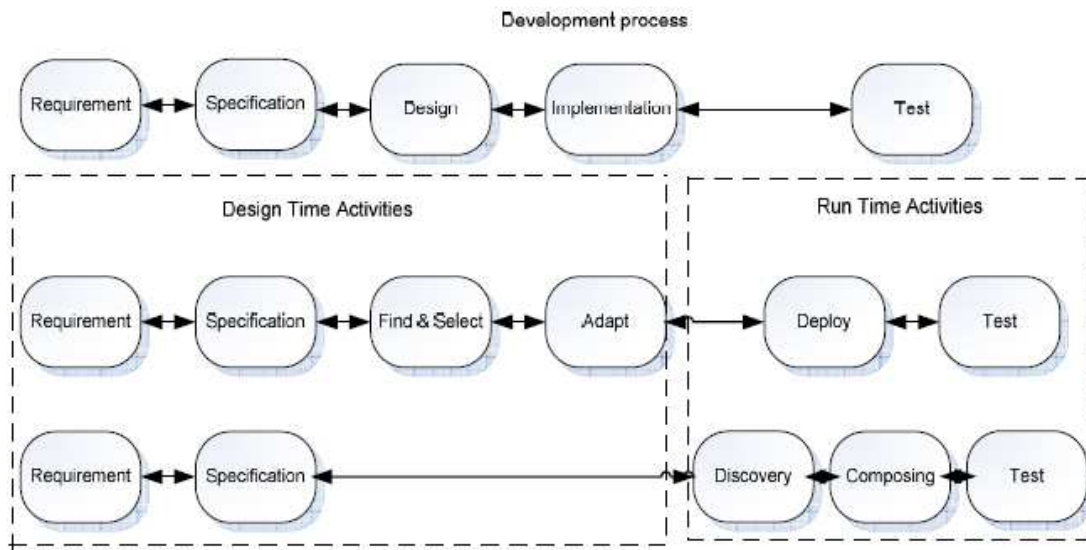


Figura 2.3: Comparação entre atividades típicas de componentes e serviços. Adaptação de [2]

A composição dos serviços é feita de forma dinâmica em tempo de execução, enquanto a composição de componentes é feita na fase de projeto ou em tempo de execução. Isso relaciona-se ao tipo de acoplamento entre provedor e consumidor, sendo essa a principal diferença entre ambos paradigmas. Nos componentes é frequente um maior acoplamento, de forma que um grau mais elevado de cumplicidade entre provedor e consumidor é exigida de acordo com o tipo de interação. Outro fator está na dependência quanto ao modelo de componentes usado, que deve ser compatível entre as partes. Em contraste, nos serviços o baixo acoplamento entre provedor e consumidor é um princípio a ser seguido e um de maior importância no paradigma de orientação a serviços, havendo transparência no processo de troca de mensagens. Dessa forma, o provedor tem liberdade e flexibilidade para a escolha da tecnologia para implementação, assim como o contratante irá somente se ater, funcionalmente, à interface. Essa separação propicia a criação de serviços abstratos e reutilizáveis, de acordo com os princípios de projeto da orientação a serviços. Para componentes, um diferencial está na possível otimização do desempenho em detrimento da flexibilidade

por meio da composição na fase de projeto, mas devido ao alto acoplamento entre utilizador e provedor, dificilmente se concebe um cenário de integração de componentes sem uma documentação ou até mesmo o suporte da equipe responsável pelo seu provimento.

Mesmo com modelos que definem a distribuição de componentes, i.e. J2EE e CORBA, os resultados obtidos são de naturezas distintas. O processo de integração remota previsto pela distribuição de componentes mantém o aspecto citado para a sua especificação, uma vez que irá, de forma refinada, distribuir modelos de objetos, seus estados e suas propriedades, enquanto os serviços estão num patamar menos elaborado de integração, fornecendo funcionalidades coesas em alto nível no padrão requisição e resposta. De fato, há casos em que um serviço irá fazer uso de componentes em sua implementação, que por conceito independe de sua descrição, desde que mantenha a funcionalidade por ela exposta. Portanto, componentes e serviços se situam em domínios diferentes, assim como as necessidades atendidas e os problemas por eles enfrentados [9]. Em suma, os maiores ganhos dos serviços em relação aos componentes estão na maior interoperabilidade, na maior gama de possibilidades para composições, uma vez que permite integração com com serviços de terceiros e por fim no menor acoplamento entre provedor e consumidor.

2.1.1.2 Object Orientation

A orientação a objetos também teve grande influência na orientação a serviços. Muitos conceitos por ela reforçados tem precedência nesse paradigma, entre eles o alinhamento do modelo de negócio e da TI, visto que as classes são moldadas a partir de conceitos e objetos reais, muitas vezes representações do próprio negócio. O aumento da robustez, uma vez que a orientação a objetos mantém um processo para o projeto da solução com uso de diagramas UML e possui um abrangente modelo para exceções e rotinas de teste. O aumento da extensibilidade, haja vista a característica modular das classes e as diversas possibilidades de herança, polimorfismo e associações capazes de estender o escopo da solução. Da flexibilidade, dado o uso de encapsulamento e abstração, sendo possível a adaptação do funcionamento a novas realidades. Por fim, da reusabilidade e da produtividade, dada a existência de classes abstratas e de códigos genéricos e reutilizáveis [1].

Uma notável diferença entre os dois paradigmas está no escopo onde atuam. A orientação a objetos visa estruturar soluções localizadas e podem vir a ser aplicada diversas vezes, podendo englobar todo o cenário da instituição através de diferentes ciclos. A orientação a serviços desde sua aplicação inicial irá atuar em porções mais extensas, podendo ou não chegar a todo o contexto de soluções de tecnologia da organização. Isso se deve a alguns princípios do SOC, que evita a formação de aplicações silos e fomenta a formação de

um inventário de serviços granulares e interoperáveis de modo a viabilizar a composição dos mesmos com base na reusabilidade. Assim, é possível afirmar que a aplicação da orientação a objetos geralmente leva a soluções isoladas ou à criação de um nível limitado de reusabilidade e abrangência, enquanto a aplicação de orientação a serviços tende a transformar o cenário como um todo englobando unidades lógicas que, se obtiverem êxito em alcançar os objetivos e princípios de projeto da orientação a serviços e se vencerem as implicações técnicas consequentes, irão disponibilizar um conjunto de soluções flexíveis e que respondem a novas demandas de negócio com maior velocidade e menor custo.

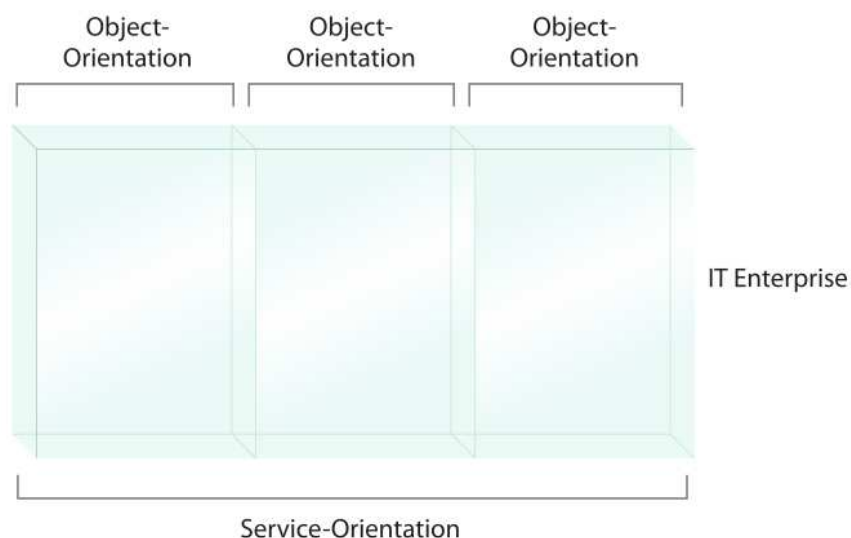


Figura 2.4: Comparação entre escopos da Orientação a Objetos e da Orientação a Serviços.

Outro importante modelo arquitetural influente no SOC é a EAI ou *Enterprise Application Integration*. Esse conjunto de princípios arquiteturais visa a integração de soluções heterogêneas de uma empresa. Seu principal componente é denominado *middleware*, ou aplicação intermediária, e tem a função de transportar mensagens entre as aplicações de maneira transparente e irrestrita. O motivo pelo qual essa arquitetura influenciou o surgimento da orientação a serviços está em seu caráter distribuído e integrador, possibilitando que unidades funcionais de lógica troquem mensagem e cooperem formando novas aplicações e dando vazão às demandas de negócios com maior agilidade. No entanto, é visível que mesmo havendo uma integração, as aplicações envolvidas ainda se situam num modelo de aplicações silos e com pouco potencial de reuso e de serem compostas de maneiras diversas e flexíveis. Assim, visionando as possibilidades trazidas por um inventário de soluções coesas, abstratas e de fácil composição, o SOC inovou com os princípios de projeto em que se baseia para criação e manutenção de serviços, forma como passaram a ser denominadas as unidades lógicas disponíveis e integradas pela camada intermediária.

2.1.1.3 Web Services

Seria imprescindível, na tarefa de descrever as origens da computação orientada a serviços, deixar de citar a importante contribuição dos *Web services*. Mais que uma influência, os *Web services* estão na raiz do funcionamento da arquitetura SOA, mesmo sendo essa agnóstica à tecnologia usada na implementação de seus serviços.

Web services surgiram anteriormente ao SOC, oferecendo uma integração transparente entre aplicações distribuídas por meio de um sistema de troca de mensagens que faz uso de protocolos padronizados e especificações. Em sua primeira geração, tentativas foram feitas com o uso direto de *Remote Procedure Calls*, ou RPC. Apesar desse modelo já ser conhecido e usado, seu uso em *Web services* não obteve apoio devido ao acoplamento resultante de configurações específicas para cada linguagem e logo deixou de ser praticado dessa forma. Também foram desenvolvidas as especificações centrais, tais quais:

- WSDL, linguagem responsável pela descrição pública das funcionalidades de um serviço em formato XML
- UDDI, que consiste num registro de referência para a publicação de serviços e que opera ele próprio por meio de *Web services* via SOAP, com estrutura baseada em XML e que pode ser utilizado publicamente através da internet ou internamente a uma organização.
- O SOAP, protocolo de troca de mensagens em formato XML e que possibilita o uso protocolos de transporte conhecidos da internet, i.e. HTTP, SMTP, ou outros independentes, passou a ser usado em *Web services* mais simples e logo em *Web services* descritos com WSDL e associados a repositórios UDDI, chamados de *Big Web Services* [10]. Além de promover a integração de mensagens, o SOAP também possibilita a interoperabilidade de chamadas RPC por meio do encapsulamento dessas chamadas.
- WS-I, que de acordo com sua especificação tem a função de definir referências e guiar a adoção de especificações de *Web services* com intuito de manter a interoperabilidade por meio de perfis denominados WS-I Profiles. Os *profiles* são diretrizes do tipo melhores práticas para um grupo selecionado de especificações, em versões estabelecidas, com objetivo de assistir à comunidade na criação e implantação de *Web services* interoperáveis.

A segunda geração de *Web services* trouxe avanços em segurança, transações entre serviços e garantias na troca de mensagens, entre outros [1]. Essas tecnologias e especificações relacionadas seguem a

nomenclatura WS-* e tem a característica de serem passíveis de composição entre si e fornecerem um rico conjunto de ferramentas para o ambiente de *Web services*. Estão inclusas as seguintes especificações:

- WS-Security provê melhorias ao protocolo SOAP visando obter integridade e confidencialidade em sua troca de mensagens. Segundo a especificação 1.1, permite com que diversos modelos de segurança e de criptografia sejam utilizados. Também define um mecanismo para a associação de *tokens* de segurança ao conteúdo das mensagens, sem restringir, no entanto, os tipos de *token* a serem utilizados, entre outros mecanismo para a segurança de *Web services*. Outras especificações de segurança podem e, em alguns casos, devem ser utilizadas em complemento ao WS-Security, ou mesmo como alternativa, o que ocorre com quando a segurança é obtida através da camada de transporte por meio de HTTPS. Entre as especificações complementares estão o WS-SecureConversation, o WS-Trust e o WS-Authorization.
- WS-ReliableMessaging age em termos da confiança da troca de mensagens. Dessa forma, irá garantir que o transporte da mensagem ocorra de maneira confiável mesmo em situações de falha por parte dos envolvidos, e com maior frequência, falhas de rede. Em seu funcionamento, o WS-ReliableMessaging irá informar, por meio de exceções, a ocorrência de mensagens não entregues ao destinatário, possibilitando o seu reenvio.
- WS-Policy fornece um mecanismo com estrutura em XML para a publicação de políticas de QoS para *Web services* em termos de requerimentos, capacidades, ou ambos. Trata-se de uma especificação que trabalha em conjunto a outras especificações e mecanismos para prover negociação de atributos de qualidade na escolha de *Web services*.

Atualmente, as especificações WS-* continuam a evoluir e a agregar novos mecanismos, modelos e métricas. Entretanto, críticas quanto à complexidade e enrijecimento da arquitetura como consequência ao uso destes padrões levaram ao aumento de demanda por outros modelos. O REST, ou *Representational State Transfer*, trata da transferência de representações de recursos usando um conjunto restrito de ações, denominadas verbos, usualmente por meio do protocolo HTTP e permite a criação de *RESTfull Web services*. Nesses últimos há uma liberdade de diversas decisões arquiteturais, ou *freedom-from-choice*, mantendo-se a premissa de requisições *stateless*, um vez que toda informação necessária ao processamento da requisição está nela contido. Em REST, cada recurso irá possuir uma única identificação URI, por meio da qual operações, i.e. GET, POST, PUT e DELETE, serão realizadas aos recursos. Inclui os problemas encontrados com o uso dessa arquitetura a ausência de suporte a vários atributos QoS. A segurança, por

exemplo, fica a cargo do protocolo de transporte, que na prática é limitado ao HTTPS. Não há garantias para as mensagens, salvo em implementações próprias, e a composição é feita por meio de *mashups*, termo proveniente da Web 2.0 e que define uma combinação de funcionalidades entre fontes diversas e heterogêneas de maneira livre e sem especificações. Portanto, caberá ao usuário dos serviços elaborar seu modelo de composição ou simplesmente não utilizar nenhum modelo, algo mais propício ao ambiente de aplicações de sítios da internet em pequeno e médio porte que ao ambiente controlado encontrado em organizações.

Atualmente o debate entre ambas tecnologias para implementação de *Web services* aponta para a contextualização de seu uso: cenários mais simples e ad-hoc tendem a obter melhor eficiência com *RESTFull Web services*. Em casos de maior complexidade que possam incluir transações, garantias de segurança e de outros aspectos de QoS que encontram correspondência nas especificações WS-* e que requerem o manutenção da interoperabilidade, sobretudo em ambientes corporativos, o uso de *Big Web Services* mostra-se mais viável, especialmente a longo prazo, quando o custo inicial mais elevado de sua adoção é superado pelos custos associados a soluções customizadas e proprietárias na arquitetura REST. [10].

2.1.1.4 Programação Orientada a Aspectos

O AOP define como principal objetivo a separação de tópicos, ou *separation of concerns*, de forma a identificar interesses comuns entre aplicações que poderão ser modularizados e reutilizados. Em geral a modularização é feita em tópicos que se espalham por diversas camadas de abstração, ou *crosscutting concern*.

A principal correlação da AOP com a orientação a serviços está no princípio da reutilização de unidades lógicas que são abstratas e agnósticas à lógica de negócio e ao restante da aplicação, proposta que se encontra definida em princípios de projeto dos serviços.

2.1.1.5 Modelo de Processos de Negócio

Por BPM entende-se a disciplina composta por técnicas e métodos voltados ao projeto, gerenciamento, aperfeiçoamento e controle de processos de negócio, ou *business process*, com intuito de atingir os objetivos de uma organização [11]. Um processo de negócio é caracterizado pelo conjunto de práticas e atividades encarregadas de produzirem um produto ou serviço. É comum representá-los em gráficos com sequências de atividades, que se iniciam no objetivo e finalizam em seu cumprimento. O grande foco do BPM está na otimização dos resultados obtidos pelos processos de negócio e no alinhamento da TI com

os objetivos estratégicos da organização. É, em essência, uma extensão ou amadurecimento de práticas já conhecidas pela administração desde que surgiram os conceitos relacionados ao processo produtivo, mas o grande salto qualitativo se deu com o uso da TI para a automação da gestão de processos de negócio, sendo a primeira experiência conhecida desenvolvida para General Electric em 1954 [12].

Uma das atividades centrais do BPM é o modelamento, ou *Business Process Modeling*, que realiza o descobrimento e modelagem de processos de negócio numa organização, além de melhorias a processos já existentes. A representação é feita pelo padrão BPMN com o uso de diagramas gráficos que se assemelham aos diagramas de atividade da linguagem UML [13].

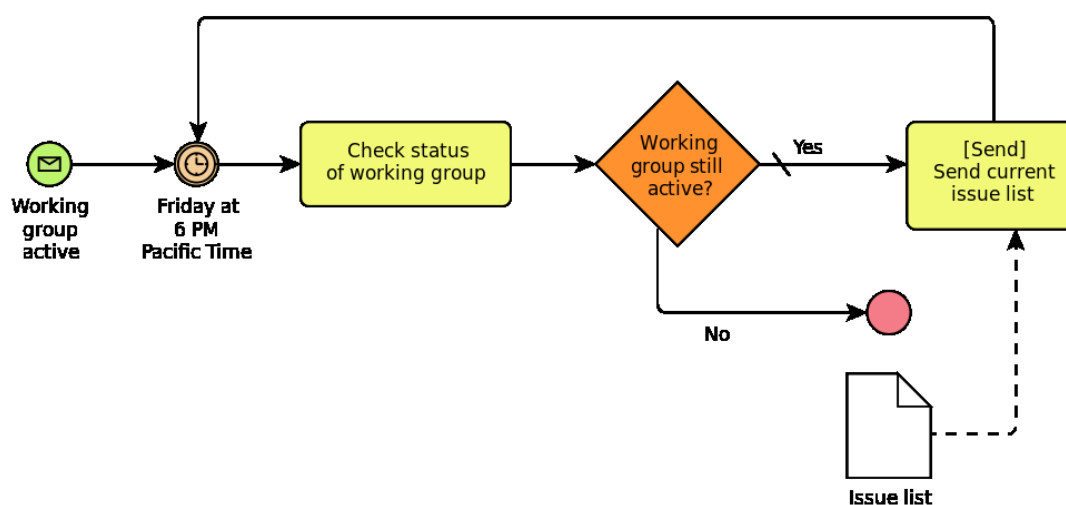


Figura 2.5: Modelagem de um processo de negócio por meio de um diagrama BPMN

Outra importante atividade está no monitoramento de processos, ou BAM, em geral mais completa e detalhada que o monitoramento obtido com ferramentas do *Business Process Management Suit*, o BPMS. Assim, o rastreamento de informações acerca do serviço oferece estatísticas sobre sua desempenho e estado.

Um dos princípios da orientação a serviços está no alinhamento entre modelo de negócios e tecnologia da informação. Como propósito, o BPM possibilita que processos desse modelo estejam mais visíveis, adaptáveis e extensíveis, o que aumenta o tempo de resposta e oferece ferramentas para o mapeamento entre requisitos de negócios e recursos da TI, o que provê alinhamento entre os dois mundos e um maior valor agregado às soluções. O BPM ocupa o papel de organizar uma abstração de alto nível dos processos de negócio, enquanto o SOA irá se adequar no suporte a esses processos com características de agilidade, flexibilidade e eficiência que serão passadas ao negócio e consequentemente à organização. Dessa forma, a orientação a serviços por meio do SOA e de seus princípios de projeto surgiu num contexto que já se

mostrava apto a recebe-la e não como uma revolução daquilo que já existia.

2.1.2 Projeto de Orientação a Serviços

O principal resultado da aplicação do projeto estabelecido pelo SOC está na criação de unidades lógicas denominadas serviços. Assim, ao invés de aplicações isoladas que trazem consigo todas as funcionalidades, são criadas unidades coesas, granulares, abstratas e de baixo acoplamento e alta interoperabilidade, de operação preferencialmente *stateless* e cujo acesso é feito por uma interface que encapsula sua lógica e seu funcionamento é bem descrito e garantido por um contrato. Com isso, é possível realizar combinações ágeis que irão servir uma ou, idealmente, várias aplicações por meio do reuso e da composição orquestrada de serviços.

2.1.2.1 Standardized Service Contract

Este princípio advoca pela padronização dos artefatos que efetuem o contrato entre provedor e consumidor de serviços de forma técnica ou eletrônica, ou seja, que serão tratados programaticamente. Portanto, requerem considerações específicas em sua elaboração e projeto, levando em conta a natureza e quantidade do conteúdo neles presentes [1].

Um contrato de serviços tem a finalidade de intermediar a relação entre as partes, separando e desacoplando a descrição das funcionalidades da sua implementação. O objetivo de padronizar tais contratos está na premissa da reusabilidade e da interoperabilidade dos serviços, uma vez que as interfaces farão o papel de conecta-los a diferentes consumidores.

A composição dos contratos pode ser feita com um ou mais artefatos. Tratando-se de *Big Web Services* [10], três documentos são utilizados. O WSDL descreve as funcionalidades do serviço, bem como a natureza e tipo dos dados envolvidos. Desta forma, sua padronização impacta diretamente no reuso de tais operações, evitando também sua duplicação em outros serviços. Dada sua estrutura em XML, é preciso haver esquemas que definam os modelos de dados utilizados pela descrição do serviço. Isto é possível com o uso de documentos *XML schemas*. A padronização desses esquemas possibilita a desejável redução na conversão de dados, uma vez que operações que retornem um tipo semelhante de dados poderão compartilhar um mesmo *XML schema*. Por último, é preciso definir quais políticas serão utilizadas pelos serviços, função realizada pelos documentos de definição de políticas, ou *WS-Policy*. Mais uma vez, a padronização é importante para que categorias de políticas sejam definidas e reutilizadas, aumentando assim o reuso de

serviços e sua interoperabilidade.

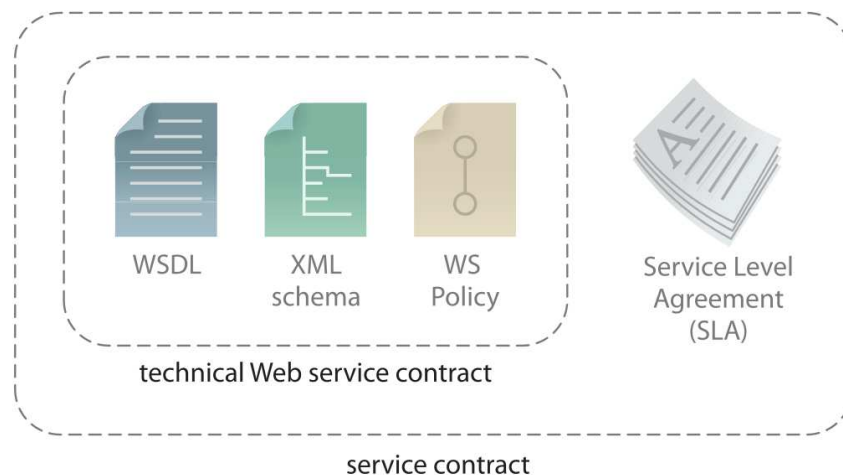


Figura 2.6: Documentos de contrato de um *Big Web Services*. Adaptação de [1]

2.1.2.2 Service Loose Coupling

Por acoplamento entende-se o grau de ligação ou dependência entre partes. Existem diferentes tipos de acoplamento que envolvem distintos atores e entidades de sistemas, porém o princípio de projeto em questão trata daqueles relacionados aos serviços e seus consumidores diretos [1]. Preza-se, portanto, pela construção de soluções lógicas capazes de manter o desacoplamento entre aquilo que definem seus contratos e como são implementados, entre a implementação e seus consumidores e entre diferentes serviços. Com isso, são criados contextos para cada serviço independentes do ambiente que os cerca, havendo liberdade para o uso de tecnologias diversas, ou *vendor free*, e possibilitando a evolução e adaptação de serviços e de consumidores sem o comprometimento da ligação que os une, isto é, permite o uso prolongado de contratos sem que a inclusão de novas funcionalidades ou a alteração de sua implementação venham a quebrar a utilidade que proviam nem a mudança de um ou mais consumidores venham a exigir modificações por parte do serviço.

Um ponto de discussão comum está no uso de ferramentas que automatizam a criação de contratos a partir de determinada lógica ou sua implementação numa linguagem. Isso contradiz o desacoplamento entre contrato e lógica ou entre contrato e implementação, uma vez que o contrato irá manter-se altamente relacionado a uma determinada lógica, esquivando-se de aspectos importantes para a maior qualidade e visão estratégica desejáveis em sua elaboração ou irá relacionar-se com detalhes técnicos da linguagem, por exemplo os tipos de dados utilizados. A visão oposta, ou o acoplamento da lógica ao contrato, em geral é possível por meio da abordagem *top-down*, ou do contrato à implementação, que requer com que toda a

lógica do serviço vise atender somente a seu contrato, delimitando com precisão seu escopo e evitando a disposição de serviços com pouco reuso ou com problemas de interoperabilidade.

2.1.2.3 Service Abstraction

A abstração pressupõe a não informação ou a redução da quantidade de informações visíveis. Para a orientação a serviços, trata-se de deixar público somente aquilo que melhor define a ligação entre o consumidor de um serviço e suas funcionalidades. Evita-se, portanto, quaisquer detalhes adicionais, sobretudo aqueles referentes à implementação e tecnologias nela utilizadas. Isto irá reduzir as chances de um acoplamento do tipo consumidor implementação, impactando diretamente o projeto de serviços e alguns pontos de decisão em tempo de projeto [1], além de garantir maior liberdade ao provedor para evoluir seu serviço e adaptá-lo conforme já descrito no princípio de *service loose coupling*. Todas as demais informações sobre o serviço estarão contidas dentro de seu ambiente de execução.

Alguns tipos de abstração possíveis são a de tecnologia, relativas a detalhes técnicos de implementação relativos ao ambiente de execução e à linguagem, funcionais, que se referem à capacidade do serviço, programáticas, no que tange a detalhes específicos de como segue a execução das funcionalidades expostas, e de qualidade de serviços, relativas aos detalhes de requerimentos não funcionais dos serviços. Contudo, deve-se aplicar este princípio de maneira a equilibrar excesso de informação à falta, uma vez que serviços que não possuam descrição suficiente de suas capacidades poderão não ser propriamente descobertos e utilizados ou serão menos reutilizáveis, aumentando o surgimento de soluções lógicas redundantes.

2.1.2.4 Service Reusability

O reuso de serviços está no núcleo da orientação a serviços. Sem a possibilidade do fornecimento de lógicas reutilizáveis por variados consumidores, sejam estas aplicações ou outros serviços, todo o paradigma ficaria reduzido aos demais benefícios de alinhamento entre negócios e TI e de interoperabilidade, sendo ambas já anteriormente endereçada por conceitos da orientação a objetos e tecnologias de BPM e de integração, e.g., ESB e EAI.

Portanto, alguns dos objetivos mais ilustres do SOC, entre eles a redução do fardo da TI e do tempo de resposta, com aumento da agilidade e do retorno de investimento são consequências mais diretas da reusabilidade. Ademais, conforme pode ser visto nas definições de outros princípios de projeto, a reusabilidade é frequentemente um de seus objetivos. No entanto, a experiência prática de arquitetos, projetistas,

desenvolvedores, administradores e demais responsáveis pela criação e manutenção de soluções lógicas reutilizáveis atestam pela dificuldade em realiza-la, uma vez que não é visível quais serão todos os casos de uso atendidos, o que requer o uso de lógicas agnósticas, genéricas e flexíveis a mais propósitos do que nos cenários em que o escopo e funcionalidades são bem definidas e previsíveis. Outras questões relativas à testabilidade e à modificabilidade dessas soluções são descritas em [1].

Vale citar a questão do comprometimento das funcionalidades iniciais, de forma que mudanças nos serviços serão restritas e deverão respeitar as dependências adquiridas e que poderão ser pouco conhecidas devido ao desacoplamento entre consumidor e provedor, consequentemente criando uma situação de imprevisibilidade para os impactos de mudanças. Além disso, um serviço reutilizável deverá suportar variações de demanda, isto é, deverá adaptar-se ao uso de mais ou menos recursos de forma a manter parâmetros de qualidade como desempenho e disponibilidade. Por último, a reusabilidade confronta o princípio de abstração, uma vez que requer o uso de informações suficientes para que diferentes casos de consumo possam ser atendidos.

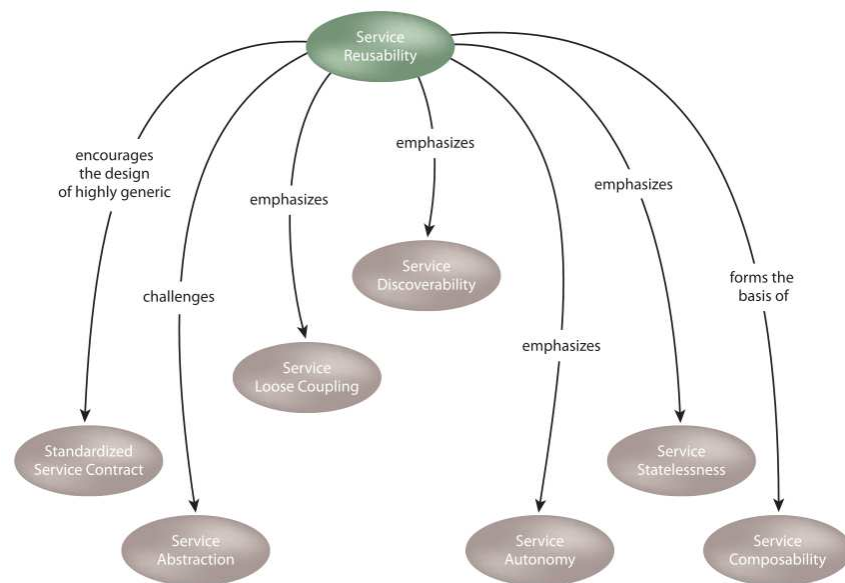


Figura 2.7: Relação entre reusabilidade e outros princípios. Adaptação de [1]

2.1.2.5 Service Autonomy

A autonomia de serviços está relacionada ao grau de independência dos mesmos em seu funcionamento e à capacidade de auto-governança e ausência de vínculos com atividades externas a seu ambiente, que deverá ser controlado e previsivelmente estável. Com isso, a autonomia determina a independência para a execução da lógica contida num serviço.

Os dois maiores benefícios do princípio da autonomia estão no aumento da previsibilidade das situações enfrentadas e consequentemente no aumento da confiabilidade dos serviços. Desta forma, cenários antes frequentes de compartilhamento de recursos, entre eles de banco de dados, deverão ser evitados ou eliminados para fornecer o ambiente completo e autônomo para a execução desses serviços.

Dois tipos de autonomia são identificados em [1]. Durante a fase de projeto, a autonomia relaciona-se à governança e aos princípios de baixo acoplamento e abstração, uma vez que permitem a evolução dos serviços independentemente, tratando-se da lógica implementada, de seus consumidores. Assim, é garantido o controle sobre o serviço. Durante o tempo de execução, este princípio trata do controle sobre recursos necessários, e.g., aqueles utilizados para processamento e memória, e qualquer outro associado à execução. Com isso, garante-se o controle do serviço sobre seus recursos.

Um revés associado às garantias de autonomia para serviços está no aumento da disposição de recursos de infraestrutura consequentes de seu isolamento e contimento em serviços de forma separada e independente. Isto é, haverá um aumento de uso desses recursos de modo a deixá-los disponíveis aos serviços autônomos, o que levará na maioria dos casos a um aumento de custos.

2.1.2.6 Service Statelessness

O armazenamento e gerenciamento de informações de estado em diferentes contextos e perspectivas de sistemas de informações são reconhecidos pelo uso extensivo de memória e processamento. Por informações de estado, entende-se qualquer dado ou conjunto de dados associados a um estado do sistema e que participam de sua composição ou definição.

Dado uma arquitetura que mantém parte considerável de sua lógica e logo suas informações de estado entre os clientes num sistema distribuído, o problema da gerência e armazenamento dessa informações é em grande parte dissolvido e portanto não representa desafios técnicos, exceto em casos específicos. No entanto, a evolução da conectividade e do desempenho do tráfego de dados via redes locais e via a internet possibilitou a concentração da lógica em maior parte no servidor de aplicações, deixando seus correspondentes com pequena parcela da lógica ou, de maneira mais extrema, somente com a interface a ser usada para apresentação e interação. Assim, são constituídos os *clientes magros*. Tal tendência fundamenta-se nos benefícios alcançados por essa abordagem, como o aumento da audiência, visto que um cliente magro poderá ser utilizado em diversificados ambientes e plataformas, sobretudo com o uso de navegadores ou *browsers*, além da possibilidade de uso imediato ou do carregamento preliminar de poucos

dados sem a necessidade de artefatos para o armazenamento e transferência de arquivos para instalação, o gerenciamento centralizado decorrente da unificação da execução da lógica desempenhada num só local controlado e acessível e que permite, entre outros, um controle facilitado de versionamento, já que não seria preciso manter a continuidade de versões anteriores.

A orientação a serviços, além de unificar a lógica nos serviços, tem por objetivo o reuso dessas lógicas em situações múltiplas, o que implica a sua escalabilidade. Uma vez que há um custo elevado de recursos para a gerência e armazenamento de informações de estado, é notável que o desempenho desses serviços estará comprometida caso tais informações não sejam reduzidos ou deslocados para elementos externos, tais quais *middlewares* capacitados na gerência de dados de estado ou no uso de bancos de dados para esta finalidade. Entre os riscos associados estão no aumento da dependência e a redução do desempenho devido ao processamento e conversão dos dados, portanto a situação ideal é aquela em que exista uma menor quantidade possível desses dados para as funcionalidades desempenhadas pelo serviço.

2.1.2.7 Service Discoverability

Segundo a orientação a serviços, um ponto de decisão importante está na escolha entre utilizar um serviço disponível ou construí-lo para atender determinada demanda. Para que as soluções já existentes possam ser encontradas e suas capacidades sejam corretamente compreendidas e comparadas às de necessidade, requer-se o uso adequado da publicação de meta dados sobre esses serviços e mecanismos eficientes para localiza-los. Trata-se, portanto, do foco do princípio de descobrimento de serviços.

Duas atividades centrais são endereçadas por esse princípio: o descobrimento e a interpretação das informações descobertas. A primeira é considerada uma das grandes mudanças trazidas pelo SOC, e antes mesmo do surgimento da Arquitetura Orientada a Serviços, as primeiras versões de *Web services* já operavam com a especificação de registro UDDI. A segunda pode envolver o caso da interpretação feita por humanos, responsáveis por analisar os meta dados e decidirem pela adoção ou não dos serviços descobertos, ou, naquilo que faz parte de uma ciência nova e expansão, a web semântica, a interpretação feita por máquinas, que permite a automação da seleção de serviços baseando-se em parâmetros formatados e inteligíveis a algoritmos, possibilidade essa que se cumprida despontará como um grande salto nas operações com serviços.

Para o bom funcionamento dessas atividades, definiu-se características para o projeto e orientações para a elaboração das meta informações sobre os serviços e seus contratos. Os riscos relacionados ao mau uso

dessas informações e registros está no isolamento de soluções lógicas e consequentemente no construção desnecessária e redundante de outros serviços.

2.1.2.8 Service Composability

O simples surgimento de unidades lógicas interoperáveis, que possibilitam o uso de incontáveis linguagens e implementações e que proporcionam o reuso dessas por meio de abordagens agnósticas e que visam atender diferentes casos de uso já é, por si, um diferencial do paradigma de orientação a serviços. No entanto, nota-se que a construção de aplicações por meio da composição de serviços consiste no cenário ideal e maior desse paradigma, pois é nele que muitos dos objetivos e benefícios já citados se realizam.

A composição de soluções já era praticada em diversos casos e não é, somente, a novidade apresentada, mas sim o modo como essa é feita. Por meio do desacoplamento e da adoção de um projeto que favorece o reuso, tais soluções poderiam ser arranjadas e rearranjadas com a flexibilidade necessária para atender às mudanças do negócio atendido, portanto elevando o potencial do retorno ao investimento feito em cada serviço. Além disso, reforça-se a liberdade para o acréscimo de novas unidades que já adotem tecnologias mais atuais sem a perda da interoperabilidade com aquelas existentes.

Esses seriam alguns dos benefícios estipulados pela composição de serviços tal qual definidos pelos princípios de projeto abordados. Contudo, este cenário ideal encontra dificuldades para se tornar realidade, uma vez que envolve a transformação de sistemas legados e toda a prática e arquitetura usada pelas equipes responsáveis pela TI de organizações. Visando auxiliar a passagem para esse paradigma de forma gradual e com maiores chances de sucesso, definiu-se o SOA, arquitetura que abrange desde a estruturação dos quadros de recursos humanos até as práticas utilizadas para a sua governança, dando ênfase à construção e gestão de inventário de serviços de acordo com a necessidade e capacidade dessas organizações.

2.1.3 Service Oriented Architecture

Os princípios encontrados no projeto orientado a serviços são aqueles adotados pela Arquitetura Orientada a Objetos. Dado seu peso e complexidade, a aplicação escalonável desses à realidade de cada organização se faz necessária de modo a evitar um colapso da estrutura existente devido aos altos custos envolvidos em sua adoção e à necessidade de uma profunda reestruturação da TI como um todo.

Para guiar o processo de adoção desse paradigma, criou-se uma arquitetura, o SOA, que define uma série de processos, papéis, regras, modelos e camadas, entre outros componentes da arquitetura, visando uma

passagem menos ruidosa, mais sistemática e escalonada para o SOC. Dada sua abrangência, complexidade e unanimidade entre arquiteturas que contemplam esse paradigma, o SOA é protagonista no avanço do SOC, tendo seu conceito se difundido de forma mais ampla que o primeiro, haja vista que recebeu grande atenção do meio acadêmico, além de ter sido um produto de destaque para grandes vendedores da indústria de TI. Entretanto, os mesmos agentes responsáveis pela comercialização de SOA, também contribuíram para a vulgarização do termo, ao ponto do mesmo ter se tornado ambíguo e com significados diversos, fundindo-se aos conceitos e princípios de orientação a serviços. Um esforço foi feito visando estabelecer um significado único e distinto para a arquitetura, conhecido por *SOA Manifesto*. Entre as prioridades do SOA apontada pelo manifesto estão:

- O valor de negócio sobre a estratégia técnica adotada.
- Os objetivos estratégicos sobre os benefícios específicos de projeto
- A interoperabilidade intrínseca sobre as integrações customizadas
- Os serviços compartilhados sobre implementações com propósito específico
- A flexibilidade sobre otimização e o refinamento evolutivo sobre a perfeição inicial. [14]

Na prática, o principal objetivo do SOA será o de gerenciar a elaboração, criação, implementação, divulgação, composição e evolução das peças fundamentais do paradigma em questão, isto é, os serviços e suas agremiações em inventários que respondam às necessidades do negócio atendido pela TI da organização.

Uma organização que venha a adotar o SOA estará, de antemão, adotando em determinada medida os princípios da orientação a serviço. Caberá a essa arquitetura, contudo, possibilitar o aumento gradativo da incorporação desses até um nível ótimo e benéfico. Um possível motivo para a falência da transição a essa arquitetura em algumas organizações pode estar na incorporação impulsiva e desordenada de tecnologias e produtos relacionados com intuito de cumprir premissas e benefícios que são mais simples de serem alcançados em promessas de vendas que através da prática. Além disso, nota-se que o próprio modelo arquitetural possui complexidade suficiente para que seja absorvido em etapas e não como uma substituição radical daquilo que já existe. Por isso fala-se na mensuração do nível de maturidade de SOA, havendo inclusive estados indesejáveis de lentidão e desvios e também aqueles que apontam o excesso e riscos da má transição à Arquitetura Orientada a Serviços. Não se trata, portanto, de somente comprar uma nova

tecnologia e coloca-la para funcionar e aguardar resultados, mas sim de uma mudança de paradigma que requer planejamento, análise de riscos e que passa necessariamente pela compreensão de suas finalidades.

2.2 QUALIDADE DE SERVIÇOS

Por qualidade de serviços ou QoS de um sistema entende-se seus atributos ou requisitos não funcionais. Ou seja, são aspectos que descrevem qualitativamente a maneira como funcionam, e não definições de como devem funcionar e que operações executar. É possível citar atributos comuns, tais quais o desempenho, a segurança, a disponibilidade, a manutibilidade e a escalabilidade. Com o amadurecimento e evolução da engenharia de software, tais aspectos de qualidade tornaram-se cruciais para a gerência de riscos e também de custos das aplicações, participando ativamente na definição da arquitetura dos sistemas e finalmente com peso comparável aos próprios requisitos funcionais ao passo que esses sistemas aumentam sua ligação com os processos de negócio.

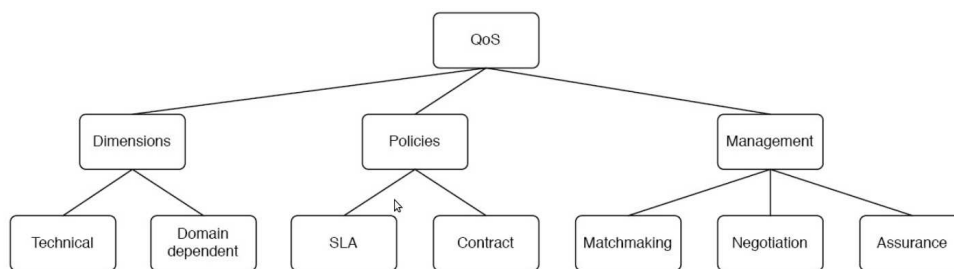


Figura 2.8: Aspectos importantes de QoS. Adaptação de [3]

Diversos autores se dedicam a definir modelos taxonômicos e métricas para atributos de QoS. Em específico, nos sistemas embasados no paradigma da orientação a serviços, existe um fator dificultante devido à configuração distribuída de seus componentes principais, os serviços, que se constituem de tecnologias diversas em sua implementação, o que resulta num ambiente heterogêneo a ser integrado respeitando tais premissas de qualidade. Com isso, alguns modelos de QoS propostos não se adaptam bem à nova realidade e outros foram definidos especificamente para o modelo SOC.

Alguns trabalhos apresentam uma categorização dos atributos de qualidade para uma melhor contextualização e abordagem dos mesmos. As categorias tem diferentes níveis de granularidade e representam perspectivas diversas, conforme listado em [4]. Esse mesmo artigo propõe um novo modelo que leva em conta a característica segmentada das partes envolvidas e interessadas no provimento e consumo de serviços. Segundo esse modelo, três grandes atores formam as categorias dos atributos de qualidade. São eles

os atributos de desenvolvedores, de consumidores e de provedores.

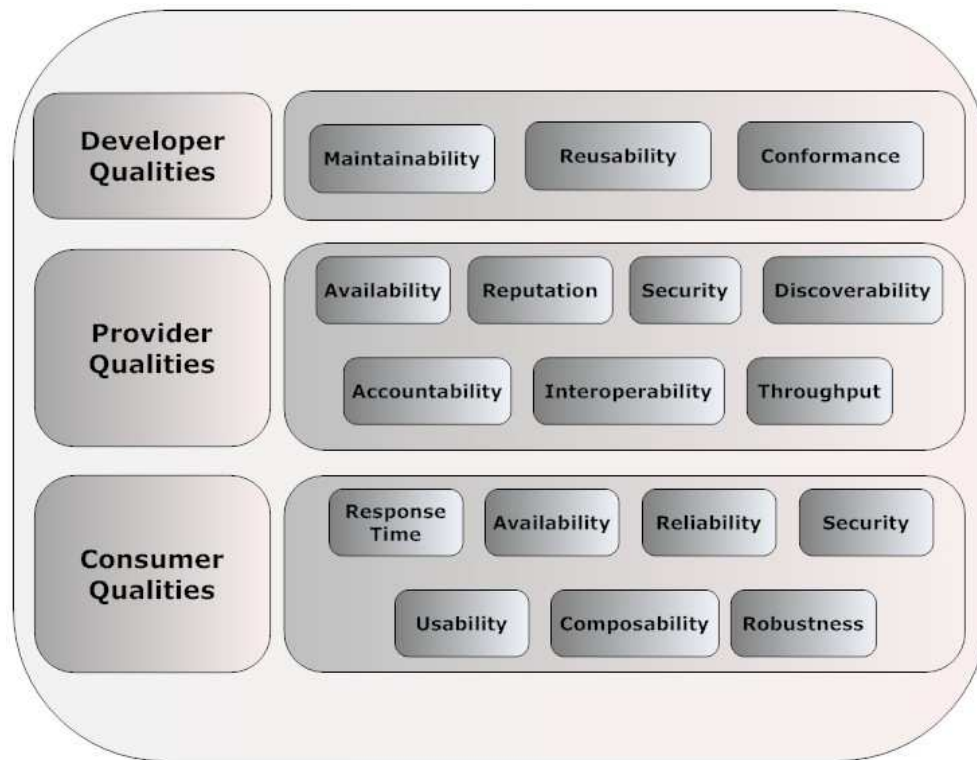


Figura 2.9: Principais atributos de QoS na visão de partes de *Stakeholders*. Adaptação de [4].

2.2.1 Desempenho

O desempenho é um atributo relacionado ao tempo. Encontra-se definida no tempo de resposta a uma requisição, na quantidade de requisições por unidade de tempo e na capacidade de atendê-las num período determinado [15]. Nesse sentido, o uso de serviços distribuídos acarreta prejuízos à desempenho inerentes à rede utilizada, além de processamento extra devido ao tratamento e encaminhamento das mensagens entre serviços, especialmente quando trata-se de formatos baseados em texto, como o XML, que possuem tamanho maior que sua representação binária. Também irá prejudicar o desempenho os recursos utilizados pelo processo de descobrimento e alocação de serviços nas situações em que esse processo não é pré-estabelecido.

2.2.2 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida pela capacidade de componentes de um sistema compartilharem informação e operarem de forma acordada[15]. Assim, mede-se a comunicação e o processamento de informações de maneira independente à fonte dos dados. Visto que o ambiente SOC pressupõe a criação

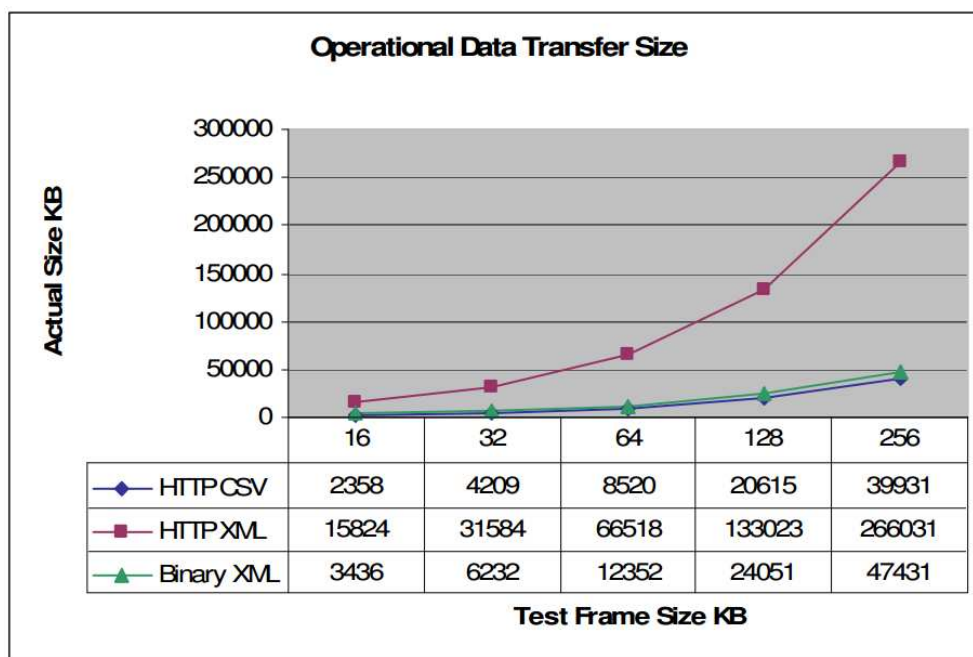


Figura 2.10: Serialização Binária vs. Serialização XML. Adaptação de [5]

de serviços e, especificamente em SOA, serviços implementados com diversas tecnologias sem prejuízo à intercomunicação, verifica-se que um dos principais benefícios trazidos por essa arquitetura é para a interoperabilidade. Ademais, protocolos já existentes, tal qual o SOAP, realizam a função de troca de informação de maneira interoperável, uma vez que o fazem de forma transparente às aplicações envolvidas. Por fim, o uso de especificações representa um desafio entre avanços para a interoperabilidade, dado que promovem a padronização, mas o uso de especificações incompatíveis ou a sua adesão parcial causará conflitos, comprometendo tal atributo.

2.2.3 Segurança

A segurança, como um atributo de qualidade de sistemas de informação, possui alguns princípios.

- A autenticidade trata da capacidade do sistema em identificar a autoria da informação enviada, ou da impossibilidade de que sua autoria seja negada, também conhecido por princípio da não repudição.
- A integridade irá resguardar a informação tal qual foi produzida, sem alterações, ou garantir que qualquer modificação feita seja detectável.
- A confidencialidade garante que somente atores ou entidades autorizadas tenham acesso às informações, mantendo-as em sigilo para os demais.

Também considere-se a disponibilidade, atributo descrito a seguir, como um requisito de segurança, visto que a segurança de certas operações necessitam da continuidade dos serviços.

É imediata a percepção de que a troca de informações entre as unidades lógicas do sistema pode acarretar sérios riscos à segurança, estando os esforços disponíveis para garanti-la limitados pela necessidade de se manter a interoperabilidade e o desempenho no ambiente SOC, já que requerem a adoção adicional de especificações, protocolos e consequentemente uma maior redundância de informação e processamento.

2.2.4 Disponibilidade ou *Availability*

A disponibilidade define o tempo em que o sistema estará operacional enquanto requisitado, portanto respondendo com sucesso a requisições. Tratando-se de serviços, cada um irá possuir uma disponibilidade que irá influenciar diretamente ou indiretamente a disponibilidade dos sistemas que dependem desses serviços, portanto o ambiente SOC possui o desafio de manter-se operacional diante de suas unidades com particularidades próprias. Como possíveis estratégias para mitigar os problemas causados por serviços inoperantes estão a replicação e o balanceamento de carga, além da troca do provedor do serviço. Nesse sentido, o monitoramento, a gerência e a seleção de serviços são processos importantes em SOC e sua automação um dos maiores desafios.

2.2.5 Confiabilidade

A confiabilidade é um atributo relacionado à disponibilidade e trata da capacidade do sistema em operar sem erros. Dessa forma, irá mensurar a frequência de erros ocorridos enquanto o sistema estiver disponível num período de tempo. Mais uma vez, no ambiente distribuído essa capacidade irá depender da confiança dos serviços em composição, mas também do transporte das informações. Portanto, um sistema SOC confiável deverá prezar pela confiança dos serviços e também do mecanismo para troca de mensagens.

2.2.6 Manutibilidade

Por manutibilidade entende-se o nível de esforço e custo necessário para realizar correções, modificações e evoluções num sistema. É um atributo diretamente ligado ao desenvolvimento das unidades lógicas e impacta indiretamente na disponibilidade dos serviços existentes e futuros, visto que o tempo de se efetuarem correções ou novas implementações será afetado [16]. É possível ainda encontrar referências a dois subtipos desse atributo, sendo esses a modificabilidade e a testabilidade. O primeiro segue a linha

geral que define a manutibilidade, e o segundo define em específico a capacidade de se operar testes nas soluções, seja para avaliação de desempenhos diversos ou pela capacidade em encontrar erros por meio do *debugging*.

2.2.7 Escalabilidade

A escalabilidade diz respeito à capacidade do sistema de suportar escalas crescentes de uso ou modificações sem tornar-se indisponível ou degradar outros aspectos de qualidade. Assim, um sistema será escalável se possibilitar o agregamento de mais usuários, via a escalabilidade de uso, ou de novas funcionalidades via a escalabilidade das funções do sistema.

A orientação a serviços dispõe da composição de serviços com possibilidade de adesão dinâmica e do rearranjo daqueles já existentes, privilegiando o modelo *stateless* que evita problemas relacionados ao gerenciamento da sessão e à propagação de contexto [15], com possível substituição ou melhoria de serviços por meio do escalonamento vertical e pela replicação de serviços por meio do escalonamento horizontal, fatores que aumentam a vazão e diminuem o tempo de resposta [17]. Assim, nota-se que os princípios de projeto do SOC, sobretudo quando expostos a uma Arquitetura Orientada a Serviços capaz de estruturar processos e recursos irão proporcionar um aumento da escalabilidade.

2.2.8 Custo

Por custo entende-se de forma direta as despesas de ordem financeira associadas ao uso e consumo dos serviços. Tal atributo é importante para a análise da viabilidade de sistemas orientados a serviços cuja composição tem como opção serviços pagos de terceiros e pode influenciar diretamente na escolha dos demais atributos, uma vez que qualidade e custo são diretamente proporcionais.

2.3 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE ESTUDOS

O mapeamento sistemático de estudos propõem uma abordagem que preza pela amplitude em detrimento da profundidade de análise. Com isso, é possível incluir um número mais significativo de publicações e um escopo de estudos mais amplo que aquele obtido pelo *Systematic Literature Review*, tendo esse último uma abordagem que difere-se pela maior precisão e riqueza de detalhes em sua classificação, podendo ser aplicado num possível trabalho futuro, cujo enfoque seriam subáreas de interesse identificadas

pelo primeiro processo de mapeamento aqui apresentado.

Um dos maiores revezes do SLR está no esforço considerável por ele requerido [6]. Dada a vastidão de tópicos abordados pela computação orientada a objetos, é factível supor que um trabalho de SLR se tornaria inviável devido ao elevado número de estudos publicados e um número reduzido de pessoal responsável por suas análises.

Um mapeamento de estudos é designado para prover uma ampla visão de determinada área de pesquisa, para verificar se indícios de pesquisa existem em determinados tópicos e prover indicações quantitativas dessas evidências. [18]. O MS segue um processo sistêmico que visa garantir um nível de qualidade adequado aos resultados obtidos. Algumas passos são diretamente herdados dos SLR, enquanto outros são adaptados para se garantir a viabilidade de seus objetivos. Cada passo do processo de mapeamento irá gerar um resultado, sendo o resultado final o mapeamento propriamente dito [6].

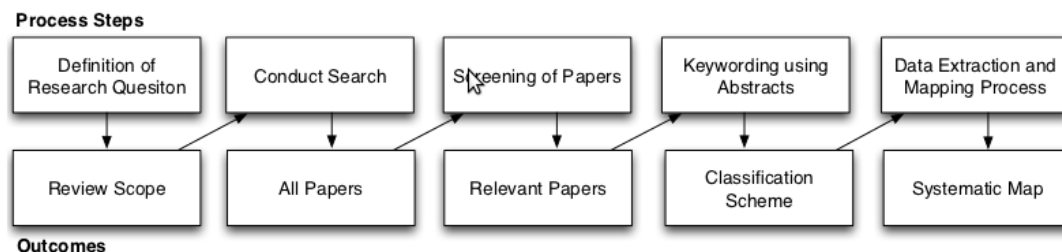


Figura 2.11: Processo para o mapeamento sistemático de estudos. Adaptação de [6]

2.3.1 Escolha das Perguntas de Pesquisa

As *research questions*, ou RQs, fundamentam a motivação para um mapeamento de estudos. São elas que irão guiar todo o processo consequente. Em sua elaboração é preciso ter em mente as características de abertura do escopo e de profundidade de um MS, de modo que as perguntas devem ter como objetivo respostas passíveis de serem encontradas por meio do tipo de análise efetuada num MS. Assim, questões relacionadas à frequência, à identificação dos centros de pesquisa, à identificação dos tópicos existentes ou que vem sendo pesquisados ou ao tipo de pesquisa são mais comuns. Ou seja, o foco das questões é menos estrito e envolve um número maior de publicações.

2.3.2 Pesquisa primária

A partir das RQs é possível elaborar termos que serão aplicados em sistemas de busca de publicações. Para tanto, a frase de busca deverá estar estruturada visando englobar todos os tópicos de interesse numa área, restringindo-os se necessária a determinados aspectos. O uso de operadores lógicos é indispensável para que se obtenha resultados mais precisos e que não deixem escapar publicações devido à diferença usada no emprego de palavras chave, havendo pequenas variações nos padrões de uso para cada sistema de busca. Também é interessante realizar testes que observem de maneira preliminar os resultados obtidos nas buscas para se preciso realizar modificações na *string* usada.

Uma abordagem metódica para a construção da *string* de busca consiste na definição de termos categorizados em população, intervenção, comparação e resultados, visto que a medicina é uma das áreas onde as Systematic Reviews são mais usadas. No entanto esse modelo pode também servir para definir os termos de busca em qualquer outra área por meio da abstração desses conceitos.

A população irá definir o objeto de interesse, ou seja, a área em que se deseja efetuar o mapeamento. Geralmente é necessária a inclusão de um ou mais termos que a representem na *string* de busca. A intervenção representa metodologias, procedimentos, arquiteturas, modelos, ferramentas, etc, que atuam numa determinada população. Em geral são criados termos de busca que associam os termos de população aos termos de intervenção por meio de operadores lógicos *E*, sendo sua variação ou composição com outras intervenções feitas com o operador lógico *OU*. A comparação define intervenções com as quais as primeiras serão comparadas ou pela comparação com a ausência de uma intervenção, ou seja, pelo não uso ou aplicação de uma intervenção ao seu uso ou aplicação. Por fim, os resultados são estados distribuem as submissões de interesse para a população após serem submetidos a uma ou mais intervenções. Por exemplo, pode-se medir se certos níveis qualitativos ou quantitativos foram atingidos para determinados aspectos [18].

2.3.3 Inclusão e Exclusão de Publicações

Como resultado da etapa anterior, espera-se obter um número elevado de publicações, estando uma parcela das mesmas fora do escopo do mapeamento. Deve-se então realizar a análise rápida dos resumos ou *abstracts* e dos demais metadados para embasar o processo de exclusão das publicações de acordo com critérios de inclusão e exclusão do MS.

A definição dos critérios de inclusão e exclusão deve prezar pela praticidade de sua análise. É possível

definir restrições quanto ao tipo de publicação, origem, quantidade mínima de páginas e principalmente verificando o comprometimento da pesquisa com o foco e escopo do mapeamento. Essa correspondência semântica pode ser checada entre as palavras chaves da publicação e no próprio resumo. Outra observação importante é para o fórum em que a publicação está disponível, uma vez que os sistemas de busca realizam distribuições por áreas e tópicos de pesquisa.

2.3.4 Definição de Categorias e Extração de Dados

Tendo definido as questões de pesquisa, é necessário identificar um esquema que será usado na classificação das publicações. Existem inúmeras possibilidades para a definição de facetas, ou *facets*. Dado o interesse comum em mapeamentos de estudo em obter dados sobre o estado das pesquisas, uma categorização que identifique o tipo ou tipos de pesquisa realizada em cada artigo, tal qual sugerido em [19]. Outra categorização possível e complementar está no tipo de contribuição dada, ou seja, identifica o foco da pesquisa em termos de modelo, processo, método, ferramenta ou métricas.

Para a definição de facetas relacionadas ao contexto das pesquisas, é possível que alguns tipos sejam determinados baseando-se nas RQs elaboradas para o mapeamento. Em [6] é proposto o procedimento de busca de palavras chaves nos resumos das publicações. Isso possibilita o agrupamento dessas palavras em categorias que podem ser inclusas entre aquelas relacionadas ao contexto. Considerando um número elevado de publicações, a busca, agrupamento e definição de categorias contextuais deve ser feito de modo iterativo, inclusive para reavaliar a inclusão dos termos já escolhidos de acordo com a evolução do cenário, conforme está ilustrado na Figura 2.12. Esse procedimento cíclico também se aplica às demais categorias definidas para o mapeamento.

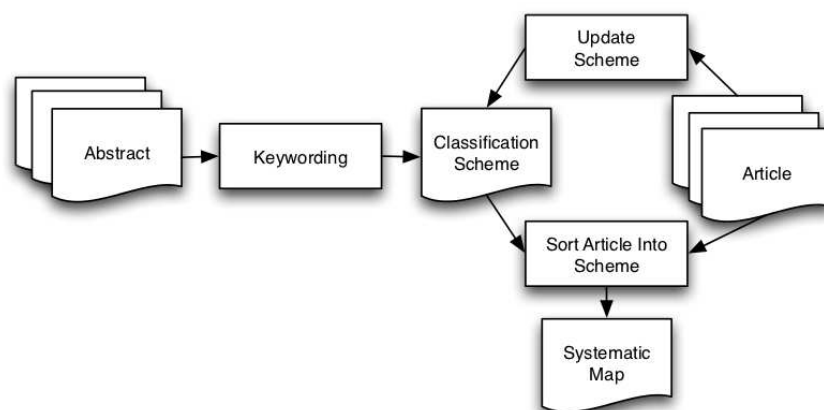


Figura 2.12: Busca iterativa de palavras chaves para categorização. Adaptação de [6]

Tal abordagem pode ser vista como dinâmica, uma vez que em paralelo à obtenção de palavras-chaves, o próprio conteúdo da pesquisa estará sendo analisado por meio de seu resumo e demais metadados. Assim, a extração dos dados que posicionam cada publicação em determinadas categorias ocorre junto ao aperfeiçoamento na definição das mesmas.

Durante a abordagem de cada publicação, é importante tomar notas explicativas justificando a classificação realizada em cada categoria. Isso auxilia tanto o responsável pela classificação quanto aqueles que posteriormente também passarem pela classificação da mesma publicação ou que servirem de revisores, reduzindo possíveis desvios. Para tanto, é indispensável o uso de ferramentas que organizem as informações colhidas e anotadas, de preferência com acesso gráfico e de boa usabilidade.

2.3.5 Mapeamento e Apresentação de Dados

Após obter os dados, o mapeamento prossegue com a apresentação dos mesmos por meio de gráficos. É preciso escolher um tipo de representação clara e que possa ilustrar os dados nas dimensões necessárias. Caso seja objetivo cruzar informações em três dimensões, o uso de *bubble plots* ou gráficos em bolhas permite diferenciar quantidades entre cada cruzamento das categorias definidas nos eixos x e y, ou seja, cada intersecção poderá ser dimensionada pelo tamanho da bolha que a representa. Dessa forma, esse tipo de gráfico serve bem ao propósito quantitativo do mapeamento de estudos que em geral relaciona frequência com duas ou mais categorias de classificação.

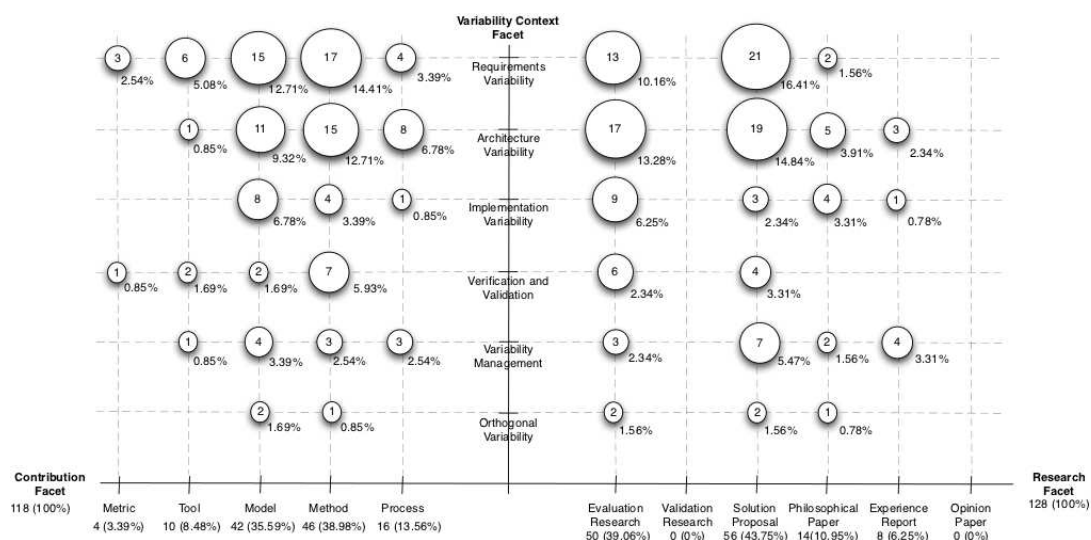


Figura 2.13: Exemplo de gráfico de *bubble plot*. Adaptação de [6]

3 ABORDAGEM

3.1 PESQUISA PRELIMINAR

Havendo definido que o foco de estudo desse trabalho estaria nos aspectos não funcionais ou de qualidade do Computação Orientada a Serviços, iniciou-se uma série de pesquisas preliminares com intuito de familiarizar os participantes das definições e conceitos a serem utilizados com maior frequência, assim como uma orientação capaz de dirigir alguns aspectos da elaboração do mapeamento de estudos.

Dessa forma, a leitura de jornais, artigos e materiais de conferências precedeu a o início das atividades previstas num mapeamento de estudos. Sobretudo fontes disponíveis pela internet, de maneira não restritiva quanto a sua reputação, serviram para fomentar informações a respeito da orientação a serviços, SOA, *Web services*, computação em nuvem, e demais tecnologias envolvidas.

Tal procedimento se mostrou útil, uma vez que o SOC, como já citado no capítulo anterior, representa um vasto aglomerado de conceitos, modelos, arquiteturas, tecnologias, especificações e ferramentas, de forma que a discussão sobre os tópicos que a envolvem por meio de reuniões e troca de mensagens eletrônicas formou uma base mais sólida para o início do presente trabalho.

3.2 PROTOCOLO

Um protocolo determina, entre outros, um método processual para a realização de determinado estudo. Tratando-se de um mapeamento sistemático de estudos, o protocolo irá firmar definições a serem seguidas durante o processo de mapeamento. Esse é a primeira atividade desenvolvida e seu artefato poderá ser atualizado posteriormente conforme a experiência adquirida durante o processo venha a exigir modificações.

3.2.1 Questões de Pesquisa

A primeira definição feita num protocolo se refere às questões de pesquisa ou *research questions*. Trata-se das questões que irão orientar o restante do mapeamento e estão diretamente relacionadas às motivações que levaram à sua execução. Além disso, dado que um MS visa principalmente prover uma visão panorâmica de uma área de pesquisa, associando dados quantitativos a categorias que determinam

tipo e resultados obtidos [6], tais aspectos também afetam diretamente a forma e conteúdo das questões de pesquisa.

Atendendo tais considerações, as seguintes RQ foram definidas:

- **RQ1: Quais tópicos da Computação Orientada a Serviços foram abordados com maior frequência?**

Esta primeira questão relaciona-se à necessidade de se conhecer quais temas receberam maior interesse científico, relacionando frequência de publicações com determinados temas, além de prover dados que poderão contribuir para a identificação de temas até então desconsiderados.

Dessa forma, a RQ1 irá trabalhar com dados não pré-definidos, seguindo o trabalho iterativo de identificação de palavras-chaves, agrupamento e classificação dos artigos, conforme apresentado em [6]. Tal procedimento dá característica orgânica ao mapeamento, uma vez que permite a reformulação dos temas assim como a adição de outros que, por motivos baseados na falta de uma visão completa sobre a área em questão, que até o momento encontra-se em constante processo de modificação e evolução, não foram anteriormente identificados.

- **RQ2: Quais os modelos arquiteturais mais frequentes e que modificações sofreram ao longo do tempo?**

A segunda questão visa identificar quais modelos arquiteturais, de forma ampla e sem uma definição estrita daquilo que possa vir a ser definido como um modelo arquitetural. Dessa forma dá-se a liberdade necessária para a definição espontânea de diversos casos que serão tratados durante a fase de análise dos dados obtidos.

Como principais modelos arquiteturais, definiu-se aqueles estabelecidos pelo SOA, pelo uso direto de *Web Services*, pelo uso da arquitetura REST, ou por modelos relacionados ao Cloud Computing. Outros... (é preciso decidir pela inclusão de outros modelos arquiteturais).

- **RQ3: Quais os métodos de pesquisa e contextos de contribuição ocorreram com maior frequência?**

A última questão tem por objetivo esclarecer aspectos metodológicos das pesquisas e identificar em quais contextos tais contribuições são mais frequentes. Tal questão está diretamente relacionada a categorias utilizadas para a classificação, sendo elas o **Tipo de Pesquisa**, e.g. validação, avaliação e solução,

o **Tipo de Contribuição**, e.g. modelo, método e ferramenta além do **Contexto**, e.g. SLA, desempenho, segurança, disponibilidade e confiança. Todas as categorias usadas serão apresentadas e descritas ainda neste capítulo.

Por meio dessa questão será possível determinar como os trabalhos de pesquisa relacionados ao SOC são executados, ou seja, quais abordagens científicas, qual teor da pesquisas e quais aspectos são tratados por elas. Essa identificação permite relacionar as frequências encontradas em cada categoria com o estado da ciência que vem sendo feita, informação que terá utilidade em diferentes perspectivas, seja na visão do pesquisador que deseja orientar seu esforço, seja na visão das partes interessadas no uso e provimento de soluções orientadas a serviço. Em suma, esses dados possibilitam uma definição aproximada do atual estado e da direção a ser tomada nos próximos anos pela Computação Orientada a Serviços.

3.2.2 Frase de Busca

A escolha dos termos de busca seguem os conceitos apresentados no Capítulo 2 de embasamento teórico. Assim, para a população do MS, definiu-se os termos, notavelmente na língua inglesa para contemplar os fóruns internacionais utilizados na busca: **Service Oriented Computing** e **SOC** representando tudo aquilo que engloba a orientação a serviços na computação, **Service Oriented Architecture** ou **SOA** para representar a arquitetura que melhor representa o paradigma, além do termo **Service Orientation** para incluir o próprio paradigma da orientação a serviços, com suas definições de projeto e princípios.

Como intervenção, escolheu-se os termos **Quality of Services** e **QoS**, haja vista que são termos unânimes e que representam com precisão o aspecto em foco no atual mapeamento de estudos, isto é, a qualidade. O objetivo aqui é incluir qualquer publicação que realize, avalie, valide ou trate de outras formas das intervenções nesse importante tópico da orientação a serviços. Conforme será mencionado com os critérios de exclusão, não foram inclusos no mapeamento as publicações que, mesmo dentro do escopo, somente representam a opinião pessoal de seus autores, denominados de *opinion papers* e definidos em [19].

Em relação aos termos de comparação e resultados esperados, os mesmos não foram utilizados na frase de busca utilizada. Isso deve-se à própria abordagem e objetivo do mapeamento sistemático de estudos que espera obter uma visão ampla e não específica das publicações, consequentemente não há intervenções a serem comparadas e nem determinados resultados para os estudos, o que restringiria demasiadamente a amostra de publicações analisadas e exigiria maior profundidade na leitura e extração de dados, caso esse apropriado e recorrente num trabalho de Systematic Literature Review, conforme já exposto no Capítulo 2.

Seguindo o padrão comum aos mecanismos de busca disponíveis na internet disponibilizados pelos fóruns eleitos a participarem como fonte desses recursos, a seguinte representação simplificada da frase de busca empregando operadores lógicos para relacionar os termos de população e intervenção está descrita abaixo.

```
("Service Oriented Computing" OR "SOC" OR "Service Oriented Architecture"  
OR "SOA" OR "Service orientation") AND ("Quality of Services" OR "QoS")
```

Percebe-se que os parênteses separam o primeiro grupo de termos que definem a população do segundo grupo de termos que definem a intervenção. O operador lógico *OR*, traduzido por OU, associa os termos do mesmo grupo de maneira a buscar resultados que contemplem ao menos um desses termos. O operador lógico *AND*, traduzido por E, exige a existência de pelo menos um termo de ambos os grupos, o que é satisfaz o foco deste mapeamento de estudos.

É importante notar que especificou-se, para cada mecanismo utilizado, a delimitação da área buscada dentro das publicações a somente o resumo ou *abstract* de cada publicação. Tal decisão visa aumentar a precisão da busca reduzindo os resultados indesejados, isto é, que não estão no escopo do mapeamento, uma vez que os termos de busca poderiam estar entre as seções internas que compõem o artigo, porém dificilmente seria empregada pelo resumo sem que o foco do artigo estivesse bem relacionado aos termos ali citados, dada a característica sintética desse espaço.

3.2.3 Definição dos Critérios de Inclusão e Exclusão

Para que a classificação obtida tenha a qualidade desejada, mantendo a coerência e reduzindo possíveis imprecisões, além de aumentar a eficiência do restante do processo como um todo, é importante que sejam definidos critérios para a inclusão de resultados, i.e., a manutenção daqueles que já foram obtidos nos resultados de busca e restrições para a adição de qualquer publicação proveniente de outros meios, e para a exclusão, ou seja, a remoção de publicações que constam como resultado das buscas efetuadas, porém não atendem a exigências tais quais escopo semântico, tipo de pesquisa, número de páginas, entre outras.

Como critérios de inclusão, definiu-se que:

- Seriam mantidas ou aceitas novas publicações em que o tema da qualidade de serviços ou aspectos não funcionais da Computação Orientada a Serviços constasse explicitamente e de maneira objetiva no resumo dos mesmos, sem que esses termos somente o integrem de forma pontual e não relacio-

nada a área central da pesquisa. A análise desse critério exige, em casos onde não há clareza somente por meio do resumo, a rápida checagem dos demais capítulos.

- Seriam mantidas ou aceitas novas publicações que se caracterizassem como um artigo, relatório técnico ou *gray literature*. Não foram inclusos livros. Nota-se que esta monografia utiliza o termo artigo como sinônimo de publicação, abrangendo, nesses casos, os demais tipos citados nesse critério de inclusão.

Para os critérios de exclusão, definiu-se que:

- Seriam excluídas ou não aceitas as publicações fora do domínio da ciência da computação.
- Seriam excluídos ou não aceitos os artigos que representem apenas opiniões sobre o tema por elas tratado, conforme definição em [19].
- Seriam excluídas ou não aceitas as publicações com somente resultados preliminares, e.g. artigos curtos ou *short paper*. Como regra prática e rápida para a verificação desse último requisito, foi usado o parâmetro o número de páginas, sendo excluídos aqueles artigos com cinco ou menos páginas.

Assim definidos, deu-se início à verificação dos mesmos em todos os registros existentes no banco de dados por meio da ferramenta de suporte, acessível de qualquer dispositivo com conexão à internet e embutido com navegador de páginas. Como tática para maior eficiência, dividiu-se a análise entre grupos de duas pessoas, ficando cada grupo responsável por uma quantidade igual de análises.

As publicações excluídas permanecem na base de dados possibilitando com que outros participantes possam reavaliar e, caso necessário, confrontar a decisão feita. As demais, isto é, aquelas incluídas para o mapeamento, são destacadas. Casos que gerem dúvidas em algum dos critérios podem ser discutidos em grupo para um melhor resultado. No entanto, dado o número elevado de análises a serem feitas, a maioria das análises feitas no presente estudo não foi executada com redundância.

3.2.4 Fóruns de Busca

Para que a qualidade de uma MS seja alcançada e imprecisões nos resultados obtidos sejam evitados e permaneçam num patamar mínimo, é essencial que se utilize fóruns de pesquisa apropriados. Isso significa que uma avaliação dos principais meios de publicação de artigos deverá identificar quais são os mais adotados para o registro de pesquisas relacionadas ao tema em questão.

3.2.4.1 Fóruns Principais

O IEEE, ou Institute of Electrical and Electronics Engineers é uma associação sem fins lucrativos que acolhe milhares de membros pelo mundo e *produz* 30% da literatura mundial nos campos da engenharia elétrica, eletrônica e em ciência da computação [?]. Por esse motivo e pela disposição de um mecanismo de busca online, tal fórum foi imediatamente considerado e eleito como fonte de pesquisas.

A partir da busca realizada, foram encontrados 597 resultados, os quais foram adicionados à nossa base de dados de publicações.

Outro grande e conhecido fórum é o ACM ou *Association for Computing Machinery*, considerada uma sociedade científica e educacional de computação de grande renome. Um número considerável de publicações são submetidas a esse fórum, que possui um mecanismo online próprio que permite a busca parametrizada. Assim, dada a convergência com a área de pesquisa mapeada e por se tratar de uma entidade de referência, o mesmo também foi eleito.

Com a busca realizada, foram encontrados

3.2.4.2 Mecanismos de Busca Adicionais

O Springer constitui uma companhia global de publicações. Apesar de ter o maior foco em livros, também inclui jornais e artigos científicos. Com base na busca preliminar com os termos definidos, encontrou-se um número relevante de resultados dos quais decidiu-se pela inclusão no mapeamento.

Por último, um outro mecanismo de busca, denominado ScienceDirect, foi selecionado para testes. Este também dispõe de grande quantidade de publicações de jornais, livros e trabalhos de referência e pertence ao grupo Elsevier, também reconhecido mundialmente. Uma pesquisa com os termos definidos para o mapeamento revelou quantidade significativa de resultados que foram também inclusos.

A seguir, uma lista dos endereços utilizados para acessar cada um dos mecanismos citados.

- IEEE: <http://ieeexplore.ieee.org>
- ACM: <http://dl.acm.org>
- Springer: <http://www.springerlink.com>
- ScienceDirect: <http://ieeexplore.ieee.org>

3.2.5 Desenvolvendo Aplicação de Suporte

Com um pouco de inspiração pelas possibilidades apresentadas pela computação distribuída, decidiu-se pela implementação de uma ferramenta capaz de auxiliar em procedimentos chaves do MS que poderiam ser desempenhados em grupo e que, visto o número elevado de publicações a serem trabalhadas, o uso do método convencional com planilhas não seria apropriado. Dessa forma pensou-se primeiro na forma de acesso à aplicação, e optou-se pelo uso de cliente magro, cujos benefícios já foram explanados no Capítulo 2. Além disso, adotou-se a instalação dessa aplicação num servidor da internet possibilitando acesso a todos os participantes, que se serviriam de navegadores para o seu uso.



#	Group	Forum	Title	Comments	Overview	Benefits	Limitations	Research	Contribution	Context	Actions
121	Group 3	IEEEExplore	Constraint-based routing in the internet: Basic principles and recent research								add edit view remove
122	Group 3	IEEEExplore	Context-Aware Multimedia Processing System in a Pervasive Environment								add edit view remove
123	Group 3	IEEEExplore	Continually Learning Optimal Allocations of Services to Tasks								add edit view remove
124	Group 3	IEEEExplore	Cooperative mixed strategy for service selection in service oriented architecture								add edit view remove
125	Group 3	IEEEExplore	Copyright page								add edit view remove
126	Group 3	IEEEExplore	CoS-based QoS management framework for grid services								add edit view remove
127	Group 3	IEEEExplore	Creating self-adaptive service systems with Dynoa								add edit view remove
128	Group 3	ACM Digital	Current status and future trend on CAD tools for VLSI testing								add edit view remove
129	Group 3	IEEEExplore	CxOWS: Context-aware Quality Semantic Web Service								add edit view remove
130	Group 3	ScienceDirect	Decentralized allocation of CPU computation power for web applications								add edit view remove
131	Group 3	IEEEExplore	Defining Dependable Dynamic Data-Driven Software Architectures								add edit view remove
132	Group 3	IEEEExplore	Dependability and Rollback Recovery for Composite Web Services								add edit view remove

Figura 3.1: Interface principal da ferramenta de suporte.

Entre as funcionalidades providas, está o registro e edição de publicações, a divisão por grupos com acesso restrito por senha, as interfaces para listagem das publicações por grupo ou por fórum de busca, um sistema de marcação por cores para determinar publicações que tenham sido excluídas do mapeamento, com a possibilidade de mante-las no banco de dados (controle do estado das publicações), o acesso aos meta dados dos artigos, e finalmente e mais importante, a interface que permite a análise e extração de dados de cada publicação, com campos de formulários apropriados e específicos para cada categoria, além de campos para a inserção de comentários pessoais do analisador para servir de subsídio às suas decisões de classificação.

Na prática foi possível observar a grande utilidade e aumento da eficiência resultantes do uso dessa ferramenta, fato confirmado por todos os participantes. Espera-se, dessa forma, que a contribuição feita no presente trabalho se estenda a outros trabalhos de mapeamento sistemático de estudos e revisão de literaturas em geral.

* Forum: IEEEEXPLORE [check paper](#)

* Title: Cooperative mixed strategy for service selection in service oriented architecture

* Abstract: In service oriented architecture (SOA), service brokers could find many service providers which offer same function with different quality of service (QoS). Under this condition, users may encounter difficulty to decide how to choose from the candidates to obtain optimal service quality. This paper tackles the service selection problem (SSP) of time-sensitive services using the theory of games creatively. Pure strategies proposed by current studies are proved to be improper to this problem because the decision conflicts among the users result in poor performance. A novel cooperative mixed strategy (CMS) with good computability is developed in this paper to solve such inconstant-sum non-cooperative n-person dynamic game. Unlike related researches, CMS offers users an optimized probability mass function instead of a deterministic decision to select a proper provider from the candidates. Therefore it is able to eliminate the fluctuation of queue length, and raise the overall performance of SOA significantly. Furthermore, the stability and equilibrium of CMS are proved by simulations.

Comments:

Overview:

Research Groups:

Architecture Models: ☐ SOA ☐ BPEL ☐ Cloud | ☐ Web Service ☐ REST ☐ Other

Other:

Research: ☐ Evaluation ☐ Solution ☐ Validation ☐ Philosophical ☐ Opinion ☐ Personal

Justification:

Figura 3.2: Parte da interface de edição e classificação de publicações.

3.2.6 Populamento de Dados com Web Crawler

Havendo encontrado um número em três dígitos de publicações a serem analisadas, demonstrou-se importante o uso de um mecanismo automatizado para compor a base de dados a ser analisada na fase seguinte do MS. Tendo como interface comum a todos mecanismos de busca sítios da internet acessíveis via HTTP, o uso de um *web crawler* mostrou-se eficaz para a tarefa de copiar os metadados de cada publicação, incluindo os resumos, para a base de dados da ferramenta que servirá de suporte para o trabalho de mapeamento e cuja descrição encontra-se no apêndice 1.

Um *web crawler* opera efetuando requisições HTTP para um servidor web, analisando o conteúdo recebido e, tratando-se de um documento HTML, irá buscar por links que apontem a outros endereços, sendo o número de links desde o primeiro um parâmetro configurável. Uma implementação adequada desse mecanismo pode justamente atender à necessidade de se recuperar informações de publicações acessíveis via internet e cadastra-las num banco de dados, sendo a URL inicial aquela formada a partir do primeiro resultado de busca com os termos definidos.

O resultado desse procedimento foi a inclusão automatizada de todos os resultados obtidos com o uso dos termos de população e intervenção como frase de busca. Tal abordagem contribuiu para a velocidade e amplitude do presente mapeamento de estudos.

3.2.7 Categorias de Classificação

As categorias escolhidas para a classificação dos estudos estão relacionadas às questões de pesquisa do mapeamento, sobretudo à questão de número dois. Relativas a essa, temos as seguintes opções de classificação:

– **Tipos de Pesquisa**, conforme definidos em [19]

- Artigo de Solução, que consiste numa proposta ainda desconhecida ou na extensão de uma solução já existente incorporando novos aspectos. Demonstra-se o potencial da solução por meio de um ou mais experimentos ou por uma linha de argumentos consistente.
- Artigo de Validação, que consiste na elaboração de experimentos formais e rigorosos para a validação de determinada solução antes proposta ou elaborada por terceiros e que ainda não tenham sido testadas na prática.
- Artigo de Avaliação, que se baseia na implementação de soluções já existentes para avaliar seu funcionamento na prática, trazendo informações sobre problemas e benefícios encontrados.
- Artigo Filosóficos, que tem a finalidade de estruturar uma área de conhecimentos em modelos taxonômicos ou conceituais.
- Artigo de Experiência, que está baseado na experiência pessoal do pesquisador na prática com determinada solução.

– **Tipos de Contribuição**

- Modelo, o que implica a elaboração, construção, alteração, evolução ou qualquer intervenção num determinado modelo, que inclui modelos arquiteturais, de referência, de processo, e outros tipos que modelam aspectos abstratos ou da realidade relacionados ao tema do mapeamento. São itens reutilizáveis, práticas consagradas pela indústria por meio de especificações.
- Métricas, que consistem em propriedades, atributos ou medidas para caracterizar determinado modelo em termos funcionais ou não funcionais. Em geral, as métricas são mensuráveis e servem para quantizar o estado de um sistema, porém há aquelas que não expressam quantidade, a menos que haja uma abstração por parte do modelo adotado que irá associar grandezas mensuráveis a determinados estados, por exemplo o atrelamento de parâmetros de segurança a níveis quantificados que poderiam determinar a segurança de um sistema por meio de números representativos.

- Método, que define de maneira mais abstrata uma técnica ou procedimento e que geralmente atravessam vários contextos, podendo seguir abordagens teóricas ou modelos.
 - Processo, que possui característica mais concreta a formaliza de maneira sequencial a implementação ou implantação de um modelo, técnica, procedimento ou passos específicos através de etapas.
 - Ferramenta, que tem o papel de auxiliar a execução e gerência de modelos, métodos e processos, entre outras atividades, podendo ou não automatiza-las.
- **Contextos**, conforme definidos no Capítulo 2
- SLA
 - Segurança
 - Desempenho
 - Disponibilidade
 - Confiabilidade
 - Modificabilidade
 - Testabilidade
 - Escalabilidade
 - Custo
 - Outros
- **Modelos Arquiteturais**, estando esses relacionados à segunda questão de pesquisa do mapeamento.
- SOA, para publicações que se referem à Arquitetura Orientada a Serviços de forma direta ou por meio de tecnologias associadas.
 - Cloud, para abranger pesquisas cujo foco está na arquitetura em nuvem, tópico mais recente e complementar ao SOA e bastante citado em publicações mais recentes.
 - *Web services*, no que se refere ao uso de protocolos como o SOAP e especificações diversas WS-*. Este tipo está entre os mais citados, sobretudo aquele definido em [10].
 - REST, para a classificação de pesquisas que tratem especificamente ou conjuntamente dessa arquitetura para serviços.
 - Outros, uma vez que diferentes modelos arquiteturais poderão ser identificados.

3.2.8 Extração de Dados

A passagem mais sensível de um mapeamento está na extração de dados que irão determinar a inclusão de cada publicação analisada em categorias correspondentes. Havendo terminado a inclusão e exclusão dos registros conforme os critérios mencionados, a mesma distribuição entre os participantes foi mantida com intuito de prover um reencontro entre analisador e publicação já avaliada, procedimento esse que aumenta a precisão da escolha feita e a eficiência da extração dos dados. Dessa forma, seguiu-se a etapa com o uso da ferramenta de suporte que proporciona ubiquidade e sincronia ao trabalho de extração, sendo possível visualizar a classificação feita por outros participantes, o que aumenta a troca de informações e alinha os critérios e conceitos utilizados entre os envolvidos.

4 RESULTADOS

Havendo constituído uma base de registos significativa, com exatas 351 publicações analisadas a partir de critérios de inclusão e exclusão, o que resultou num total de 204 aceites e classificadas. Tais números se referem àqueles atendidos por somente um grupo entre os participantes, sendo importante ressaltar o algoritmo adotado na divisão feita, que distribuiu sequencialmente e por ordem alfabética do título uma publicação para cada grupo até que todas as 1039 estivessem associadas a um dos três grupos cadastrados.

Assim, os seguintes resultados representam uma parte, mais precisamente um terço da amostra total. O tipo de distribuição feita permite com que dentro de cada subamostra pertencente aos grupos haja publicações em praticamente todos os tópicos, com uma desprezível variação dada a relação entre tópico abordado e título, além da grande quantidade de publicações contempladas. A intenção é de que haja a continuidade de análises até que o total da amostra principal aceite pelos critérios de inclusão tenha sido classificado, o que dará mais importância e robustez aos resultados obtidos pelo mapeamento de estudos.

Conforme descrito e justificado no Capítulos 2 e 3, os resultados estão dispostos em gráficos bolhas ou *bubble plots*. Para cada par de categorias de classificação, foi possível efetuar cruzamentos e apresentar a quantidade de publicações que se enquadram em ambas as categorias cruzadas por meio de círculos de tamanhos proporcionais às frequências obtidas. A seguir, esses gráficos são apresentados seguindo a ordem das questões de pesquisa contempladas.

4.1 TÓPICOS DE PESQUISA E MODELOS ARQUITETURAIS

4.1.1 Primeiro gráfico: frequências conjuntas de tópicos de pesquisa, modelos arquitetuais e contextos.

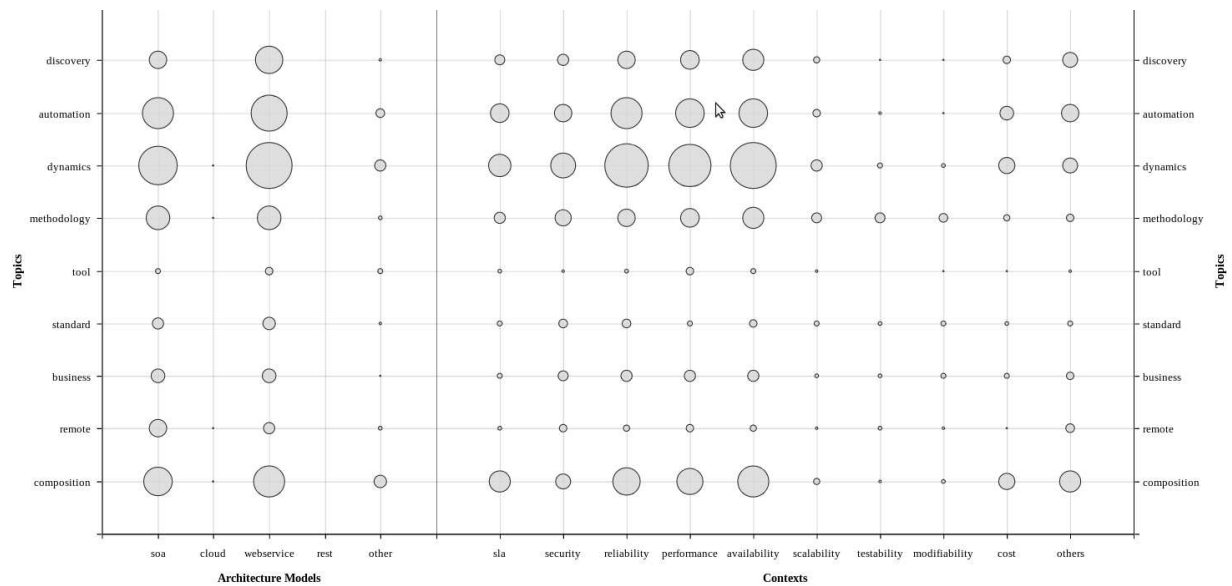


Figura 4.1: Tópicos de Pesquisa vs. Modelos Arquiteturais e Tópicos de Pesquisa vs. Contextos QoS e SLA

4.1.2 Segundo gráfico: frequências simples de tópicos de pesquisa.

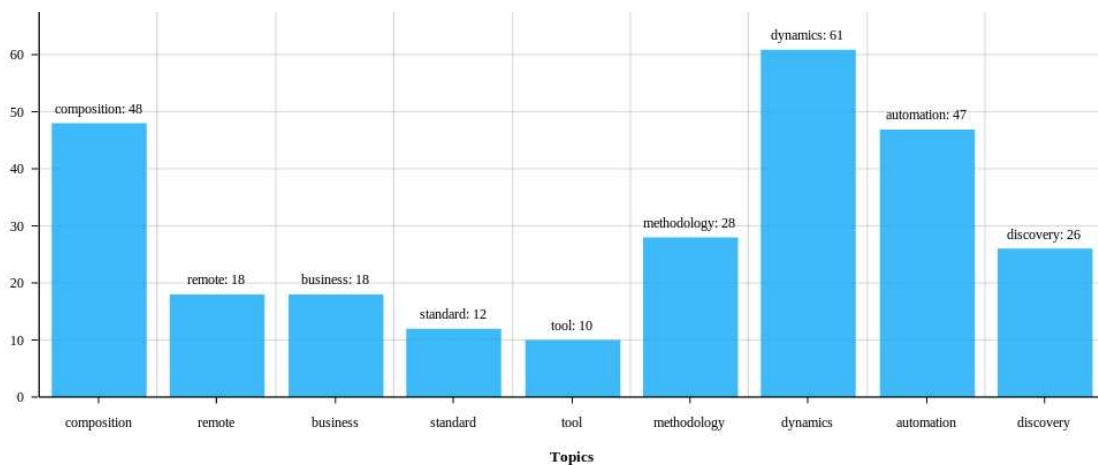


Figura 4.2: Tópicos de Pesquisa

4.1.3 Terceiro gráfico: frequências simples de modelos arquiteturais.

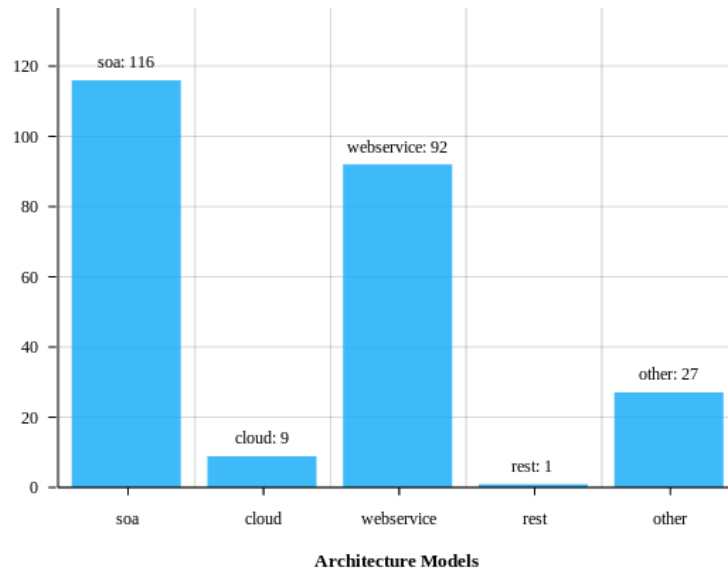


Figura 4.3: Modelos Arquiteturais

4.2 CONTEXTOS DE QUALIDADE DE SERVIÇOS E SLA

4.2.1 Primeiro gráfico: frequências conjuntas de contextos, tipos de pesquisa e tipos de contribuições.

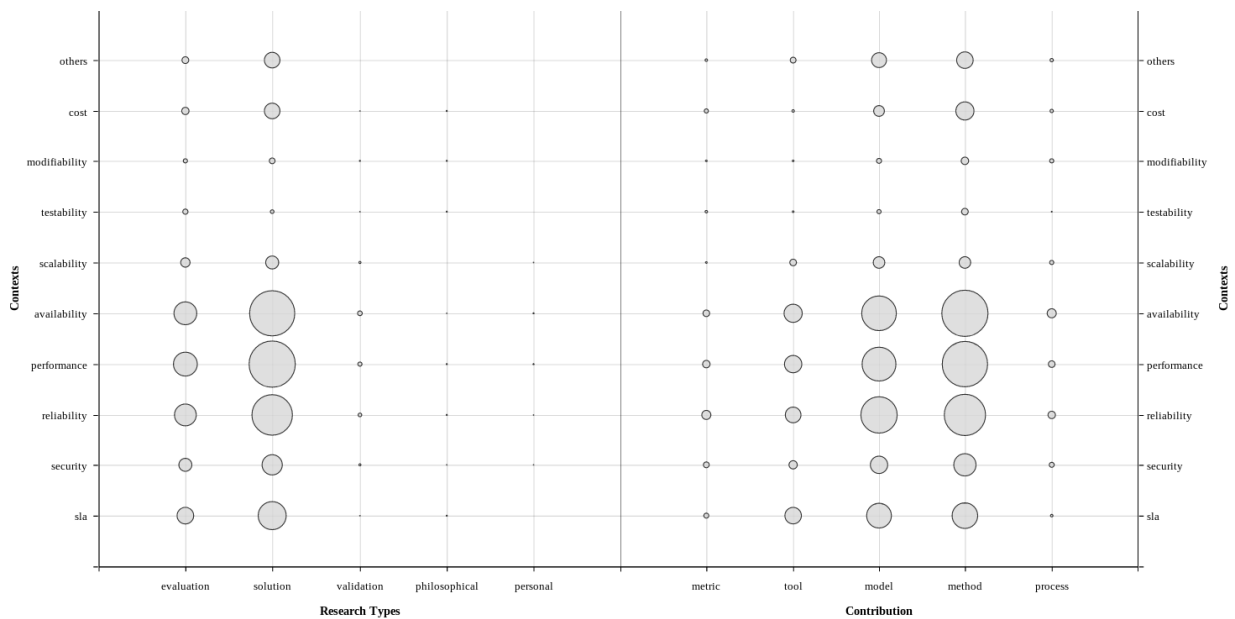


Figura 4.4: Contextos QoS e SLA vs. Tipos de Pesquisa e Contextos QoS e SLA vs. Tipos de Contribuição

4.2.2 Segundo gráfico: frequências simples de contextos.

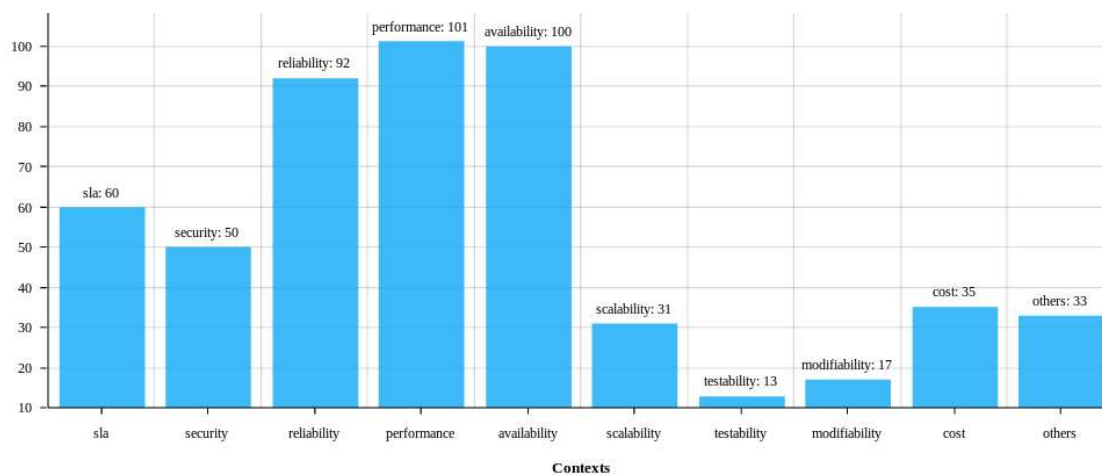


Figura 4.5: Atributos QoS e SLA

4.2.3 Terceiro gráfico: frequências simples de tipos de pesquisa.

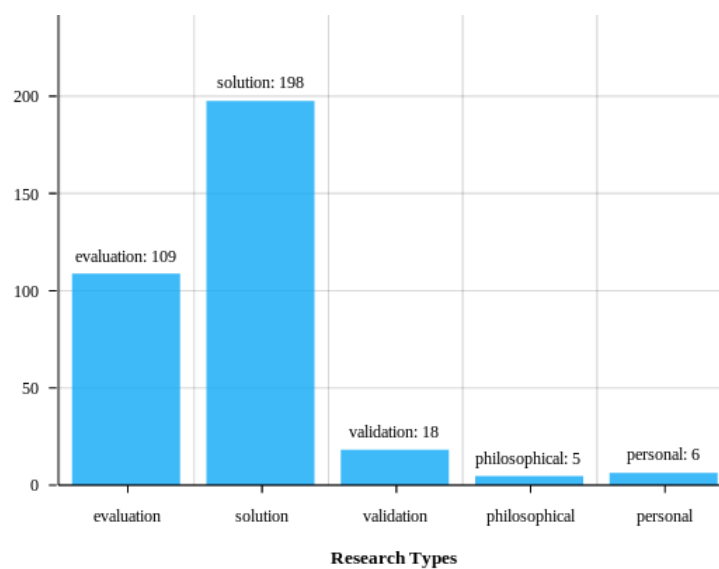


Figura 4.6: Tipos de Pesquisa

4.2.4 Quarto gráfico: frequências simples de tipos de contribuição ou intervenção.

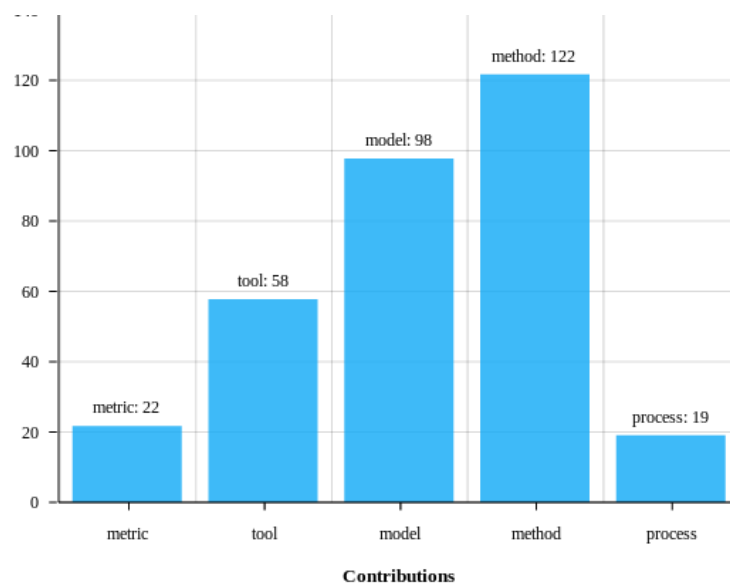


Figura 4.7: Tipos de Contribuição

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 TÓPICOS DE PESQUISA, QUESTÃO DE PESQUISA RQ1

- RQ1: **Quais tópicos da Computação Orientada a Serviços foram abordados com maior frequência?**

Para compreender o que indicam os resultados da classificação dos tópicos de pesquisa é preciso re-tornar a suas definições em [4]. O gráfico obtido na Figura 4.2 revela claramente a predominância de publicações relacionadas à dinâmica, à composição e à automação. No trabalho citado, o reuso e a composição são agrupados numa mesma categoria e também estão entre as mais identificadas. Esta evidência retrata a principal característica da orientação a serviços, que propõe o projeto de soluções abstratas, coesas e granulares que podem ser dispostas em diversas configurações, e que naturalmente um número significativo de pesquisa vem sendo feita para tratar das consequências positivas e negativas para os aspectos de qualidade. Em nosso trabalho, essa opção também inclui trabalhos que foquem na seleção de serviços com base em atributos QoS e na negociação por meio de contratos. Assim, o resultado demonstra a importância deste conjunto de atividades próprias de sistemas que fazem uso de serviços.

Já a dinâmica está associada ao monitoramento e à adaptação da disposição de serviços de acordo com requisitos de qualidade, o que inclui a troca de um serviço por outro em tempo de execução. Com isso, evidencia-se que o caráter dinâmico da orientação a serviços e tudo o que abrange é um tópico privilegiado por pesquisas, fato que reflete uma das grandes vantagens do paradigma, isto é, a flexibilidade e a possibilidade de alterações e melhorias em tempo de execução, porém também as consequências negativas, uma vez que o compartilhamento dos serviços e as variações na camada de transporte podem levar a instabilidades que devem ser prontamente atendidas e recuperadas de modo a garantir a dependabilidade desses sistemas.

A automação, conforme sugere o termo, se refere à transferência de responsabilidades de atores humanos para agentes computacionais capazes de cumprir tarefas variadas por meio de modelos e algoritmos. Dada a complexidade das arquiteturas propostas para o uso de serviços, uma nova gama de atividades com potencial para serem automatizadas surgiram junto ao SOC. Por exemplo, cita-se a seleção automática de serviços para uma composição cujos níveis de QoS resultantes sejam considerados e sirvam como parâmetros de entrada para as funções autômatas. Além disso, a automação do monitoramento e da reconfiguração por meio da troca ou ativação de serviços de contingência também consiste num caso comum abordado por

diversas publicações.

O descobrimento é um tópico que envolve a pesquisa por tecnologias de registro, publicação e localização de serviços. A mais conhecida, o UDDI, surgiu como parte do conjunto de tecnologias de *Web services*. Esta não permite originalmente a divulgação de atributos de qualidade nos serviços registrados, e muitas publicações propõe alternativas e extensões a esse sistema. Dado o potencial relacionado ao uso de serviços distribuídos internamente em organizações ou globalmente por meio da internet, um sistema de catálogo eficiente e que englobe aspectos de qualidade é uma demanda central do SOC. Os resultados obtidos comprovam esse fato.

O item remoto refere-se às mudanças impostas pelo cenário que integra o uso de serviços internos a serviços dispostos remotamente, em especial aqueles providos por terceiros e que trazem questões complexas de segurança e de garantia dos níveis de qualidade negociados. O percentual médio por ele obtido revela que, apesar de um considerável interesse nesse modelo de provisão e consumo de serviços, o cenário clássico em que os serviços são criados internamente representam por si desafios severos a serem atacados pelas pesquisas, porém é suficientemente alto para ser considerado um dos grandes tópicos de pesquisa.

Por negócios entende-se a abstração e integração da camada de serviços à camada de negócios, com a possibilidade de se modelar serviços diretamente dos requisitos de negócio, compondo-os para atender à *workflows* de execução. Estas publicações abrangem tecnologias como a linguagem BPEL e estão num patamar médio de frequência comparando-se ao item remoto. Isto justifica-se pelo grande interesse em se alinhar negócio à tecnologia da informação e, em seu estado mais elevado, permitir que administradores participem diretamente da composição de soluções que irão atender às demandas de negócio de organizações.

Em menor frequência estão as publicações que tratam diretamente de especificações existentes, seja realizando extensões ou principalmente por meio de avaliações e demonstrações de caso de uso. Como daquilo que é conhecido como *Web service stack* e agregadas pelo prefixo *WS-**, estas especificações e políticas são, a um tempo, o avanço e um dos maiores desafios para a interoperabilidade de serviços e seus sistemas, visto que podem viabilizar sua operação e cumprimento de níveis de qualidade, mas podem gerar incompatibilidades insolúveis conforme seu uso é feito sem as devidas conformidades entre as partes.

Os demais itens de ferramentas e metodologias não se sobrepõem àqueles encontrados nas categorias de tipos de contribuição, uma vez que se referem ao uso de novas ferramentas e de mudanças nas metodologias existentes de modo a atender às peculiaridades pertinentes da Computação Orientada a Serviços. Verifica-se, por meio do gráfico em questão, uma quantidade considerável de publicações cujos métodos propostos

são exclusivos ou próprios da orientação a serviços, tais quais o descobrimento de serviços, sua seleção e composição, a determinação da reputação de um provedor, entre outros. Para as novas ferramentas, evidencia-se que não há, até o momento, uma parcela significativa de publicações que obtenham como resultado ou que avaliem ferramentas de auxílio para a adoção e implementação de soluções em SOC. Uma relação direta ao tipo de contribuição ferramenta será feita posteriormente, justificando este fato em parte pela imaturidade dos métodos e modelos, que teriam prioridade de pesquisa antes do desenvolvimento de novas ferramentas.

Detalhes mais precisos sobre cada tópico poderão ser obtidos pelo cruzamento com outras facetas de classificação adiante.

5.2 MODELOS ARQUITETURAIS, QUESTÃO DE PESQUISA RQ2

- RQ2: **Quais os modelos arquiteturais mais frequentes e que modificações sofreram ao longo do tempo?**

A classificação de modelos arquiteturais considerou de maneira menos estrita alguns modelos conhecidos e de interesse para os objetivos desse mapeamento de estudos. Entre elas, o SOA, que é visto como a principal e mais completa arquitetura da orientação a serviços, e cuja popularidade superou e ofuscou os demais modelos e conceitos ao ponto de ter se tornado um termo incorretamente abrangente de todo o paradigma. Dado seu princípio de independência quanto às tecnologias utilizadas, também foram incorporados como categorias os tipo *Web services*, que representa não só o uso das tecnologias bases que o compõe mas também o conjunto de especificações que o acompanham, e também o tipo REST, que se refere ao modelo arquitetural de maior simplicidade uma vez que se baseia no uso da arquitetura já estabelecida pela internet juntamente a seus protocolos. Ademais, a opção computação em nuvem também foi inclusa para contemplar publicações que se refiram mais especificamente ao modelo da computação em nuvem, tema em voga na ciência e na indústria de TI e que poderia trazer informações significativas quanto à frequência de pesquisas que o abordam. Por fim, a opção outros permite com que modelos arquiteturais diversos pudessem ser contabilizados, principalmente nos casos em que não há referência direta ao uso de SOA, o que é enquadrado como uma abordagem para o SOC em geral.

Segundo a análise do gráfico disposto na Figura 4.3, a grande maioria das publicações se referem explicitamente ou de maneira muito clara por meio do cenário em que operam e das tecnologias utilizadas

ao SOA, contabilizando 47.37% das publicações analisadas. Isto revela a forte referência desta arquitetura entre as pesquisas, seja diretamente tratando de algum de seus aspectos e atividades, ou até mesmo estendendo este modelo para a inclusão de aspectos não funcionais, entre outros. Há, contudo, que se notar o efeito causado pela amplitude tomada indevidamente pelo termo, que muitas vezes se refere, de fato, ao SOC, e não àquilo que representa concretamente a Arquitetura Orientada a Serviços.

Em seguida e correlacionado ao resultado obtido pelo SOA, está a categoria *Web services*, com 37.65%. Aqui, a precisão das referências a esse modelo pode facilmente ser verificada pelas tecnologias envolvidas na pesquisa, que denunciam o uso da mesma e não uma proposta agnóstica. Além disso, sabe-se que os *Web services* surgiram antes mesmo das definições formais do SOC ou da criação do SOA, portanto seu legado é mais antigo e inclui um maior número de publicações. Por fim, nota-se que a maioria das publicações que se referem ao SOA também se referem a *Web services* e não a modelos arquiteturais como o REST. O resultado obtido demonstra que, apesar dos conhecidos problemas de desempenho do protocolo SOAP, diversos trabalhos vem sendo feito para evoluir as especificações WS-* e para propor e evoluir métodos e modelos que garantam a qualidade de serviços conjuntamente ao uso de *Web services*. O baixo percentual de 0.40% para a arquitetura REST indica que suas vantagens em termos de simplicidade e reuso dos padrões estabelecidos pela internet não foram suficientemente atrativos à pesquisa relacionada a qualidade de serviços. Isto deve-se, em parte, pela ausência de mecanismos e soluções destinadas à garantia de aspectos diversos de qualidade. Por exemplo, sabe-se que este modelo não faz uso de contratos, e que sua segurança é mantida pela camada de transportes, o que não resulta numa transação segura fim-a-fim, entre outras questões melhor apresentadas em [10]. Por fim, sendo a simplicidade o maior viés da arquitetura REST, é coerente que haja menos pesquisas enquadradas neste modelo, sobretudo tratando de aspectos que são naturalmente atacados pelo modelo proposto por *Web services*.

Poucas publicações foram classificadas na categoria computação em nuvem, sendo a justificativa evidente a esse resultado a perspectiva adotada como tema deste mapeamento de estudos. Essa, conforme já detalhado, foca nos serviços e na garantia de QoS em suas operações. O termo computação em nuvem pode ser desagregado segundo três variantes. O SaaS, ou *software as a service*, é quem relaciona-se diretamente com o tema classificado. Os demais, IaaS e PaaS, tratam de questões de plataforma e infraestrutura, que passam a ser distribuídas, compartilhadas e vendidas pela internet. Estas vertentes não foram consideradas na presente classificação. Com isso, dado que o SaaS representa melhor um modelo para a distribuição e comercialização de softwares como serviços, não há contribuições significativas em termos de tecnologias utilizadas e agregadas. De fato, o termo propõe uma mudança radical do ponto de vista da indústria de

softwares e irá aproveitar, na maior parte, as tecnologias já existentes para a disposição de aplicações na forma de serviços, por exemplo por meio do uso de *Web services* ou REST.

Por fim, o item outros modelos arquiteturais, que inclui trabalhos que abordam o SOC de maneira genérica, representam 10.93%. Uma vez que o termo SOA deixa de ser usado de forma genérica e que é melhor diferenciado os cenários que fazem ou não o uso da arquitetura de forma concreta, as publicações tendem a utilizar, quando apropriado e tratando-se de todo o paradigma, o termo SOC, indicando uma solução mais ampla para sistemas orientados a serviços. Esta mudança poderia ser verificada por uma análise da frequência dos dois termos comparadas ao ano das publicações. Ademais, é possível que a proposta do SOA tenha se estabilizado e que o desenvolvimento de novas pesquisas venham a tratar não da arquitetura em si, mas de atividades isoladas das quais faz uso sem necessariamente se limitarem ao cenário idealizado e arquitetado por ela.

5.3 MÉTODOS DE PESQUISA E TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO, QUESTÃO DE PESQUISA RQ3

- RQ3: **Quais os métodos de pesquisa e contextos de contribuição ocorreram com maior frequência?**

5.3.1 Métodos de Pesquisa

Uma classificação dos tipos de pesquisa visa enquadrar o estado geral da ciência praticada numa determinada área. Uma possível análise está na relação entre tipos de pesquisa com patamares de maturidade. Num cenário que concentra um grande número de publicações cuja contribuição é vista com maior grau de novidade, tal qual soluções para questões ainda não exploradas ou cujas alternativas possuem limitações ou tem desvantagens de complexidade e custo e portanto não foram bem aceitas, presume-se pela imaturidade da área ou indica que a mesma passa por modificações importantes nos tópicos a ela relacionados. Tal fato acentua-se quando o número dessas é consideravelmente maior que aquelas destinadas à avaliação ou validação de soluções já propostas, assim como aquelas destinadas a relatos de experiências adquiridas na prática. Ou seja, há uma abundância em pesquisas, porém poucas propostas são validadas ou trazem resultados já experienciados na prática. O mapeamento de estudos com foco na Computação Orientada a Serviços e seus aspectos não funcionais apresentado por este trabalho final de graduação apontou um cenário semelhante, conforme será analisado e argumentado a seguir.

De acordo com o gráfico da Figura 4.6, a maioria das publicações classificadas encontram-se entre os tipos solução e avaliação (55.56% e 55.56% respectivamente). Tal correlação entre os dois tipos ocorre pela frequência em que a viabilidade de uma solução proposta é avaliada com um exemplo simples de implementação ou experimento. A superioridade desses dois tipos em detrimento dos demais vai ao encontro da hipótese de imaturidade da área mapeada, e justifica-se pelo fato do escopo da mesma englobar grande parte do paradigma da orientação a serviços, que notavelmente ainda tem pela frente desafios, sobretudo quanto a seus aspectos não funcionais. Por uma ordem lógica da evolução de qualquer tecnologia, pode-se prever que as definições de padrões, arquiteturas, modelos e abordagens para o cumprimento dos requisitos operacionais de sistemas tem precedência aos requisitos não funcionais, uma vez que é impossível avaliar a qualidade de algo que ainda não pode operar. Assim, uma vez assentadas as questões funcionais das tecnologias envolvidas, o interesse de pesquisa volta-se à resolução e melhoria dos aspectos de qualidade. Não seria tarefa fácil ou precisa delimitar uma divisão de águas entre os enfoques funcionais e não funcionais para as pesquisas voltadas ao SOC. O que o presente mapeamento revela é que os problemas relacionados à garantia de qualidade nas operações dos serviços e nos resultados alcançados pelos negócios que os consomem ainda são abordados frequentemente com pesquisas que trabalham soluções e pequenas avaliações. Esta constatação é importante na medida em que denuncia a falta de modelos e métodos com validade comprovada em laboratório ou mesmo na prática uma vez escassos os trabalhos classificados como validação e de experiência pessoal. Este primeiro tipo, que requer o uso de procedimentos formais e apropriados para a simulação e obtenção de dados em ambientes controlados, obteve 5.28%, e o segundo tipo para os trabalhos que se referem à experiência pessoal no uso de soluções antes propostas e que assim poderiam atestar parcialmente a viabilidade real dessas soluções, obteve 1.67%. Portanto, a primeira grande conclusão deste mapeamento de estudos é que, visto de um alto nível, há imaturidade na ciência representada pelas pesquisas classificadas em prover soluções capazes garantir patamares de QoS de acordo com os requisitos de consumidores reais.

Por último e com 1.39%, as publicações que estruturam a área de conhecimento por meio de divisões conceituais e taxonômicas representam ainda um baixo percentual nas pesquisas, fato para o qual não foram encontradas justificativas apropriadas uma vez que o foco desse estudo é amplo o suficiente para englobar esse tipo de pesquisa. Uma hipótese está na interpretação dada às publicações que contribuem com modelos de QoS, visto que parte delas propõe taxonomias que dividem e agrupam os atributos de qualidade segundo perspectivas diversas e que poderiam ser consideradas nesse item mas permaneceram como solução somente. A discussão da interpretação dada com uma possível reavaliação poderia corrigir distorções, se confirmadas.

5.3.2 Tipos de Contribuição

Dado o amplo campo representado pelo SOC, espera-se a identificação de publicações em todos os tipos de contribuição disponíveis para classificação. Segundo os resultados obtidos, uma maioria das publicações oferece intervenções classificadas como modelo ou método, somando 27.58% e 34.54%, respectivamente. De acordo com os conceitos adotados, um método representa qualquer tipo de abordagem, procedimento, denotando um meio de se alcançar um estado ou resultado sobre o objeto de estudo. Denota-se, dessa forma, o como fazer, porém de um ponto de vista mais abstrato e que irá poder fazer uso de modelos, matemáticos ou não, em seu cumprimento. Assim, dentro do escopo abordado, tais contribuições são feitas pela proposta de novos métodos para monitoramento de atributos, para seleção e composição de serviços de acordo com esses atributos, para o cálculo dos mesmos em *workflows* ou como visão global de um sistema com soluções orientadas a serviço. Ademais, o próprio objeto é fonte de constante discussão e recebe, por meio da elaboração de modelos taxonômicos que definem os atributos de qualidade por diversos pontos de vista e segundo variadas estruturas de conceitos, o foco de um número considerável de artigos. A isto ainda se somam as contribuições de modelos arquiteturais, de modelos de melhor garantia dos atributos de qualidade, ou mesmo para a reconfiguração do sistema uma vez identificada a violação dessas garantias, entre diversos outros modelos propostos e apresentados. Tais considerações se enquadram na categoria modelo e refletem os resultados obtidos, que demonstram a predominância de métodos e modelos entre as publicações avaliadas.

Os tipos ferramentas e métricas obtiveram as frequências de 16.16% e 6.13%. As publicações que propõem novas ferramentas ou que as avaliam tem ainda moderada relevância de ocorrências. Uma hipótese segue a linha do nível de maturidade atingido pela ciência dentro do escopo classificado, dado que uma ferramenta terá maior utilidade se incorporar entre suas funcionalidades métodos e modelos bem definidos, testados e aceitos. Ou seja, as ferramentas estariam mais presentes em fases posteriores àquelas em que soluções e avaliações estão concentradas sobre modelos e métodos. A respeito das métricas, sugere-se um possível problema na classificação proposta, uma vez que o tema abordado deveria, por natureza, apresentar uma quantidade relevante de pesquisas cujas contribuições estivessem relacionadas às métricas para a mensuração dos atributos de qualidade. Uma rápida vistoria dos artigos classificados que, segundo seus metadados, definem modelos de QoS, poderia de fato reclassificados no tipo métricas, sem deixar, contudo, de serem modelos propriamente ditos. Cabe, nesse caso, uma discussão acerca dos resultados, do procedimento adotado, e da necessidade de uma reavaliação das publicações classificadas nesses dois tipos. Em contrapartida, essa não deve ser a única visão disposta sobre a questão. Sabe-se que a avaliação

dos aspectos não funcionais tem base sólida em outras áreas e muitos são incorporados pela orientação a serviços. É factível a existência de publicações em que um modelo de atributos de QoS é proposto sem que haja contribuição para as métricas por ele utilizadas, que podem ter sido importadas de outros estudos ou definições. Por outro lado, dado as características peculiares do SOC e do cenário em que opera, há a evidente necessidade de se incorporar novos atributos segundo diferentes dimensões e perspectivas, como ocorre nos casos em que a reputação de serviços externos é avaliada e irá conter métricas próprias tais quais a confiança, a experiência e a quantidade de usuários atendidos.

Por último, a baixa frequência de 5.29% das contribuições do tipo processo está associada ao conceito por ele empregado, uma vez que se refere à descrição detalhada de passos concretos para se realizar uma dada etapa ou procedimento. Apesar da tênue divisão entre métodos e processos, este mapeamento adotou como conceito para o último o propósito de se alcançar, passo a passo, um resultado, o que pode incluir o uso de modelos e métodos estabelecidos. Assim, os processo tem uma visão menos *invasiva*, na medida em que não trabalham em detalhes de *como fazer*, mas sim *o que fazer* e em qual sequência. Esse tipo de pesquisa depende em parte, assim como as ferramentas, da consolidação do tema abordado. Tal estágio, como já mencionado, não teria sido atingido na questão de QoS em SOC, e processos não estariam disponíveis em maior quantidade, ou não representam conteúdo de maior interesse que aqueles representado por métodos e modelos.

5.3.3 Contextos QOS e SLA

A interpretação dos resultados apresentados pelo gráfico da Figura 4.5 pode ser feita com base na natureza dos atributos. É nítida a predominância das publicações que abordam desempenho e disponibilidade, além de confiabilidade. Tais atributos estão associados diretamente à dimensão temporal e representam fluxos ou taxas de eventos e podem ser mensurados por meio de fórmulas simples que utilizam valores de quantidade de dados, de requisições atendidas, de interrupções nas operações dos serviços e finalmente de erros por unidade de tempo, identificando, respectivamente, desempenho, disponibilidade e confiabilidade, todos atributos que também se aplicam a outros paradigmas e respectivos sistemas de software e que já possuem ampla herança em estudos de aspectos não funcionais. Mais uma razão para sua relevância no resultado obtido está na relação direta entre esses atributos e a parte envolvida de maior interesse, isto é, os consumidores de serviços. Mesmo sendo atributos cujo mal desempenho poderia afetar a reputação, o rendimento e consequentemente a viabilidade de um serviço, são atributos que refletem diretamente e com maior ímpeto na qualidade observada pelos consumidores, sendo a latência das requisições, a inoperância

do serviço e a ocorrência de erros situações que podem desestabilizar ou comprometer por completo um *workflow* em execução. Sabe-se que, no ambiente distribuído, problemas de desempenho, de transação não confiável e de quebra de conectividade devido a problemas da própria camada de transporte, ou seja, da rede utilizada. No mais, dentre as tecnologias de troca de mensagens, o SOAP é a mais utilizada e possui conhecidos problemas de desempenho devido ao formato textual proveniente do padrão XML adotado para a serialização dos dados e que supera o tamanho da representação binária correspondente numa proporção elevada, conforme descrito em [5].

Assim, não há até o momento unanimidade no que diz respeito ao uso de tecnologias que garantam um maior desempenho de sistemas distribuídos e que preservem sua interoperabilidade, a despeito da maturidade das tecnologias e padrões existentes e do surgimento de alternativas ao formato XML. A predominância das publicações que abordam tais temas, com um total de 34.83% ratifica este fato.

Outro ponto de vista que vem a justificar os resultados está na dependabilidade, termo já conhecido na computação e que veio a ganhar maior complexidade no ambiente distribuído proposto pelo SOC. A dependabilidade é um conceito sustentado principalmente pelo tripé confiabilidade, disponibilidade e segurança, que por si só é composta de vários outros atributos. Tal visão preza pelo funcionamento constante, previsível, correto e seguro das funcionalidades servidas. Também nesse conjunto de requisitos a Computação Orientada a Serviços sofre com questões ainda em aberto. Por exemplo, há muito a ser discutido no que tange a segurança, visto que os dados trafegam em redes internas ou na própria internet, o que pode ameaçar a integridade e o sigilo dos dados. Além disso, a possibilidade de contratar terceiros para o provimento de serviços contribui para o potencial do paradigma, mas acarreta problemas do tipo autenticação e identificação das partes envolvidas, entre outros. Assim, a predominância desses atributos é justificada e possuem a seguinte ordem percentual de frequências: disponibilidade com 34.48%, confiabilidade com 34.83% e segurança com 17.24%.

É importante notar que o atributo SLA não se refere a um atributo de qualidade per se, porém sim ao uso de contratos que definem, entre outros, os níveis de qualidade exigidos e as consequências para seu descumprimento. Em relação a esse atributo, os resultados demonstram um número considerável, com um total de 20.69% das publicações nele classificadas, significando que o foco de suas pesquisas faz referência direta ao uso desses contratos na negociação de aspectos não funcionais de serviços, o que inclui atividades de descoberta, seleção, composição, monitoramento e reconfiguração a situações de violação às restrições impostas, entre outras.

A escalabilidade, que representa a viabilidade e complexidade de um sistema em aumentar a vazão de

funcionalidades atendidas, seja pelo aumento da oferta disponível a um ou mais usuários ou pelo aumento do número de usuários em si, ou mesmo pelo incorporamento de mais funcionalidades ao sistema. Tal aspecto está mais associado ao provedor, que detém a responsabilidade sobre a implementação do serviço, porém é também um atributo de grande interesse aos consumidores, haja vista a necessidade de se comportar alterações sazonais de demanda aos negócios atendidos pelos serviços ou crescimentos futuros. Esse aspecto de qualidade foi referenciado por 10.69% dos trabalhos classificados, atestando sua importância nesse paradigma, uma vez que a escalabilidade é uma das premissas de maior valor agregado ao uso de SOC.

A modificabilidade e a testabilidade, ambos conceitos subentendidos ao atributo de manutibilidade, conforme o modelo proposto por [4], são considerados atributos diretamente ligados ao desenvolvimento de serviços. O primeiro, sobretudo se associado aos princípios de projeto da orientação a serviços, é naturalmente beneficiado pelo desacoplamento entre usuário e interface da implementação, o que possibilita a modificação e melhoria dessa última sem a quebra da ligação entre serviço e seus usuários, além de outros benefícios já citados no Capítulo 2. Portanto, a modificabilidade recebeu pouco enfoque entre as pesquisas analisadas, com apenas 4.83%. Em contraste, conforme anunciado em [15], a testabilidade dos sistemas dispostos em arquiteturas orientadas a serviço sofrem de problema consequentes ao ambiente distribuído e heterogêneo, onde o controle sobre o fluxo de execução é difícil de ser realizado e o acesso aos detalhes dos erros costuma ser restrito, fatores esses consequentes ao modelo caixa preta utilizado pelo projeto de serviços. Dessa forma, o modesto percentual desse atributo nos resultados, em torno de 5.86%, parece ser consequência do alto grau de dificuldade em abordar os desafios nele encontrados e, conforme a linha de raciocínio já seguida nesse trabalho, trata-se de um aspecto que dificilmente seria atendido com maior ênfase antes daqueles associados diretamente à percepção do consumidor de qualidade de serviço, ou dito de outra forma, há mais sentido em se atacar os entraves que inviabilizam o uso de serviços, como os problemas de desempenho e segurança, que garantir um ambiente ágil de desenvolvimento e correção de erros, por mais significativo que esses últimos possam ser para os resultados finais e até mesmo para a garantia de outros atributos, entre eles a melhoria da confiabilidade e sobretudo da disponibilidade. Não se trata, contudo, de uma conformidade à situação, mas sim um dado relevante que indica a carência de estudos direcionados a resolver e evoluir a testabilidade em sistemas que fazem uso de SOC.

O custo, que foi abordado por 12.07% das publicações, tem forte relação com o uso de serviços externos ou serviços de terceiros, cujo custo é estipulado de diversas formas. Dada a quantidade significativa de publicações que focam a seleção e composição de serviços levando em conta os atributos não funcionais,

muitas dessas adicionam o custo como limitante à escolha dos melhores serviços, o que justifica o alto percentual alcançado. Ademais, outras pesquisas abordam o fator custo sob perspectivas diversas, tal qual a análise de custos na composição, na garantia mínima de disponibilidade, etc. O viés econômico é próprio da natureza dos serviços em qualquer esfera, dentro ou fora da computação, fato que esclarece a consideração recebida por este atributo e que o eleva a fator determinante na decisão pelo uso de unidades lógicas providas por terceiros ou por soluções adquiridas ou desenvolvidas internamente pelas organizações. Mais que diminuir os custos da TI através do reuso de serviços próprios, o sucesso de um modelo de negócios que permita a venda desses serviços segundo o que se conhece hoje como *Software as a Service* pode ser a chave para a disseminação da Computação Orientada a Serviços e o consequente aumento da experiência prática, dos esforços e dos investimentos que resultariam num maior nível de aperfeiçoamento.

Por fim, uma opção adicional de classificação, representada pelo item *outros*, foi disposta para contemplar demais atributos de QoS. Como exemplo, a interoperabilidade, a usabilidade e a reputação dos serviços são classificadas nesse item. Ao todo, um percentual de 11.38% de publicações analisadas receberam essa identificação.

5.4 BUBBLE PLOTS

Como proposto e justificado em [6], este mapeamento faz uso de *bubble plots* para uma representação mais rica dos resultados obtidos pela classificação de publicações.

5.4.1 Tópicos, Tipos de Pesquisa e Contextos

O gráfico da Figura 4.1 analisa dois cruzamentos com as categorias de tópicos de pesquisa. Por ele é possível constatar algumas evidências.

Inicialmente, não há divergências entre a linearidade do gráfico de frequências dos modelos arquitetais e aquela obtida pelo seu cruzamento. Ou seja, nota-se que a divisão entre as publicações não foge às divisões de cada grupo de categorias em separado e somente representa sua junção sem trazer novas informações para análise.

Por sua vez, o cruzamento entre tópicos de pesquisa e contextos de QoS e SLA é mais suscetível à análise particular de alguns itens, que seguirão a ordem apresentada de contextos.

O SLA, por tratar-se de um contrato e considerando a inclusão da negociação de aspectos não funcio-

nais em sua negociação, está principalmente associado aos tópicos de descobrimento, quando esse é feito respeitando premissas de QoS dos usuários, de automação, devido ao grande potencial representado pela conversão de documentos contratuais da linguagem humana para a linguagem de máquinas, possibilitando assim a automação de diversas atividades que consideram as restrições contratuais impostas, de dinâmica, devido às possíveis alterações de QoS em tempo de execução e que deverão ser tratadas de acordo com o contrato estabelecido, e por fim de composição, visto que a criação de modelos e métodos para o cálculo da qualidade resultante em uma composição também considera os patamares exigidos em contrato.

A segurança, atributo vital para a adoção da orientação a serviços na prática, mostrou-se bem relacionada aos tópicos de dinâmica e automação, uma vez que várias propostas para o monitoramento e adaptação dos serviços e suas composições em tempo de execução consideram esse critério, o que acarreta sua identificação também na automação dessas atividades propostas conjuntamente ou em paralelo. Em seguida, relaciona-se também aos tópicos de metodologia, visto que os desafios propostos pelo SOC para este atributo estão entre os mais considerados e exigem abordagens inéditas. Por fim, frequências moderadas nos cruzamentos com os tópicos remoto, por tratar justamente de uma perspectiva cara e problemática do uso de serviços externos, de negócios, por envolver a abstração dos serviços e a adesão desse critério de qualidade na delicada integração com a camada de negócios, e por fim ao tópico padrões, uma vez existentes especificações que tratam diretamente da qualidade da segurança em ambientes SOC.

A confiabilidade, o desempenho e a disponibilidade, que estão entre os atributos mais pesquisados e cujos cruzamentos mais importantes ocorrem com o tópico de dinâmica, visto que esses aspectos mensuráveis representam a taxas que deverão ser acompanhadas em tempo de execução. Em seguida, também são considerados nas abordagens de automação e descobrimento, por motivos semelhantes aos indicados para a segurança. Por fim, também é visível a relação desses ao tópico de composição, uma vez que esses atributos são considerados em conjunto e dado que num sistema composto por serviços diversos torna-se complexa a tarefa de mensurados, representando assim um grande desafio para as pesquisas.

Em sequência, a escalabilidade tem maior relação com os tópicos de dinâmica, o que se traduz pela flexibilidade dos sistemas orientados a serviços poderem escalar a demanda atendida em tempo de execução seja através da substituição de serviços, o que consequentemente traz à tona o tópico de composição, ou pelo ajustamento da capacidade de um ou mais serviços, o que geralmente está também associado às infraestruturas orientadas a serviço e que não são tratadas por este mapeamento. Vale também destacar a relação entre esse atributo com a automação, uma vez que é tema frequente a adaptação automatizada das composições de forma a atender o aumento de demanda.

Ambos os atributos de modificabilidade e testabilidade estão bem relacionados ao tópico de novas metodologias. Isto se deve à peculiaridade do SOC no que diz respeito ao desacoplamento, que potencializa a modificabilidade desde que haja o uso de interfaces bem definidas, e pela complexidade já mencionada para a realização de testes no ambiente heterogêneo, distribuído e representado por unidades lógicas encapsuladas e não acessíveis, o que compromete este atributo.

O atributo custo tem evidente relação com os itens descobrimento, composição, dinâmica e automação justamente por ser amplamente considerado nas atividades abrangidas por estes tópicos, conforme já mencionado. Associa-se também às novas metodologias uma vez considerado inédito ou pouco explorado no passado o uso de serviços de terceiros em composições de serviços que resultarão em novas aplicações.

Agrupando atributos de qualidade não inclusos isoladamente, o campo *outros* não apresentou modificações consideráveis ao padrão já apresentado em atributos analisados anteriormente, exceto pelo fato de ter sido o único em que o tópico de composição obteve maior frequência, o que indica que aspectos como a reputação ou mesmo a extensão a qualquer tipo de atributo vem sendo consideradas na composição de serviços, o que se aplica também, conforme o gráfico, às atividades de descobrimento de serviços. Isto é viabilizado pelo uso de modelos de QoS que não são restritos a determinados aspectos, o que permite a inclusão de atributos específicos de cada cenário, por exemplo aqueles encontrados em serviços de vídeo.

5.4.2 Contextos, Tipos de Pesquisa e Tipos de Contribuição

O gráfico da Figura 4.4, por sua vez, permite verificar em quais contextos os tipos de pesquisa e de contribuição se manifestam.

A primeira análise é feita sobre os tipos de pesquisa em diversos contextos. É notável que os atributos de fluxo, e.g., desempenho, disponibilidade e confiabilidade não só superam os demais em número de soluções propostas e avaliadas, mas também no número de validações feitas, o que determina um maior avanço da ciência para a garantia desses parâmetros de qualidade. A segurança, por sua vez, foi abordada em menor frequência, porém também mantém a mesma proporção entre os tipos solução, avaliação e validação, o que indica que os aspectos de dependabilidade e desempenho possuem o maior grau de maturidade e podem já contar com soluções factíveis de serem utilizadas.

Entre os demais atributos nenhum possui número significativo de pesquisas do tipo validação, o que sugere um quadro ainda carente de soluções viáveis, aprovadas ou que possam ser utilizadas na prática, ou que o próprio modelo da Computação Orientada a Serviços já naturalmente aborde, como é o caso da

modificabilidade.

A segunda análise é efetuada sobre as relações entre contextos e tipos de contribuição. Aqui a predominância de métodos e modelos se repete como um padrão ponderado por cada atributo de qualidade sem desvios de linearidade para com as frequências obtidas na comparação simples entre os atributos. Assim, as pesquisas mais frequentes são aquelas que propõem métodos para intervirem em questões relacionadas à disponibilidade, desempenho e confiabilidade dos sistemas compostos por serviços.

6 CONCLUSÃO

6.1 CONCLUSÃO

A Computação Orientada a Serviço demonstrou ser um campo extenso e por vezes difícil de ser abordado, principalmente pela novidade que representa e a consequente falta de informações claras a seu respeito. Visando esclarecer tal paradigma no que se refere aos aspectos não funcionais ou de qualidade, foi proposto e executado um mapeamento sistemático de estudos que segue metodologia formal para a classificação de um número relevante de publicações de modo a responder às questões de pesquisa que motivam esta iniciativa.

Segundo os dados analisados, foi possível compreender numa visão de alto nível como diversos tópicos de pesquisa vem sendo pesquisados. Nesse ponto, observou-se que as questões relativas à dinâmica, à automação, ao descobrimento, seleção e composição de serviços estão entre os mais pesquisados. Notou-se também o uso de novas metodologias para contemplar características específicas do paradigma de orientação a serviços.

Também foram classificados em modelos arquiteturais, o que revelou a predominância de publicações com referência direta à arquitetura SOA e ao uso da tecnologia de Web services, combinação essa considerada a configuração clássica para a adoção de SOC. Por sua vez, não foram classificados em número considerável estudos que tratam da arquitetura REST ou do modelo arquitetural Cloud. Percebe-se, finalmente, que um número razoável de pesquisas realizam suas contribuições sem delimitar um tipo único de arquitetura e se referem à Computação Orientada a Serviços de forma genérica.

À respeito dos diversos aspectos não funcionais classificados, uma clara preferência pelos três atributos de fluxo - desempenho, disponibilidade e confiabilidade - e mais o atributo segurança representam os mais abordados. Assim, os atributos de dependabilidade são tidos como fatores de qualidade mais explorados pelas publicações. Já a testabilidade e a modificabilidade foram aqueles que menos estiveram identificados.

Ademais, o presente mapeamento de estudos traçou um perfil do tipo de pesquisa que vem sendo realizadas com maior frequência. Soube-se, por meio dos resultados, que as pesquisas do tipo solução e avaliação tiveram o maior enfoque nos últimos 10 a 11 anos. Isso é um dado importante na medida em que publicações do tipo validação tiveram frequência significativamente mais baixa, o que pode ser visto como um indício da imaturidade das soluções propostas e consequentemente do próprio paradigma no

que diz respeito à garantia de aspectos de qualidade, salvo os casos em que sua própria configuração já é um fator potencializante, como é o caso para os atributos de modificabilidade ou interoperacionalidade, em que os próprios princípios adotados pelo paradigma possibilita a criação de soluções modificáveis e interoperáveis.

Por fim, foram avaliados em diversas categorias os tipos de contribuição efetuadas pelas publicações. Observou-se através dos resultados a forte tendência de pesquisas que atuam sobre modelos e métodos, o que foi visto como fato natural e previsível para a pesquisa de um campo tecnológico e que passa ainda pela revisão e criação de novas metodologias e modelos capazes de mitigar problemas relativos à garantia de QoS em SOC.

Também é parte desse trabalho os gráficos do tipo *bubble plot* convencionais à metodologia de mapeamento de estudos. Por meio destes, análises mais complexas e localizadas puderam ser feitas, além de serem por si considerados resultados importantes do trabalho e que poderão servir de embasamento a outras pesquisas e estudos relacionados ao SOC, em especial aos aspectos não funcionais.

Em suma, este mapeamento de estudos foi capaz de esclarecer o paradigma da orientação a serviços numa perspectiva de alto nível e sem comprometer-se a detalhes mais específicos e que exigiriam análises minuciosas e profundas das publicações. Este, conforme explicado, seria um passo adiante e desempenhado por outras metodologias, em específico o Systematic Literature Review. A grande importância do mapeamento é servir como um mapa da região, indicando as grande áreas, as características de pesquisa e atributos por ela mais explorados. Além de orientar pesquisadores que iniciam seus trabalhos no campo da orientação a serviços, os resultados obtidos podem servir diretamente à pessoas interessadas ou envolvidas na área de TI, por exemplo os técnicos e administradores responsáveis pelas decisões estratégicas de empresas e organizações, principalmente pelo apelo visual e intuitivo de seus gráficos obtidos.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

O primeiro trabalho futuro a ser desenvolvido é a continuidade do atual mapeamento de estudos de modo a classificar toda a amostra disponível e já selecionada de pesquisas. Além disso, tomando como base este mapeamento piloto, ajustes aos procedimentos e interpretações dadas poderiam aumentar ainda mais a qualidade dos resultados. A adoção de novos critérios, por exemplo o uso de ponderação baseada no número de citações e ano de publicação poderia indicar resultados complementares àqueles obtidos, uma vez que consideram também o grau de repercussão e aceitação das pesquisas analisadas.

Além disso e visto que a ferramenta de suporte mostrou-se de grande utilidade, um esforço de desenvolvimento à parte visando a incorporação de novas funcionalidades poderá ser feito, aumentando o potencial e a eficiência de trabalhos de mapeamento e revisão literárias.

Por fim, conforme o objetivo deste estudo já apontou, o trabalho de mapeamento tem grande valor quando serve de passo inicial ao estudo mais focalizado de uma das áreas identificadas, sobretudo quando as informações obtidas indicam carências e desafios presentes. Portanto, considera-se a possibilidade de revisões sistemáticas da literatura com foco aprofundado a partir dos dados coletados no atual estudo e mantendo-se o uso da ferramenta de suporte e a experiência aqui adquirida.

REFERÊNCIAS

- [1] ERL, T. *SOA Principles of Service Design (The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2007. ISBN 0132344823.
- [2] BREIVOLD, H. P.; LARSSON, M. Component-based and service-oriented software engineering: Key concepts and principles. In: *Proceedings of the 33rd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2007. p. 13–20. ISBN 0-7695-2977-1. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1302497.1302990>>.
- [3] BENBERNOU IVONA BRANDIC, M. C. S. Survey of quality related aspects relevant for service-based applications. S-Cube, 2008.
- [4] BALFAGIH, Z.; HASSAN, M. Quality model for web services from multi-stakeholders' perspective. In: *Information Management and Engineering, 2009. ICIME '09. International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 287 –291.
- [5] AM HASSAN AE, H. Q. R. Investigating performance of xml web services in real-time business systems. *J Comput Sci Syst Biol* 2, p. 266–271, 2009.
- [6] PETERSEN, K. et al. Systematic mapping studies in software engineering. *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2007.
- [7] PAPAZOGLU, M. P.; HEUVEL, W.-J. Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues. *The VLDB Journal*, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, v. 16, p. 389–415, July 2007. ISSN 1066-8888. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00778-007-0044-3>>.
- [8] CRNKOVIC, I.; CHAUDRON, M.; LARSSON, S. Component-based development process and component lifecycle. In: *Proceedings of the International Conference on Software Engineering Advances*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2006. p. 44–. ISBN 0-7695-2703-5. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1193212.1193814>>.
- [9] PATIL, S. *Integration Approaches: Web Services vs Distributed Component Models PART II*. 2003. [Online; accessed 20-February-2012]. Disponível em: <<http://soa.sys-con.com/node/39754>>.
- [10] PAUTASSO, C.; ZIMMERMANN, O.; LEYMANN, F. Restful web services vs. "big" web services: making the right architectural decision. In: *Proceedings of the 17th international conference on World*

- Wide Web*. New York, NY, USA: ACM, 2008. (WWW '08), p. 805–814. ISBN 978-1-60558-085-2. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1367497.1367606>>.
- [11] JESTON, J.; NELIS, J. *Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations*. Butterworth-Heinemann, 2008. ISBN 9780750686563. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=QI9aaKRIPIsC>>.
- [12] POSSEL, J. *Accenture's History: The beginnings in the early 1950's*. January 2011. [Online; accessed 29-February-2012]. Disponível em: <<http://www.accenture-blogpodium.nl/about-accenture/accentures-history-the-beginnings-in-the-early-1950s/>>.
- [13] WHITE, S. A.; CORP, I. B. M. Process modeling notations and workflow patterns. *Business, Future Strategies Inc.*, v. 21, n. 1999, p. 1–25, 1999.
- [14] VARIOS. *Soa Manifesto*. 2012. [Online; accessed 12-December-2011]. Disponível em: <<http://www.soa-manifesto.org/>>.
- [15] O'BRIEN, L.; MERSON, P.; BASS, L. Quality attributes for service-oriented architectures. In: *Proceedings of the International Workshop on Systems Development in SOA Environments*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2007. (SDSOA '07), p. 3–. ISBN 0-7695-2960-7. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/SDSOA.2007.10>>.
- [16] CLEMENTS, P.; KAZMAN, R.; KLEIN, M. *Evaluating Software Architectures: Methods and Case Studies*. [S.l.]: Addison-Wesley, 2001. ISBN 978-0-201-70482-2.
- [17] ZIMMERMANN, O.; TOMLINSON, M.; PEUSER, S. *Perspectives on Web services*. Berlin [u.a.]: Springer, 2005. ISBN 3-540-00914-0.
- [18] KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Version*, v. 2, n. EBSE 2007-001, p. 2007?01, 2007.
- [19] WIERINGA, R. et al. Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion. *Requirements Engineering*, Springer London, v. 11, p. 102–107, 2006. ISSN 0947-3602. 10.1007/s00766-005-0021-6.

