



**XL CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO**  
**Artificialmente Humano ou Humanamente Artificial? Desafios para a Sociedade 5.0**  
16 a 20 de Novembro de 2020  
Cuiabá - MT

# 39° JAI

**Jornadas de Atualização em Informática**

**ORGANIZADORES**

Taisy Silva Weber  
Claudia Aparecida Martins  
Thiago Meirelles Ventura



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



ORGANIZADORES

TAISY SILVA WEBER (UFRGS)

CLAUDIA APARECIDA MARTINS (UFMT)

THIAGO MEIRELLES VENTURA (UFMT)

**39ª JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA (JAI 2020)**

Porto Alegre

Sociedade Brasileira de Computação – SBC

2020

# **39ª Jornada de Atualização em Informática (JAI)**

## **EDITORA**

Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

## **COORDENAÇÃO GERAL DO CSBC 2020**

Cristiano Maciel (UFMT)

Eunice Pereira dos Santos Nunes (UFMT)

## **COMISSÃO ORGANIZADORA**

Cristiane Koehler (UFMT)

Jeison Gomes dos Santos (UFMT)

Karen da Silva Figueiredo Medeiros Ribeiro (UFMT)

Nelcileno Virgilio de Souza Araújo (UFMT)

Thiago Meirelles Ventura (UFMT)

## **COORDENAÇÃO DA JAI**

Taisy Silva Weber (UFRGS)

Claudia Aparecida Martins (UFMT)

## **REALIZAÇÃO**

Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

## **ORGANIZAÇÃO**

Instituto de Computação (IC)

Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

## **COMITÊ DE PROGRAMA DA JAI 2020**

Claudia Aparecida Martins (UFMT)

Daniel Avila Vecchiato (UFMT)

Fabio Kon (USP)

Flávia Coimbra Delicato (UFF)

Flávio Rech Wagner (UFRGS)

José Carlos Maldonado (USP)

José Viterbo Filho (UFF)

Paulo de Figueiredo Pires (UFF)

Soraia Raupp Musse (PUCRS)

Taisy Silva Weber (UFRGS)

Thais Vasconcelos Batista (UFRN)

## **ORGANIZADORES**

Taisy Silva Weber

Claudia Aparecida Martins

Thiago Meirelles Ventura

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C749t Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (40 : 2020 : Cuiabá, MT)

39ª Jornada de Atualização em Informática (JAI) [recurso eletrônico] / XL Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 16-20 novembro 2020, Cuiabá, MT; organizadores Taisy Silva Weber, Claudia Aparecida Martins, Thiago Meirelles Ventura – Cuiabá, MT: Sociedade Brasileira de Computação, 2020.

179 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-87003-28-3

1. Computação – Brasil – Congressos. I. Weber, Taisy Silva. II. Martins, Claudia Aparecida. III. Ventura, Thiago Meirelles. IV. Título.

CDD 004.981

## SINOPSE

O livro da JAI compreende textos didáticos de pesquisadores da comunidade SBC, expoentes em suas áreas de atuação. A JAI oferece uma oportunidade inigualável para estudantes e profissionais de Informática atualizarem-se em temas atuais, conhecendo a visão de pesquisadores experientes. Em 2020, quatro cursos formaram a JAI. Cada um deles corresponde a um capítulo do livro. No primeiro capítulo, “Introdução à Modelagem de Processos de Negócio em BPMN 2.0 e à Automação em BPMS”, os autores, ambos da UFRGS, apresentam conceitos fundamentais de BPM. São descritos os elementos da Notação e Modelo de Processos de Negócio, incluindo qualidade em modelagem de processo. Também é discutida a automação de modelos em Sistemas de Gerenciamento de Processos de Negócio, transformação de modelos e tipos de BPMS existentes. No segundo capítulo, “Como Protocolos Inovadores são Criados e Adotados em Escala Mundial: Uma visão sobre o Internet Engineering Task Force (IETF) e a Infraestrutura da Internet”, os autores, da Mackenzie, UFRGS e Instituto Federal do Sertão Pernambucano, identificam as oportunidades multidisciplinares relacionadas à Internet Engineering Task Force no processo de criação ou melhoria de padrões na Internet. É abordada a organização de grupos de trabalhos e de pesquisa, que conduzem discussões que vão desde o Internet Protocol (IP) até o Things-to-Things (T2TRG) sobre Internet das Coisas (IoT). Já o terceiro capítulo trata de “Dados geoespaciais: Conceitos e técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e visualização” cujos autores, da UFMG e UFV, visam alinhar a teoria e a prática, apresentando os principais conceitos e técnicas associadas ao tratamento e manipulação de dados geoespaciais, o que inclui as fases de coleta, armazenamento, tratamento e visualização, com a utilização das principais ferramentas e bibliotecas disponíveis. No último capítulo, “Groupware 4.0: Avanços e Desafios da Computação Social”, as autoras da UNIRIO, UFBA, UFRJ e UFRRJ apresentam conceitos e tecnologias relacionados à Computação Social assim como os avanços e as oportunidades de pesquisa na área. As autoras introduzem também Groupware 4.0 como a evolução das tecnologias de colaboração conectadas às novas demandas de trabalho e aprendizagem em grupo. Os quatro capítulos deste livro apresentam fundamentos e ferramentas para a área de Informática, sendo uma obra especialmente produzida para pessoas que querem iniciar pesquisa ou atividades profissionais nas respectivas áreas abordadas e também para todos os aficionados por tecnologia que se propõem a acompanhar os acelerados avanços da Computação.

## **SINOPSE EM INGLÊS**

The JAI book comprises didactic texts produced by researchers from the SBC community, exponents in their areas of expertise. JAI offers an unparalleled opportunity for students and IT professionals to update themselves on current topics, knowing the vision of experienced researchers. In 2020, four courses have formed JAI. Each one corresponds to a chapter in the book. In the first chapter, "Introduction to Business Process Modeling in BPMN 2.0 and Automation in BPMS", the authors, both from UFRGS, present fundamental concepts of BPM. The elements of the Notation and Business Process Model are described, including quality in process modeling. The automation of models in Business Process Management Systems, and transformation of models and types of existing BPMS are also discussed. In the second chapter, "How Innovative Protocols are Created and Adopted on a World Scale: A View on the Internet Engineering Task Force (IETF) and Internet Infrastructure", the authors, from Mackenzie, UFRGS and the Federal Institute of Sertão Pernambucano, identify the multidisciplinary opportunities related to the Internet Engineering Task Force in the process of creating or improving standards on the Internet. It addresses the organization of groups, which lead discussions ranging from the Internet Protocol (IP) to Things-to-Things (T2TRG) over Internet of Things (IoT). The third chapter deals with "Geospatial data: Concepts and techniques for collection, storage, treatment and visualization" whose authors, from UFMG and UFV, aim to align theory and practice, presenting the main concepts and techniques associated with the manipulation of geospatial data, which includes the phases of collection, storage, treatment and visualization, using the main tools and libraries available. In the last chapter, "Groupware 4.0: Advances and Challenges of Social Computing", the authors of UNIRIO, UFBA, UFRJ and UFRRJ present concepts and technologies related to Social Computing as well as the advances and research opportunities in the area. The authors also introduce Groupware 4.0 as the evolution of collaboration technologies connected to new demands for work and group learning. The four chapters of this book present fundamentals and tools for the area of Informatics, being a text specially produced for people who want to start research or professional activities in these areas and also for all enthusiastic for technology who want to follow the accelerated advances of Computing.

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 - Introdução à Modelagem de Processos de Negócio em BPMN 2.0 e à Automação em BPMS</b>	<b>08</b>
Lucineia Heloisa Thom (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil) Diego Avila (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil)	
<b>Capítulo 2 - Como Protocolos Inovadores são Criados e Adotados em Escala Mundial: Uma visão sobre o Internet Engineering Task Force (IETF) e a Infraestrutura da Internet</b>	<b>48</b>
Juliao Braga (Mackenzie University - Brasil) Jeferson Campos Nobre (UFRGS - Brasil) Lisandro Zambenedetti Granville (Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil), Marcelo Santos (Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Brasil)	
<b>Capítulo 3 - Dados geoespaciais: Conceitos e técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e visualização</b>	<b>92</b>
Augusto Domingues (Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil) Fabrício Silva (Universidade Federal de Viçosa - Brasil), Leonardo Santos (Universidade Federal de Viçosa - Brasil) Raissa Souza (Universidade Federal de Viçosa - Brasil) Gabriel Coimbra (Universidade Federal de Viçosa - Brasil) Antonio Alfredo Ferreira Loureiro (UFMG – Brasil)	
<b>Capítulo 4 - Groupware 4.0: Avanços e Desafios da Computação Social</b>	<b>142</b>
Ana Cristina Bicharra Garcia (UNIRIO - Brasil) Vaninha Vieira (Universidade Federal da Bahia - Brasil) Adriana Vivacqua (DCC-IM/UFRJ - Brasil) Juliana França (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Brasil) Angelica Dias (UFRJ - Brasil)	

## Capítulo

# 1

## Introdução à Modelagem de Processos de Negócio em BPMN 2.0 e à Automação em BPMS

Lucineia Heloisa Thom, Diego Toralles Avila

### *Resumo*

*O gerenciamento de processos de negócio (Business Process Management - BPM) é uma disciplina que visa a redução de tempo, erros e redundância na execução dos processos, além de maior controle destes. O ciclo de vida de BPM inclui as fases de identificação, descoberta, análise, redesenho, implementação, monitoramento e controle de processos. Em particular, a fase de descoberta de processos é fundamental não apenas para a automatização, mas também para a documentação de processos cujo conhecimento está centrado principalmente naqueles que os executam. O presente capítulo introduz BPM, conceitos fundamentais da disciplina, assim como seu ciclo de vida. São descritos os elementos básicos e avançados da Notação e Modelo de Processos de Negócio (Business Process Model and Notation - BPMN 2.0), incluindo tópicos sobre qualidade em modelagem de processo. Também será discutida a automação de modelos de processo de negócio em Sistemas de Gerenciamento de Processos de Negócio (Business Process Management Systems - BPMS), com ênfase na arquitetura de BPMS, transformação de modelos ao nível conceitual para modelos de execução e tipos de BPMS existentes.*

### *Abstract*

*Business Process Management (BPM) aims to reduce time, errors and redundancy in the execution of processes, in addition to an increasing control of these. The BPM lifecycle includes phases for identifying, modeling, executing and monitoring processes. In particular, the process modeling phase is fundamental not only for automatization but also for the documentation of processes whose knowledge is centered mainly on those who execute them. This chapter introduces BPM, presenting the main concepts of the discipline as well as the BPM lifecycle. It also discusses the automation of business process models through Business Process Management Systems (BPMS), with emphasis in the architecture of the BPMS, the transformation of process models in executable models and the existing types of BPMS.*



## 1.1. Gerenciamento de Processos de Negócio

O Gerenciamento de Processos de Negócio (BPM - *Business Process Management*) é uma disciplina relacionada as áreas de computação, administração de empresas, engenharia de produção e sistemas de informação. BPM tem sido adotado gradativamente pelas organizações que objetivam maior documentação e melhoria de seus processos de negócio, além da automação destes [Dumas et al. 2018]. Através da sua aplicação, BPM torna os processos de negócio mais efetivos, eficientes e adaptáveis, o que, por sua vez, melhora a produtividade e reduz custos [Van Der Aalst 2013].

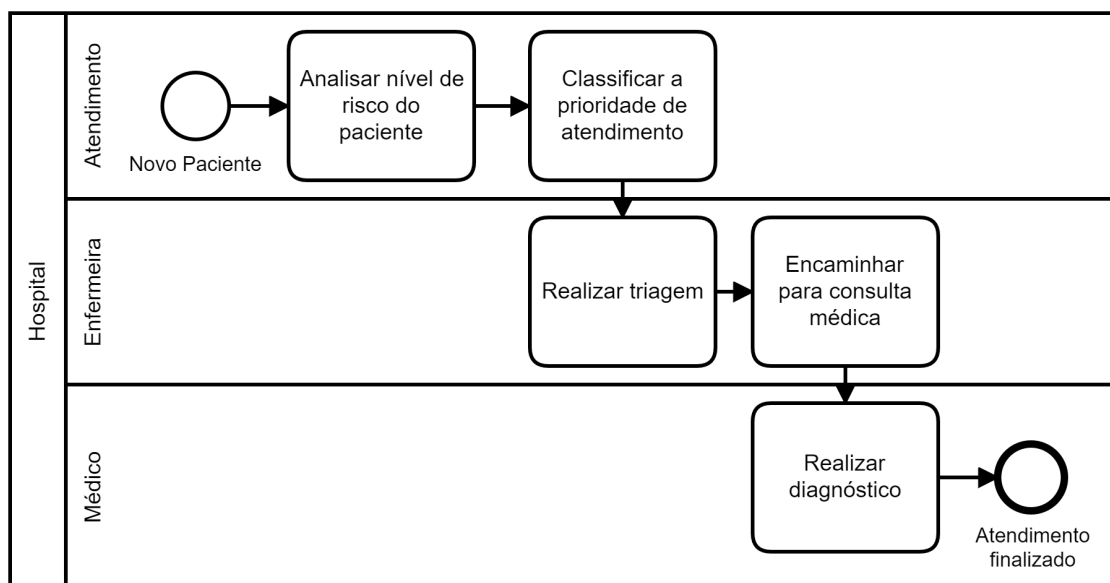
BPM é um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas para descoberta, análise, redesenho, execução e monitoramento de processos de negócio [Dumas et al. 2018]. Um processo de negócio é o trabalho que uma organização realiza quando ela manufatura os seus produtos ou oferece os seus serviços. A figura 1.1 apresenta um processo relacionado ao serviço de atendimento emergencial de um hospital. Neste contexto, o pronto-atendimento de um hospital analisa o nível de risco do paciente. Após, o atendimento deste paciente é classificado de acordo com uma prioridade ao chegar no hospital. Em seguida, o paciente aguarda até ser chamado por uma enfermeira que realiza a triagem do paciente. Realizada a triagem, o paciente é encaminhado, pela enfermeira a um médico geral, o qual realiza uma consulta que resulta no diagnóstico do paciente, finalizando o processo de atendimento.

Este capítulo descreve a disciplina de BPM. Em particular, descreve o ciclo de vida do BPM, respectivos papéis envolvidos, assim como principais aplicações práticas de BPM. O capítulo ainda apresenta aspectos de modelagem, com ênfase na descoberta de processos, na Notação e Modelo de Processos de Negócio (BPMN). Após, discute aspectos relacionados a qualidade de modelos de processo. Finalmente, o capítulo explora a automação de processos, discutindo a transformação de modelos de negócio em modelos de execução, assim como os principais Sistemas de Gerenciamento de Processos (BMPS - *Business Process Management Systems*) existentes.

### 1.1.1. Ciclo de Vida de BPM

BPM é frequentemente estudado através do seu ciclo de vida, que determina uma forma estruturada para se analisar como um processo pode ser gerenciado e de que maneira e em que momento a tecnologia pode ajudar nessa tarefa [Dumas et al. 2012]. O ciclo de vida objetiva melhor documentação e padronização de processos, além do aumento da eficiência e da qualidade de sua execução [Thom et al. 2009]. A literatura de BPM apresenta ciclos de vida clássicos ([Weske 2019]) e ciclos de vida com suporte a adaptação dinâmica ([Weber et al. 2009]). Entretanto, neste capítulo é apresentado o ciclo de vida definido por [Dumas et al. 2018] (Figura 1.3) que inclui seis fases, definidas nesta seção.

Na fase de *identificação de processo*, um problema de negócio é definido. Com base neste problema, os principais processos executados na organização, relacionados a este problema são identificados. O resultado desta fase é uma *arquitetura de processos* que resume estes processos e as relações entre eles. Ou seja, a identificação de processos envolve duas etapas: i) definição da arquitetura do processo e; ii) seleção de processos. A definição da arquitetura do processo (também denominada designação) objetiva compreender os processos em que uma organização está envolvida, bem como as relações entre



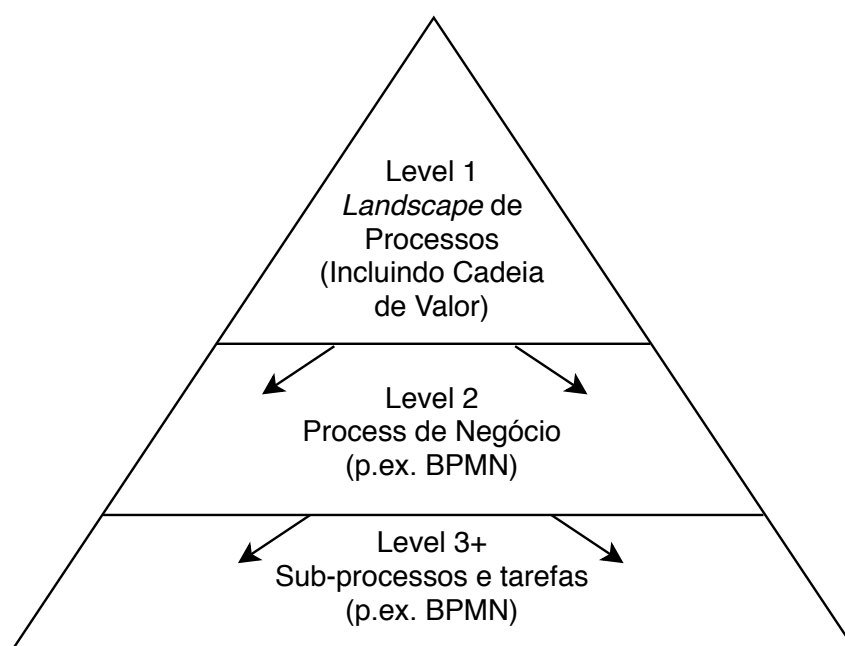
**Figura 1.1. Exemplo de processo de atendimento emergencial.**

estes processos. A seleção de processos, por sua vez, prioriza os processos para as demais atividades do ciclo de vida de BPM. Importante observar que a definição da arquitetura de processos geralmente ocorre de maneira descendente, conforme ilustrado pela pirâmide na Figura 1.2. No primeiro nível da pirâmide (*process landscape*) aparecem os processos que constituem a cadeia de valor da organização. Este nível, geralmente não inclui modelos de processo em uma notação, tal como a BPMN 2.0. Já os níveis 2 e 3, respectivamente, envolvem modelagem de processos em BPMN 2.0 e em diferentes níveis de detalhamento.

Na fase de *descoberta de processo*, com base na arquitetura de processos criada na fase de *identificação de processos*, geralmente o analista de processos modela, em alguma notação para modelagem de processos (ex.: BPMN 2.0) os processos-chave da organização ou que apresentam algum problema em sua execução (ex.: *deadlocks*, gargalos). O resultado desta fase é o modelo *as-is* do processo que representa como o processo é executado na organização. Esta fase também é denominada na literatura *modelagem de processos*. Entretanto, conforme [Dumas et al. 2018] o termo descoberta de processos é mais apropriado, pois os processos já existem na organização, mesmo que sem documentação. Caso seja uma organização nova e nenhum processo exista, as fases de descoberta e análise não são necessárias. Neste caso o processo deve ser desenhado ao invés de redesenhado.

Na fase de *análise de processo* são identificados problemas e aspectos de melhoria, relacionados ao processo (ex.: tarefas que nunca são executadas, mas que existem no modelo; sobrecarga de tarefas em papéis específicos do processo). Tais problemas e aspectos de melhoria são priorizados, conforme seu impacto para o processo e, em alguns casos, em relação ao tempo e esforço necessários para solucioná-los. O resultado desta fase é de fundamental importância para a etapa de redesenho do processo.

As melhorias identificadas na fase de análise do processo são consideradas na fase



**Figura 1.2. Arquitetura de processos, adaptado de [Dumas et al. 2018]**

de *redesenho de processo*, onde um novo modelo de processo melhorado é desenhado, resultando no modelo *to-be*. Conforme [Dumas et al. 2018], o processo de redesenho considera três níveis de abstração: métodos (coleção de abordagens para solução de um problema), técnicas (ex.: técnicas para modelar e validar o processo, tal como IDEF3, Atos da Fala, Petri Nets, etc), e ferramentas (um software que suporta uma ou mais técnicas). Em [Biazus et al. 2019], os autores apresentam uma abordagem para recomendar recursos (ex.: software para executar uma tarefa) em tempo de modelagem. Os autores propõem que a recomendação dos recursos seja realizada no final da fase de redesenho do processo, tendo como base outros modelos de processo existentes na organização e sobre os quais existem recursos disponíveis na organização. O objetivo da recomendação ocorrer na fase de redesenho é possibilitar que o analista de processo possa verificar se a organização possui os recursos necessários para executar o processo e, posteriormente implementá-lo. Se os recursos necessários não estiverem disponíveis, a organização pode considerar adquiri-los ou recursos alternativos precisam ser considerados. Ou seja, o modelo de processo não deve seguir para a fase de implementação, caso os recursos necessários para a sua execução não estejam disponíveis.

Na fase de *implementação*, são realizadas alterações no modelo *as-is* para transformá-lo em um modelo *to-be*. Esta fase foca em dois aspectos: gerenciamento de mudança organizacional e automação de processo. O gerenciamento da mudança organizacional se refere a mudança do modo de trabalho dos participantes do processo. Automação de processo se refere ao desenvolvimento e a execução de sistemas de informação para suportar o modelo *to-be*. O modelo *to-be* é automatizado através de um sistema de gerenciamento de processos de negócio (*Business Process Management System - BPMS* [Dumas et al. 2018], resultando em um modelo executável.

Finalmente, na fase de *controle e monitoramento*, são extraídas métricas de perfor-

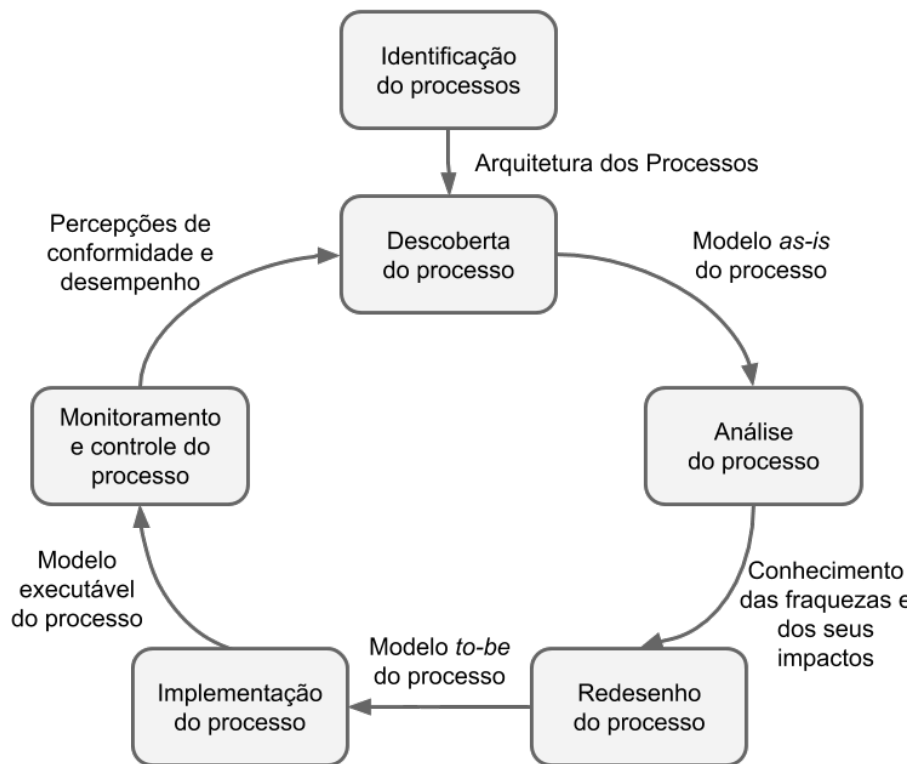
mance, referentes a execução do processo [Weske 2012]. Tais métricas são fundamentais para verificar a performance do processo e podem ser utilizadas pelos gestores das organizações para acompanhar a execução dos processos. As análises realizadas nesta etapa são fundamentais para definir se o ciclo de vida de BPM será executado novamente.

O ciclo de vida de BPM envolve diversos *stakeholders* [Dumas et al. 2018]:

- *Gerente de Time*. O gerente de time pode ser representado por diversos representantes da organização, incluindo o diretor-executivo que é responsável pelo sucesso do negócio da organização, o chefe de operações, o qual define a maneira como as operações na organização são executadas ou, pelo diretor de informações responsável pela infra-estrutura de sistemas de informação, etc.
- *Proprietário do Processo*. O proprietário do processo é responsável pela execução eficiente do processo. Também é responsável pelo planejamento, organização do processo, assim como pela definição de métricas para medir a eficiência do processo. Ele pode ainda decidir por projetos de melhoria do processo e guiar os participantes do processo na correção de erros e solução de exceções no processo. O proprietário do processo participa de todas as etapas do ciclo de vida de BPM.
- *Participante do Processo*. São participantes humanos que executam atividades do processo, seguindo as regras da organização. Participantes do processo são coordenados pelo proprietário do processo. Participam da etapa de descoberta de processo como especialistas de domínio. Finalmente, auxiliam no redesenho de atividades e na implementação do processo.
- *Analista de Processo*. O analista de processo realiza a identificação, descoberta, análise e redesenho de atividades. Além disso, coordena a implementação do processo, assim como o controle e monitoramento.
- *Engenheiro de Sistema*. Os engenheiros de sistema participam das fases de redesenho e implementação de processos. Eles interagem com os analistas de processo para entender os requisitos do processo. Além disso, os engenheiros de sistema traduzem os requisitos e processo em um sistema, o qual eles devem implementar, testar e executar.
- *Grupo de BPM*. Organizações que se dedicaram a BPM por anos, normalmente têm uma vasta documentação sobre seus processos. O grupo de BPM é responsável por garantir que esta documentação está sendo usada para atingir os objetivos organizacionais. Em particular, o grupo de BPM é responsável por manter a arquitetura de processos e pela priorização de processos que devem passar pela fase de redesenho. O grupo de BPM é ainda responsável por manter a cultura de BPM na organização.

### 1.1.2. Aplicabilidade de BPM

BPM vem sendo aplicado em diversos domínios de aplicação, incluindo educação, meio ambiente, saúde e entretenimento. Na educação, novos métodos vêm sendo propostos para o ensino de BPM [Sánchez-Ferreres et al. 2020], tal como métodos de ensino mais



**Figura 1.3. Ciclo de vida de BPM, adaptado de [Dumas et al. 2018]**

dinâmicos [Enríquez et al. 2019]. Em [Drăgan et al. 2014], os autores propõem um modelo de gerenciamento de processos de negócio, descrevendo a importância de entender os requisitos dos graduados, suas necessidades e expectativas. Em [Vuksic and Bach 2012], os autores motivam a introdução de BPM como parte do currículo na educação ao nível universitário. Em [Enríquez et al. 2019], os autores realizaram uma análise empírica para avaliar as vantagens da aplicação do BPM na implementação de atividades de ensino inovadoras e dinâmicas. Com base neste estudo, desenvolveram uma ferramenta chamada RubricaSoft, um sistema de BPM focado em fornecer processos educacionais dinâmicos. A ferramenta automatiza várias tarefas, incluindo avaliação por pares, integração de informações e gerenciamento de prazos. Conforme os autores, os resultados do uso da ferramenta são promissores em termos de satisfação dos alunos, melhoria dos resultados acadêmicos e aumento da produtividade dos professores.

Em [vom Brocke et al. 2012], é discutido como os processos de negócio podem ser gerenciados e aprimorados objetivando a sustentabilidade. Os autores enfatizam que as organizações podem contribuir para as emissões de gases de efeito estufa e da produção de resíduos no contexto de seus processos de negócio. Conforme os autores, *Green BPM* compreende a documentação, modelagem, análise, simulação, execução e melhoria contínua de processos de negócio, considerando às consequências ambientais desses processos. Os autores apresentam respostas para questionamentos em diferentes níveis. No nível estratégico, eles sugerem a elaboração de estratégias de processo que reflitam adequadamente os objetivos ambientais, determinando quais são os principais indicadores

estratégicos para definir uma empresa sustentável de sucesso e como a sustentabilidade se relaciona com outros objetivos estratégicos de uma organização. Já ao nível de Governança, os autores sugerem a identificação de papéis necessários para implementar processos ambientalmente sustentáveis em uma organização. Eles também propõem identificar, quais sistemas de incentivo podem promover ou cumprir metas ambientais nos processos de negócios.

BPM também vem sendo aplicado na saúde. Conforme [Lenz et al. 2012] [Reichert and Pryss 2017], processos de assistência médica não são totalmente previsíveis nem repetitivos e, portanto, eles não podem ser totalmente pré-definidos na fase de modelagem de processos. A imprevisibilidade parcial desses processos, exige flexibilidade. Em [Thom et al. 2010] os autores apresentam um estudo detalhado sobre práticas clínicas e as exceções que podem ocorrer nos processos. Em particular, os autores buscam identificar a origem de uma exceção em um processo, classificando em exceções ocorridas devido a erros médicos (ex.: informações inconsistentes em uma carta médica), exceções relacionadas ao paciente (ex.: paciente se recusa a continuar um tratamento), exceções relacionadas a regras organizacionais (ex.: alteração no horário padrão para realização de um exame) e exceções relacionadas a contingências técnicas (ex.: um equipamento que falha durante a realização de um exame).

## **1.2. Modelagem de Processos de Negócio**

A descoberta de processo é uma das fases mais importantes do ciclo de vida de BPM. Esta fase visa facilitar a concepção do processo e auxiliar no conhecimento sobre o processo entre os envolvidos em sua execução [Priego-Roche et al. 2012]. Conforme Dumas et al. [Dumas et al. 2018], a modelagem de processos é pré-requisito para a análise, redesenho e automação de processos de negócio. Uma modelagem de processos incorreta compromete as próximas fases do ciclo de vida de BPM, ou seja, quanto maior a precisão na modelagem de processos maior é a correção da automação [Ferreira et al. 2017]. A presente seção discute modelagem de processos. Em particular, apresentam-se as técnicas para descoberta de processos, os elementos básicos e avançados da BPMN 2.0, assim como exemplos ilustrativos de modelos de processo.

### **1.2.1. Técnicas para Descoberta de Processos**

A *identificação de processos*, fase que precede a *descoberta de processos* é realizada em uma organização com o objetivo de identificar processos que criam valor de relevância estratégica para a organização ou processos que apresentam problemas substanciais em sua execução [Dumas et al. 2018]. É importante observar que a identificação de processos é uma tarefa contínua. Ou seja, após a resolução dos problemas de um processo, possíveis novos processos com problemas devem ser identificados. O mesmo se aplica a identificação de processos estratégicos em uma organização.

Em particular, uma organização que se dedica a uma iniciativa de BPM, precisa ter um mapa dos seus processos, assim como dos processos que requerem maior foco. Para tanto, precisa responder a duas importantes questões [Dumas et al. 2018]: i) “quais processos são executados na organização?” e (ii) ” em quais processos a organização deve se concentrar?” Após responder estas questões, a organização pode iniciar a fase de des-

coberta de processo, isto é a modelagem dos seus processos em uma notação, tal como a BPMN 2.0.

Conforme [Dumas et al. 2018] e [Leopold and Mendling 2012] um dos principais problemas na fase de *descoberta de processos* é a dificuldade para identificar e compreender os processos-chave executados na organização. Essa dificuldade se deve, principalmente, à complexidade de termos de domínio, às ambiguidades na descrição verbal dos processos por parte de seus participantes [Gassen et al. 2014] e aos variantes que um mesmo processo pode apresentar quando executado em contextos diferentes (ex.: processos de importação de mercadorias que, por questões legais do país onde são executados, apresentam diferenças em sua estrutura e modelagem). Consequentemente, os modelos de processo podem ficar incompletos e com partes definidas a partir da observação empírica do analista.

Neste contexto, a literatura de BPM apresenta três classes principais de métodos para descoberta de processos [Dumas et al. 2018]: descoberta baseada em evidência, descoberta baseada em entrevista e descoberta baseada em *workshop*.

**Descoberta de Processos Baseada em Evidência:** A classe descoberta baseada em evidência inclui três métodos [Dumas et al. 2018]: análise de documentos, observação e descoberta automática de processos.

- *Análise de Documentos:* a técnica de *Análise de Documentos* considera que geralmente existe na organização ou na literatura documentação relacionada ao processo que se deseja modelar. Tal documentação pode incluir descrições de processo de iniciativas de modelagem que não foram continuadas. Outros documentos incluem regras organizacionais, estruturas organizacionais, glossários, manuais, formulários, etc. Neste contexto, [Caporale 2016] apresenta uma abordagem para gerar modelos de processo a partir de sentenças em linguagem natural. As sentenças são descritas como requisitos de software. Esta abordagem considera que o texto é procedural e descrito como uma sequência de passos, fato que nem sempre ocorre em textos em linguagem natural. Já em [Friedrich et al. 2011] é proposta a extração de modelos de processo de negócio a partir de texto em linguagem natural. A principal limitação da abordagem se refere ao fato de que os textos analisados para a geração de modelos de processo devem estar gramaticalmente corretos conforme a Língua Inglesa. Ou seja, o texto é inicialmente corrigido manualmente e, após, analisado pela ferramenta. Em [Leopold 2013] é apresentada uma abordagem para extração de texto em linguagem natural a partir de modelos de processo. Entretanto, as frases geradas pela ferramenta são comparativamente curtas e simples, abstraindo a complexidade de determinados modelos de processo. Mais recentemente, em [Silva et al. 2019], [Silva et al. 2019] é proposta uma arquitetura orientada a serviços, com o objetivo de extrair modelos de processo a partir de texto em linguagem natural. O importante desta abordagem é possibilitar a marcação de determinados elementos notacionais da BPMN 2.0 no texto, assim como a análise de sentenças, visando a eliminação de ambiguidades. Tal abordagem, ainda que promissora, requer a disponibilização em uma ferramenta portátil para usuários. Outras iniciativas, referentes ao uso de Processamento de Linguagem Natural (*Natural Language Processing* - NLP) em BPM, podem ser encontradas em [Mendling et al. 2019].

- *Observação*: A técnica de *Observação* é interessante, pois ela revela como o processo é executado na prática. Este fato pode ser considerado uma vantagem em relação à técnica de análise de documentos que geralmente considera documentos mais antigos, que podem estar desatualizados. Na técnica de observação, um analista de processos irá se passar por um participante do processo em estudo ou irá observar a execução deste processo por um participante. É importante ressaltar que a técnica de observação vai resultar na análise das partes do processo em observação e não na visão geral do processo. Também se deve considerar que as pessoas podem executar suas tarefas de maneira diferente (ex.: de maneira mais rápida) por saberem que estão sendo observadas.
- *Descoberta Automática de Processos*: A técnica de *Descoberta Automática de Processos* usa *logs* de eventos, ou seja, dados de execução de processos armazenados por sistemas corporativos existentes em uma organização, para descobrir automaticamente um modelo de processo suportado por esses sistemas. Uma das limitações da técnica de descoberta automática de processos é que nem sempre os *logs* de eventos estão disponíveis ou são completos o suficiente para a descoberta do processo. Em [Kalsing et al. 2013], os autores apresentam um método para semi-automatizar a descoberta de processos de negócios implementados implicitamente no código-fonte dos sistemas legados. Em particular, os autores propõem uma ferramenta para executar a instrumentação do código fonte, identificando as regras de negócios implementadas no sistema legado e permitindo a criação de *logs* de eventos. Isso permite o uso de técnicas de mineração de *logs* para descobrir a ordem parcial de execução das regras de negócios. Já em [Kalsing et al. 2013] os autores propõem técnicas para mineração incremental de *logs* de execução. Tais técnicas possibilitam a descoberta de alterações nas instâncias do processo, mantendo o modelo de processo descoberto sincronizado com o processo que está sendo executado.

### **Descoberta de Processos Baseada em Entrevista**

O objetivo da descoberta de processos baseada em *entrevista* é entrevistar especialistas de domínio [Dumas et al. 2018]. Como o processo pode envolver diferentes perspectivas, diferentes especialistas de domínio devem ser entrevistados. Conforme [Dumas et al. 2018], existem duas estratégias que podem ser seguidas para a realização de uma entrevista: i) iniciar a entrevista a partir das saídas do processo e, então identificar todos os passos até o início do processo ou; ii) seguir a abordagem inversa, analisando o início do processo e os passos seguintes até a sua conclusão.

Para realizar a entrevista de maneira mais estruturada é importante ter uma lista de perguntas pre-definidas para guiar a entrevista. Uma parte do tempo de entrevista pode ser usada para responder às perguntas e outra parte para discutir aspectos gerais e relevantes ao processo. Uma das limitações da descoberta baseada em entrevista é que exceções no processo podem ser omitidas por parte do entrevistado. Em vista disso, é importante que o analista faça questionamentos também em relação as possíveis exceções no processo [Thom et al. 2010].

Após coletar as informações iniciais sobre o processo, um modelo de processo preliminar pode ser modelado. Este modelo deve ser validado com o usuário e completado



com novas informações. O modelo pode ser considerado completo, quando o entrevistado aprova a versão apresentada pelo analista.

### **Descoberta de Processos Baseada em *Workshop***

A técnica de descoberta de processos baseada em *workshop* possibilita obter o entendimento detalhado do processo, além de resolver inconsistências de domínio. Isso é possível pois mais participantes do processo interagem durante um *workshop*. Um *workshop* pode envolver dois papéis adicionais, além dos participantes do processo [Dumas et al. 2018], que são um facilitador para coordenar o *workshop* e um analista de processos para modelar uma primeira versão do processo.

Em termos de organização, o *workshop* precisa ser comunicado aos participantes com semanas de antecedência. Isso é importante para garantir que participantes-chave do processo tenham disponibilidade para participar. Conforme [Dumas et al. 2018], quando da realização do *workshop*, os organizadores devem, inicialmente, expor os objetivos do *workshop*. Eles podem apresentar a importância do projeto de BPM para as metas da organização e o escopo em que as modelagens serão realizadas. Após, deve-se aplicar alguma técnica para iniciar a obtenção de informações sobre o processo. Neste contexto, deve-se restringir o tempo de fala de participantes mais extrovertidos e motivar a fala de participantes mais introvertidos. Em outro momento do *workshop*, poderá apresentar a BPMN 2.0 e o modelo inicial obtido através do *workshop*.

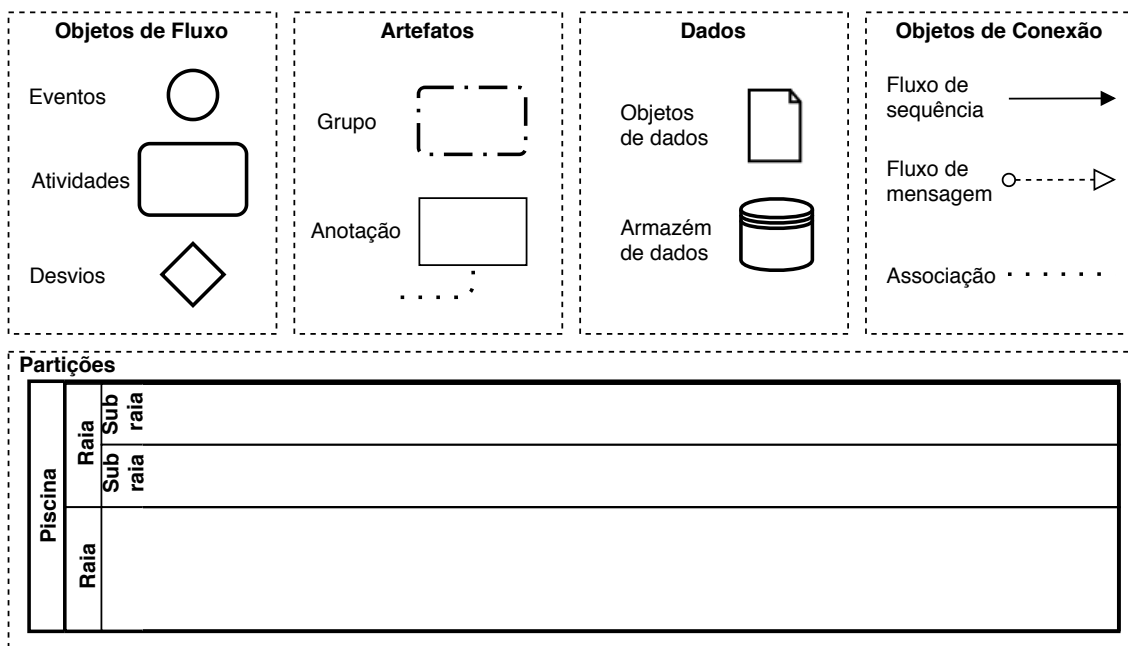
#### **1.2.2. Elementos Notacionais Básicos da BPMN 2.0**

O principal objetivo da BPMN 2.0 é prover uma notação de fácil entendimento por todos os usuários, incluindo os analistas que criam os rascunhos iniciais dos processos, os desenvolvedores técnicos que são responsáveis por implementar a tecnologia que irá executar estes processos e as pessoas que irão administrar e monitorar os processos. [Object Management Group (OMG) 2011]. Existem cinco categorias básicas de elementos na BPMN 2.0 (ver Figura 1.4: Objetos de Fluxo, Dados, Objetos de Conexão, Partições e Artefatos).

*Objetos de fluxo* são os principais elementos da BPMN 2.0. Eles definem o comportamento do processo, através de três tipos básicos: *eventos* representam algo que acontece instantaneamente em um processo, afetando o seu fluxo, tal como a necessidade de um solicitante de um auxílio financeiro por seu trabalho ter sido aceito por um evento; *atividades* são os elementos que representam o trabalho executado durante o processo, podendo ser atômicas (denominadas *tarefas*) ou compostas (denominadas *subprocessos*); *gateways* controlam a divergência e convergência do fluxo do processo, podendo definir que a execução de uma sequência de atividades seja feita paralelamente ou somente quando uma condição é atendida.

Os *Objetos de Conexão* fazem a ligação entre os objetos de fluxo, dados e artefatos. Existem três maneiras de conectar os elementos: através de um *fluxo de sequência*, que conectam os objetos de fluxo, definindo a ordem na qual estes são executados; de um *fluxo de mensagem*, que representa a troca de mensagens entre duas organizações; e de uma *associação*, que relaciona um objeto de fluxo a um objeto de dados.

Os objetos de fluxo e de conexão são fundamentais para a criação de modelos de



**Figura 1.4. Elementos da BPMN 2.0, adaptado de [Object Management Group (OMG) 2011].**

processo, pois eles definem o que o processo faz e como. Por exemplo, utilizando somente atividades, eventos e fluxos de sequência, podemos criar o modelo de processo apresentado na Figura 1.5. Este modelo contém uma sequência de atividades para o atendimento e entrega de um pedido. Uma sequência é a maneira mais elementar de relacionar objetos de fluxo na BPMN, em que a execução de um objeto A precede a execução de um objeto B. No caso da Figura 1.5, esta sequência descreve que a atividade "Confirmar quantidade de hóspedes" é executada após o evento "Reserva de quarto pedida" acontecer, e esta atividade será seguida pela execução da atividade "Definir tipo de quarto" e pelas outras atividades da sequência até o fim do processo em que acontece o evento "Reserva marcada."

Através dos *gateways*, é possível criar modelos de processo mais complexos. O comportamento de um *gateway* depende do seu tipo. Para modelar um processo onde se escolhe a execução de um fluxo de processo dentre duas ou mais alternativas, utiliza-se um *gateway de decisão exclusiva*, também chamado de *gateway XOR*. O uso deste *gateway* pode ser observado no modelo apresentado na Figura 1.6, em que existe uma decisão entre aprovar ou não um empréstimo. Existem dois *gateways* neste modelo, sendo o primeiro responsável por divergir o fluxo do processo entre às duas opções (*XOR-Split*). A escolha dentre estas opções é definida pela condição escrita nos fluxos de sequência que partem deste *gateway*. É importante que estas condições sejam mutuamente exclusivas, ou seja, que somente uma delas seja verdadeira quando o *gateway* é executado, pois esta é a semântica do *gateway XOR*. O segundo *gateway* do modelo tem a função de juntar os dois fluxos, após eles terem divergido (*XOR-Join*). Ele espera a execução e o término de somente um dos fluxos precedentes a ele para então continuar a execução do processo com a atividade "Informar beneficiário."

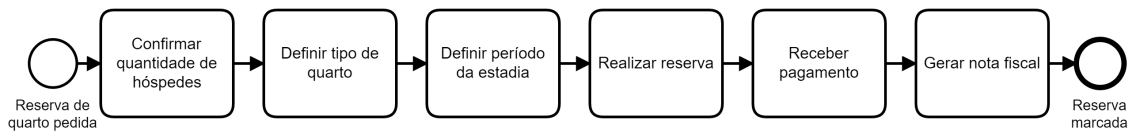


Figura 1.5. Exemplo de modelo de processo de reserva de quartos de hotel.

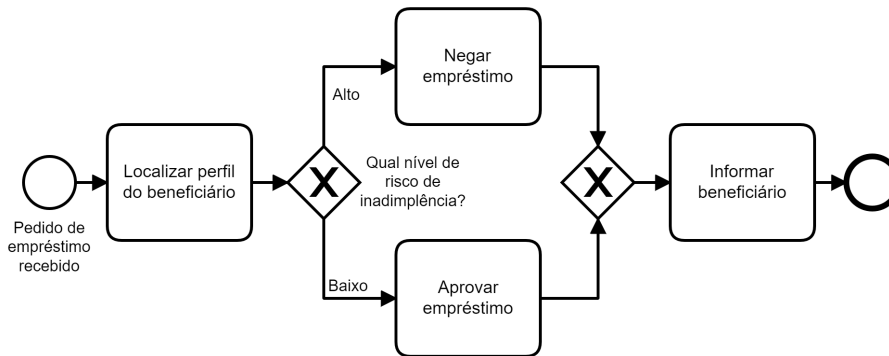


Figura 1.6. Exemplo de uso de *gateways XOR* em modelo de processo de aprovação de empréstimos.

*Gateways XOR* também permitem a criação de *loops* dentro de um processo, ou seja, da repetição de um fragmento de processo até que uma determinada condição seja atendida. Por exemplo, na Figura 1.7, um paciente em um hospital permanecerá hospitalizado até que os seus médicos aprovem a sua saída. Neste caso, o *gateway* que diverge o fluxo do processo está ao final do fragmento de processo em repetição, enquanto o *gateway* no início do fragmento junta o fluxo de entrada com o fluxo que determina quando acontece a repetição.

Em contraste aos *gateways XOR*, existem os *gateways paralelos*, ou *gateways AND*, que executam os fluxos do processo conectados a eles de forma paralela. Podem existir dois ou mais fluxos a serem executados e cada uma destas execuções podem acontecer independente das outras, sem ordem predefinida. A figura 1.8 apresenta um modelo de processo utilizando a execução em paralelo de duas atividades de triagem, uma de segurança e outra de bagagem. Ambas atividades podem acontecer, em qualquer ordem, após a atividade "Proceder inspeção de segurança" e somente após a execução de ambas é permitido a execução da atividade "Proceder ao embarque". Os *gateways* paralelos controlam a execução paralela (*AND-Split* dos dois fluxos deste modelo e a sincronização (*AND-Join*) dos mesmos após eles terminarem.

Existem casos durante a modelagem de um processo em que se deseja que o fluxo do processo divirja entre uma ou mais opções após um *gateway* de decisão. Esta é a função do *gateway de decisão inclusivo*, ou *gateway OR*, que combina as funcionalidades do *gateway XOR*, possibilitando a execução condicional de fluxos de processo, com a funcionalidade do *gateway AND*, que permite a execução destes fluxos em paralelo. Um exemplo destas funcionalidades é apresentado na Figura 1.9, onde durante um diagnóstico médico é possível recomendar um tratamento, prescrever um medicamento, ou ambos (*OR-Split*). Quais destas atividades serão executadas depende das condições apresentadas

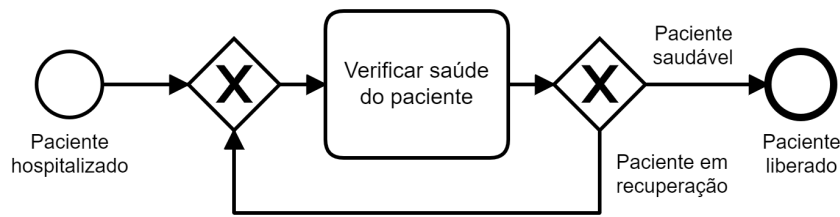


Figura 1.7. Exemplo de uso de *gateways XOR* para a criação de loops.

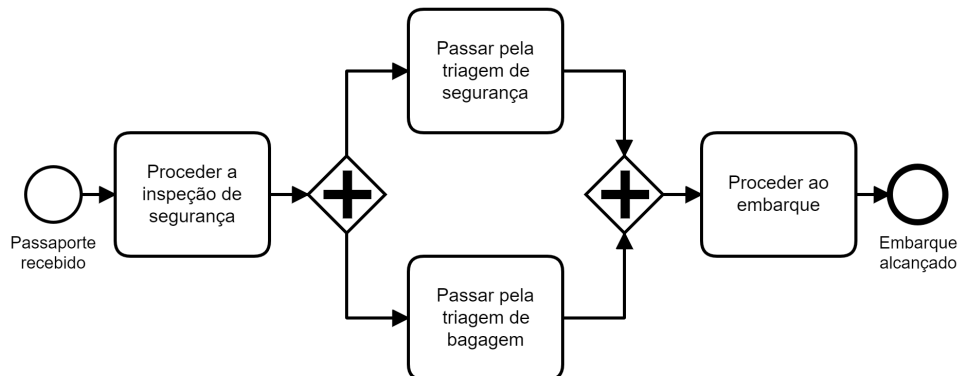


Figura 1.8. Exemplo de uso de *gateways AND* em modelo de processo de checagem de segurança ao embarque, adaptado de [Dumas et al. 2018].

nos fluxos de sequência, assim como nos *gateways XOR*, mas neste caso a execução de um dos fluxos não impede a execução dos outros. O *gateway OR* sincroniza os fluxos que chegam nele (*OR-Join*), esperando o término de todos os fluxos que estão em atividade para depois continuar o processo.

Nos exemplos apresentados, os fluxos de processo divergidos por um tipo de *gateway* são juntados por *gateways* do mesmo tipo. Entretanto, durante a modelagem de processos pode-se usar *gateways* de tipos diferentes. É importante que a combinação de *gateways* de tipos diferentes seja feita com cuidado, pois o uso inapropriado destes pode causar problemas durante a execução do processo. Por exemplo, o uso de um *gateway*

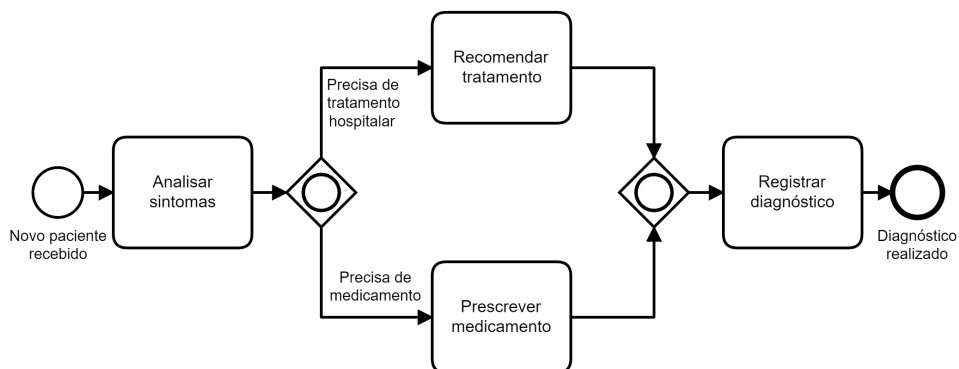
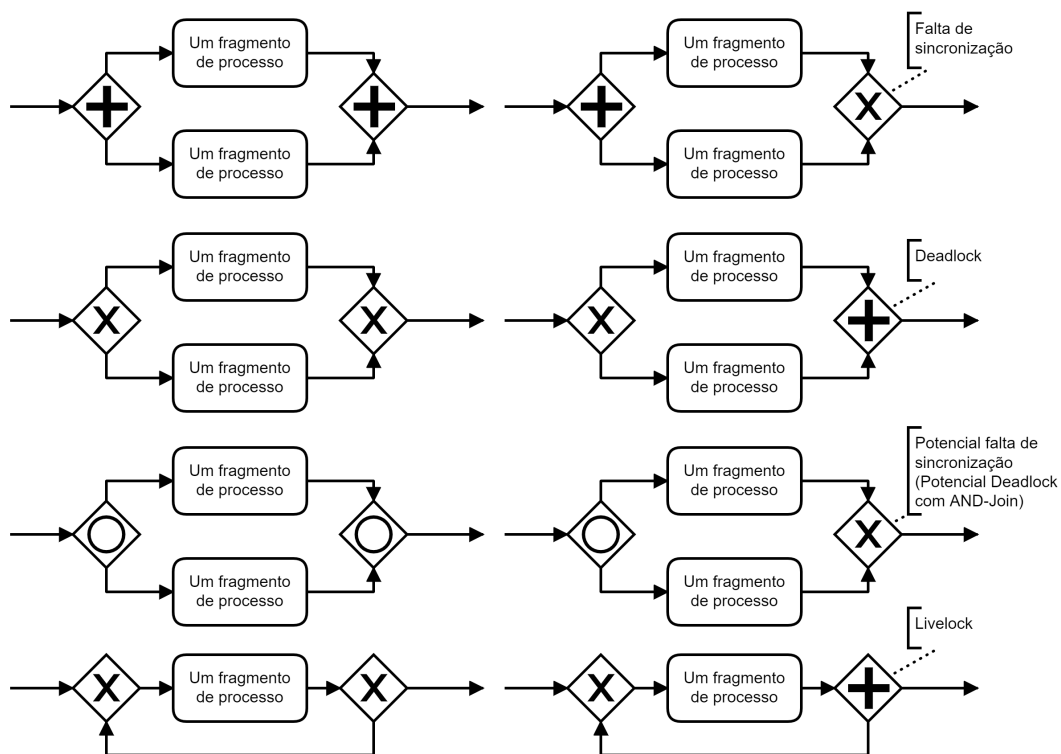


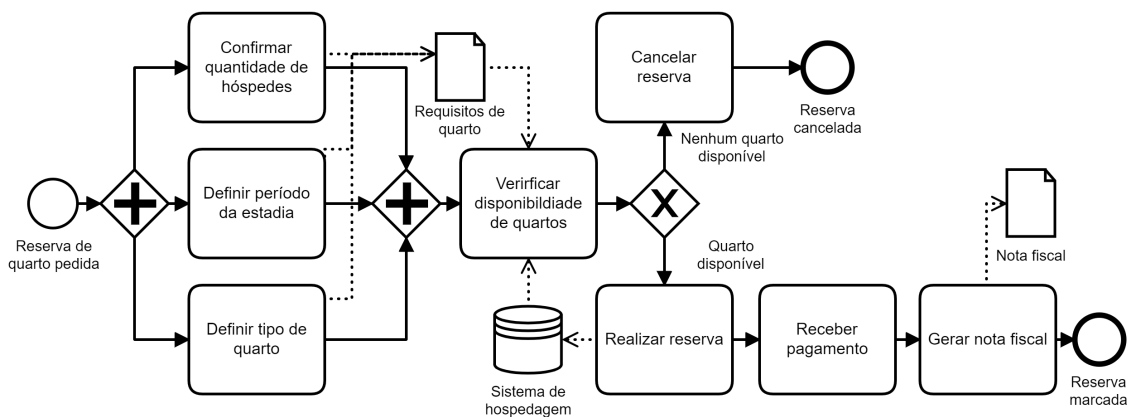
Figura 1.9. Exemplo de uso de *gateways OR* em modelo de processo de um diagnóstico médico.



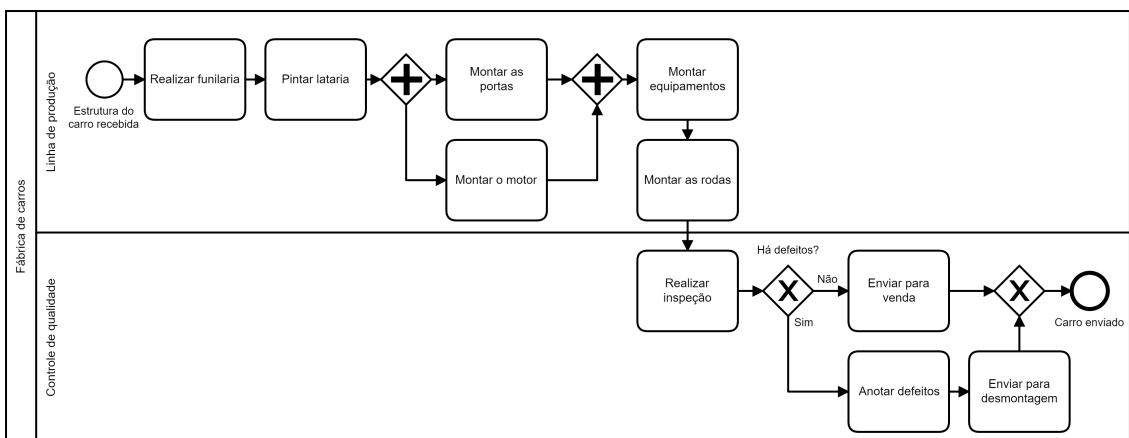
**Figura 1.10. Exemplos de fragmentos de processo *sound* e *unsound* adaptado de [Dumas et al. 2018].**

AND para sincronizar fluxos divergidos por um *gateway* XOR causa uma anomalia no comportamento do processo denominada *deadlock*, que é quando um processo não consegue progredir devido a um *gateway* AND que espera indefinidamente o término de um dos fluxos que ele tenta sincronizar. Modelos de processo que contém estas anomalias de comportamento são chamados de modelos sem a propriedade de *soundness*, ou modelos *unsound* [Dumas et al. 2018]. Além de *deadlock*, a falta de sincronismo e o *livelock* são outras anomalias que define modelos *unsound*. A falta de sincronismo acontece quando um *gateway* AND diverge fluxos que são unidos por um *gateway* XOR, causando a duplicação do fluxo seguinte. Um *livelock* ocorre quando o processo contém um *loop* sem término. A Figura 1.10 apresenta exemplos de fragmentos de modelos *sound* e *unsound*.

Com os objetos de fluxo e de conexão, os modelos apresentados nos exemplos anteriores mostram a perspectiva funcional, que atividades acontecem durante o processo, e a perspectiva de controle de fluxo, quando as atividades devem ocorrer. Os *Objetos de Dados* são elementos da BPMN 2.0 que mostram a perspectiva de dados do processo, ou seja, quais documentos ou arquivos são necessários para executar uma atividade e quais são produzidos como resultado de uma atividade. Por exemplo, a Figura 1.11 apresenta uma versão mais detalhada do modelo de processo de reserva de quartos previamente visto na Figura 1.5. Neste modelo, as primeiras atividades executadas produzem o objeto de dados "Requisitos de quarto", que será utilizado pela atividade "Verificar disponibilidade de quartos" para buscar um quarto que atende os requisitos. Objetos de dados são conectados a atividades utilizando uma *associação*. A direção desta associação determina se o objeto de dado serve como entrada ou saída de uma atividade. Este modelo também



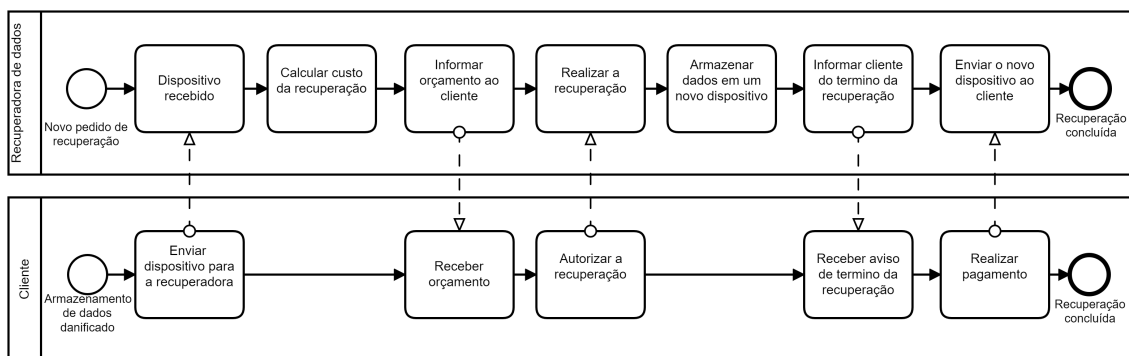
**Figura 1.11. Uma versão mais detalhada do modelo de processo para reserva de quartos de hotel com objetos de dados.**



**Figura 1.12. Exemplo de uso de piscina com raias em modelo de processo de manufatura de carros.**

apresenta um repositório de dados, o "Sistema de hospedagem". Repositórios de dados são locais que contêm objetos de dados que continuam existindo após o término de uma execução de um processo, tais como bancos de dados, para objetos de dados digitais, ou repositórios de arquivos, para objetos de dados físicos.

As *Partições* são elementos da BPMN 2.0 que mostram a perspectiva de recursos do processo, ou seja, quem ou o que executa as atividades do processo. Partições podem ser *piscinas* e *raias*. As piscinas representam as entidades de um processo, tal como uma organização. Cada piscina contém as atividades realizadas dentro desta organização. Piscinas também podem ser subdivididas em *raias*, representando os diferentes recursos presentes dentro da organização. Raias também podem ser contidas em outras raias, tendo assim múltiplos níveis de aninhamento. O uso de piscinas e raias pode ser visto no modelo da Figura 1.12 que apresenta um processo de manufatura de carros. A organização que realiza este processo, a "Fábrica de carros" é representado pela piscina que contém todos os elementos dentro de si. As raias "Linha de produção" e "Controle de qualidade" dividem esta piscina. É importante que as atividade, eventos e *gateways* de decisão sejam posicionados dentro das piscinas e raias que são responsáveis pelas suas



**Figura 1.13. Exemplo de uso de piscinas com troca de mensagens em modelo de processo de recuperação de dados.**

execuções.

Pode-se utilizar mais de uma piscina para modelar duas ou mais organizações participando de um mesmo processo. Neste caso, cada piscina contém o modelo de processo respectivo àquela organização. O uso de múltiplas piscinas permite mostrar como é feita a interação entre as diferentes organizações. Entretanto, não é possível utilizar o fluxo de seqüência, pois não é permitido a este cruzar as fronteiras de uma piscina. Ao invés disto, deve-se utilizar o fluxo de mensagem, que representa a troca de informação entre duas organizações. Na Figura, 1.13 mostra-se exemplos de troca de mensagens entre um cliente e uma recuperadora de dados, tal como entre as atividades "Informar orçamento ao cliente" e "Receber orçamento." Um fluxo de mensagem pode ser de qualquer tipo de comunicação, como um e-mail, fax, ligação telefônica ou entrega manual de cartas e pacotes.

Piscinas, tais como apresentadas na Figura 1.13 mostram como funciona o processo internamente naquela organização. É possível modelar piscinas onde este processo interno não é exibido, como uma *caixa preta*. Para isto, utiliza-se uma "pool colapsada", que apresenta somente o retângulo vazio da piscina com o nome da organização e os fluxos de mensagens enviadas e recebidas conectados às suas bordas.

Finalmente, a BPMN 2.0 apresenta os *Artefatos*. Artefatos agregam informações adicionais aos modelos, como *Anotações* ou *Grupos* de elementos. Anotações podem ser conectadas a outros elementos usando uma associação. Artefatos não alteram a execução do processo.

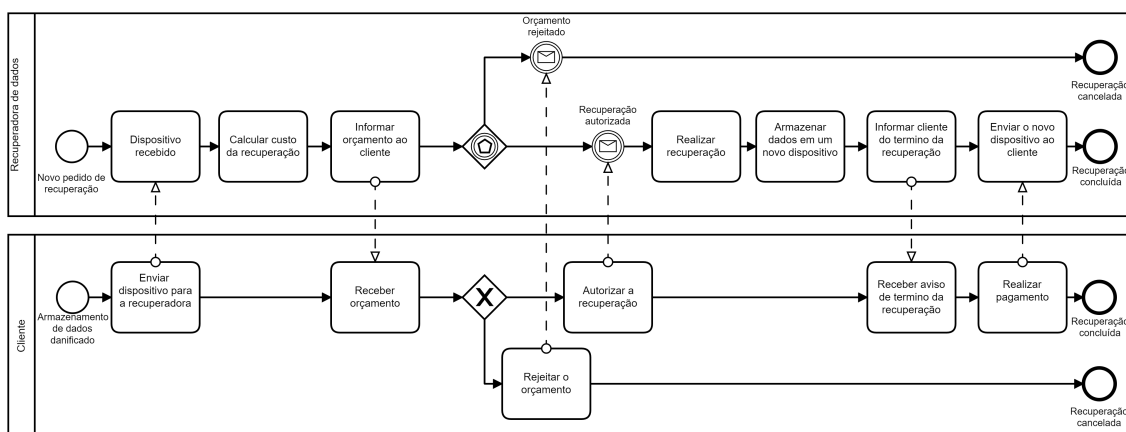
### 1.2.3. Elementos Notacionais Avançados da BPMN 2.0

Elementos notacionais avançados da BPMN 2.0 incluem elementos de modelagem que possibilitam maior poder de expressão para a modelagem. Por exemplo, os eventos utilizados nos exemplos apresentados eram eventos de início e de fim, pois eles indicavam onde cada processo começava e terminava. Eventos também podem ocorrer no meio do processo, quando algo deve acontecer, antes que o processo continue. Estes eventos são do tipo intermediário e eles param a progressão do processo onde eles foram modelados até que o evento ocorra.

Eventos de início, fim e intermediários também podem ser marcados com um



**Figura 1.14. Exemplo de tipos de eventos da BPMN 2.0.**



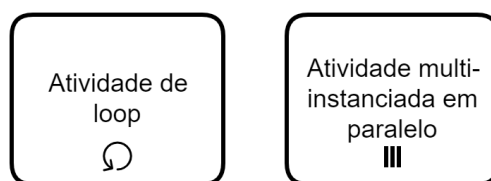
**Figura 1.15. Exemplo de uso de gateway de desvio condicional baseado em eventos no modelo de processo de recuperação de dados.**

símbolo representando a semântica do evento (ver Figura 1.14). Por exemplo, uma marca de um envelope em um evento inicial significa que o processo inicia com a chegada de uma mensagem. Um relógio em um evento intermediário pode representar que um certo fluxo de processo só terá continuidade após um determinado intervalo de tempo ou após a chegada de um dia ou horário específico.

Existem situações durante um processo em que o fluxo do processo é alterado dependendo de qual evento acontece primeiro de um conjunto de eventos. Por exemplo, no exemplo anterior da Figura 1.13, após informar um orçamento ao cliente, o cliente poderia enviar uma mensagem aceitando o orçamento ou outra mensagem rejeitando o mesmo. Para isto, utiliza-se um *gateway* de desvio condicional baseado em evento. Este *gateway* apresenta a mesma semântica do *gateway* XOR, porém ao invés de as condições serem apresentadas nos fluxos de sequência elas são contidas nos eventos que seguem cada fluxo. A Figura 1.15 mostra o processo de recuperação de dados utilizando este *gateway*.

*Gateways* podem ter outros tipos avançados. Além do desvio condicional por evento, existe a ativação exclusiva condicional e ativação incondicional em paralelo (ver





**Figura 1.16. Exemplo de tipos de atividades da BPMN 2.0.**

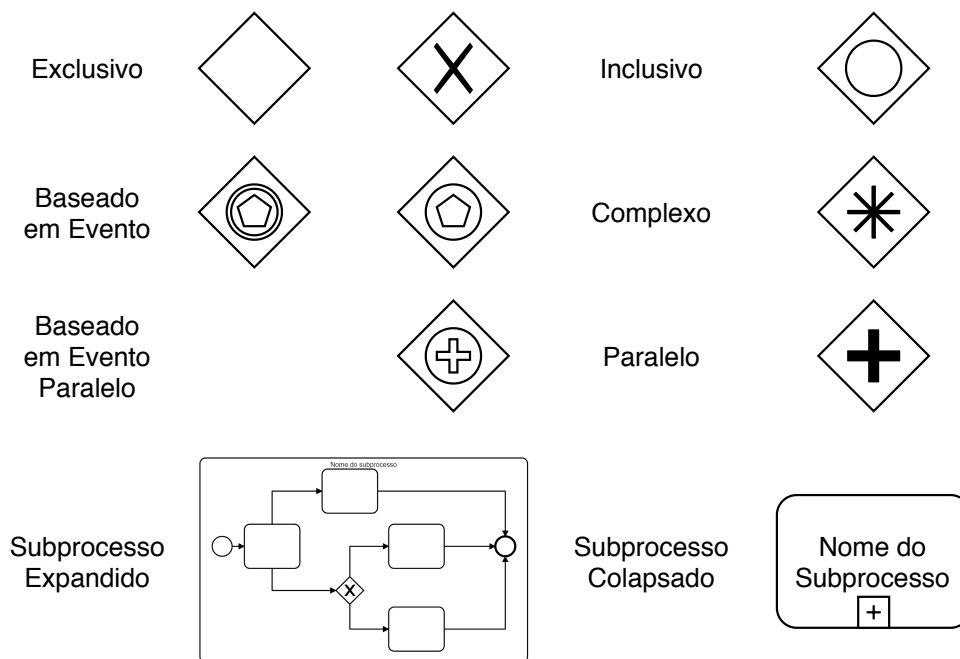
Figura 1.17). Ambos estes *gateways* podem ser usados como o início do processo e eles controlam a ativação do processo com base em qual evento ocorre primeiro. No caso da ativação exclusiva, quando um dos eventos relacionados acontece, os outros eventos são desativados. Na ativação em paralelo, os eventos permanecem ativos e a espera, após a ativação do primeiro evento relacionado. Por fim, existem os *gateways* complexos (ver Figura 1.17 "complexo"), que permitem modelar uma sincronização complexa, além das sincronizações já disponíveis pelos *gateways* XOR, AND e OR.

No caso de atividades, os elementos avançados da BPMN 2.0 contém os *subprocessos*, definido como uma atividade composta de outros elementos notacionais. Subprocessos são úteis quando um modelo de processo apresenta uma grande quantidade de elementos, o que pode dificultar o seu entendimento. Neste caso, um subprocesso pode agrupar um conjunto de atividades relacionadas em uma única atividade composta auto-contida. Um subprocesso pode ser *expandido*, quando seus detalhes internos de modelagem são visíveis ou *colapsados*, quando apenas um símbolo de "+" indica que existem mais detalhes no modelo de processo que não estão explícitos no modelo principal. A figura 1.17 apresenta exemplos de ambos os subprocessos. Subprocessos colapsados são ideais para esconder os detalhes mais complexos do processo, permitindo assim a redução do número de elementos do modelo e o aumento da sua compreensibilidade.

Atividades também pode conter marcadores avançados que expandem a semântica deste elemento (ver Figura 1.16). Por exemplo, atividade de *loop*, representada pela marca de uma seta em ciclo, define uma notação simplificada para a repetição de uma atividade (ou de um subprocesso). Desta forma, a atividade de *loop* pode substituir o uso de *gateways* XOR para a repetição de fragmentos de processo. Atividades de multi-instanciação em paralelo, representadas pela marca de 3 barras verticais, representam a repetição de uma mesma atividade executada em paralelo. Desta forma, pode-se evitar o uso de *gateways* AND que paralelizam um grande número de uma mesma atividade, o que simplifica o modelo.

### **1.3. Qualidade em Modelagem de Processos**

A qualidade de modelos de processos é muito importante [Reijers et al. 2015], pois não é incomum que os modelos tenham problemas como erros no controle de fluxo, estruturas e layouts com designs mal projetados, e nomenclaturas incorretas [Leopold et al. 2016]. Para definir o que é a qualidade de modelos de processo, utiliza-se de abordagens que dividem a qualidade em tipos que focam em características específicas. Os tipos mais frequentemente abordados na literatura são a qualidade sintática, a qualidade semântica e a qualidade pragmática.



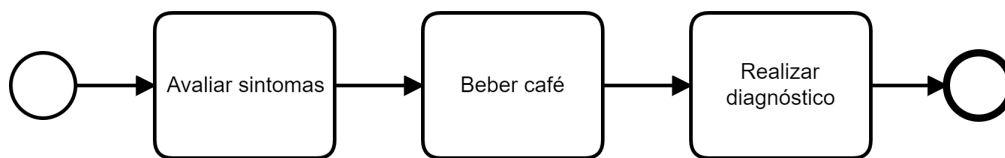
**Figura 1.17. Tipos de Subprocesso e Gateways da BPMN 2.0, adaptado de [Object Management Group (OMG) 2011].**

### 1.3.1. Qualidade sintática

A qualidade sintática está relacionada com a conformidade do modelo de processo com as regras de sintaxe da notação utilizada pelo modelo. Notações como a BPMN 2.0 possuem um conjunto diverso de regras sintáticas e instruções para criar seus modelos de processo. Para que o modelo tenha qualidade sintática, estas regras e instruções devem ser respeitadas, pois elas garantem que o modelo possa ser interpretado por outras ferramentas e outros usuários [Dumas et al. 2018].

Para verificar a conformidade de um modelo de processo, avalia-se a sua *corretude sintática*, ou seja, que todos os símbolos e construções do modelo estão de acordo com o vocabulário e a sintaxe da notação [Krogstie 2016]. Modelos que não estão sintaticamente corretos podem ter dois tipos de erros: *invalidade sintática*, em que um símbolo não presente no vocabulário da notação é utilizado; e *incompletude sintática*, na qual existe a falta de uma informação ou símbolo no modelo para que este obedeça à regras gramaticais da notação.

As duas principais maneiras de garantir a qualidade sintática de um modelo de processo são a prevenção e a detecção de erros. Ferramentas de modelagem frequentemente usam ambas estas abordagens para auxiliar seus usuários. No caso da prevenção de erros, as ferramentas de modelagem não permitem a modelagem de construções que violam as regras sintáticas da notação. Para isto, a escolha de elementos disponíveis para modelar é limitada de acordo com o vocabulário da notação e com a sintaxe esperada pelo modelo que esta sendo criado. A detecção de erros, por outro lado, permite que o modelo esteja temporariamente incorreto sintaticamente para facilitar a modelagem. A corretude do modelo é então avaliada quando o usuário da ferramenta requisita está avaliação, permitindo que ele faça as correções necessárias.



**Figura 1.18. Exemplo de modelo com invalidez semântica**

### 1.3.2. Qualidade Semântica

A qualidade semântica está relacionada com o objetivo do modelo de processo de representar corretamente a execução do processo atual, no caso de modelos *as-is*, ou futura, em modelos *to-be*. As características avaliadas nesta qualidade são a validade semântica do modelo, que determina se o que é apresentado pelo modelo é relevante e que realmente acontece durante o processo, e a completude semântica do modelo, que determina que o modelo apresenta todos os elementos relevantes que fazem parte da execução do processo [Krogstie 2016].

Um exemplo de modelo de processo contendo problemas relacionados a qualidade semântica é apresentado na Figura 1.18. Nesta figura apresenta-se um processo para o atendimento médico de um paciente, porém a atividade "Beber café" não é relevante ao problema de realizar um diagnóstico, sendo portanto inválido para este processo. É possível argumentar também que este modelo está incompleto, pois a prescrição de medicamentos pode ser relevante para um atendimento médico.

A avaliação da qualidade semântica é difícil, pois tipicamente não é possível medir como o processo é executado e comparar esta medida ao modelo de processo. Quando este é o caso, não existem abordagens formais que permitam a fácil validação da qualidade semântica [Dumas et al. 2018]. Portanto, a forma alternativa de avaliar esta qualidade é através da comparação do modelo de processo com o conhecimento pertencente às pessoas envolvidas com a execução deste processo e com a documentação disponível para consulta. Deve-se ter em mente, entretanto, que esta avaliação não é objetiva, e portanto avalia a qualidade semântica assim como ela é percebida pelas pessoas das quais o conhecimento foi adquirido [Krogstie 2016]. É necessário que este conhecimento também seja validado para garantir que ele não seja incorreto.

Uma maneira de facilitar a avaliação da qualidade semântica pelas pessoas envolvidas é a utilização de uma descrição textual do modelo de processo junto ao próprio modelo [Silva et al. 2019]. As descrições textuais podem auxiliar a compreensão do processo por pessoas, inclusive aquelas com pouca ou nenhuma experiência com modelagem de processos [Ottensosser et al. 2012]. Esta descrição pode ser criada utilizando técnicas de geração automática de descrição de processos a partir dos modelos de processo [Leopold et al. 2012].

### 1.3.3. Qualidade Pragmática

A qualidade pragmática é definida pelo relacionamento entre um modelo de processo e de seus leitores. Ela avalia se os leitores compreendem ou não o modelo, ou seja, se o modelo é compreensível por alguém. A qualidade pragmática é um objetivo importante

de um modelo, pois nem o melhor modelo possível será útil se não for possível entendê-lo [Wesenberg 2011]. Desta forma, qualquer interpretação de um modelo de processo deve corretamente refletir o processo que foi modelado, pois assim um leitor deste modelo pode acompanhar o comportamento do processo no mundo real através da análise do modelo de processo [Krogstie 2012].

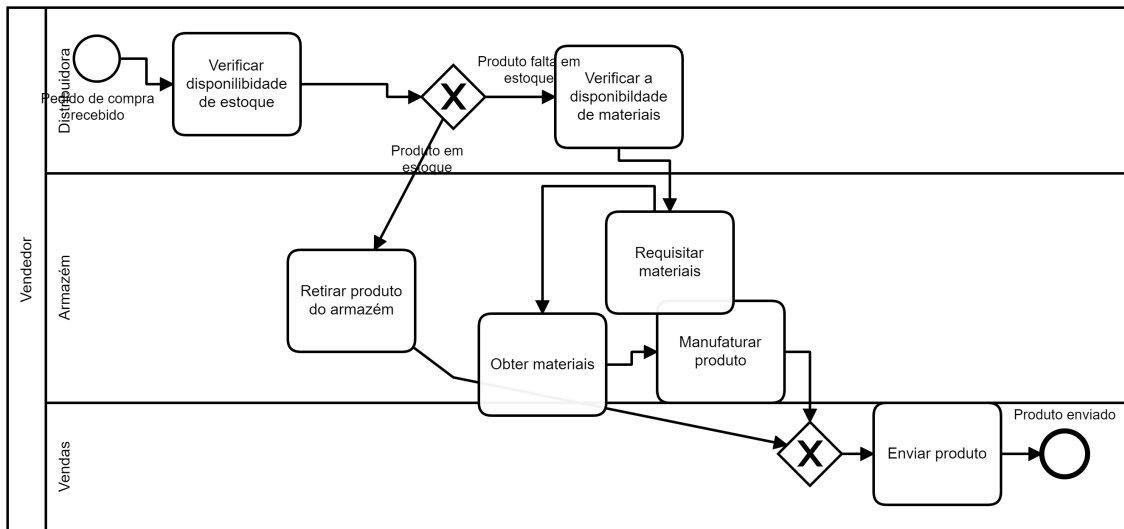
A compreensão do modelo depende primariamente de dois tipos de fatores [Dikici et al. 2018]. O primeiro tipo, fatores pessoais, contém fatores relacionados com a capacidade do leitor de ler e entender o modelo de processo, como a sua habilidade de aprendizado e sua familiaridade com modelos de processo, com suas notações e com o domínio sendo modelado. O segundo tipo, fatores do modelo de processo, contém fatores relacionados a compreensibilidade do modelo. A compreensibilidade de um modelo é definida por um conjunto de características desejáveis que fazem com que este seja inerentemente mais compreensível.

Garantir a compreensão humana de modelos de processo não é uma tarefa trivial, pois não existe um método simples e direto para garantir a qualidade pragmática de um modelo [Mendling et al. 2010]. Para melhorar a compreensão de um modelo, é necessário melhorar os fatores pessoais e/ou os fatores do modelo de processo [Dikici et al. 2018]. Entretanto, os fatores pessoais não são facilmente alterados, pois não é possível controlar quais pessoas iram ler um modelo. Desta forma, as principais abordagens para garantir a qualidade pragmáticas dos modelos de processo foca na melhoria da compreensibilidade do modelo.

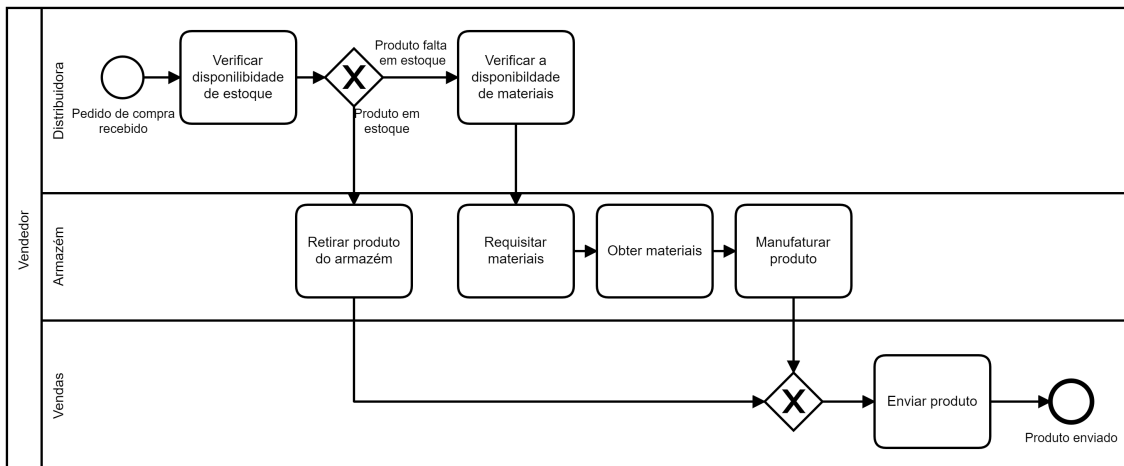
Entretanto, a melhoria desta compreensibilidade depende da experiência do modelador com a modelagem de processos [Figl 2017, Nelson et al. 2012] e com o seu conhecimento sobre o domínio do processo [Dikici et al. 2018]. Isto acontece porque, durante a modelagem de um processo, o modelador precisa lidar com complexidade da notação utilizada, seus diferentes elementos e suas respectivas semânticas [Leopold et al. 2016]. Logo, não é incomum que modelos de processo tenham problemas que prejudicam sua compreensão [Wesenberg 2011], tais como erros no controle de fluxo, estruturas e *layouts* mal projetados e nomenclaturas incorretas [Mendling and Strembeck 2008, Leopold et al. 2016]. Por exemplo, as Figuras 1.19 e 1.20 mostram dois modelos de um mesmo processo, sendo que o *layout* segundo modelo é melhor desenhado, permitindo a melhor compreensão desta versão.

Para instruir como melhorar a compreensibilidade do modelo, aplicam-se as *boas práticas de modelagem*, que guiam modeladores de processo através de regras simples que devem ser seguidas para que o modelo de processo tenha maior compreensibilidade [Mendling et al. 2010]. As boas práticas também são usadas de forma retroativa, realizando a transformação de um modelo de baixa compreensibilidade para um com alta compreensibilidade e que também preserva o comportamento original do processo [Krogstie 2012]. As boas práticas restringem o uso de construções inadequadas para ajudar os modeladores a reduzir a complexidade do modelo de processo e a quantidade de erros de modelagem.

As boas práticas de modelagem tipicamente descrevem como controlar as características do modelo de processo para que este seja mais compreensível. Um conjunto de boas práticas existentes na literatura são as chamadas Sete Boas Práticas de Modelagem (*Seven Process Modeling Guidelines - 7PMG*) [Mendling et al. 2010]. Estas regras



**Figura 1.19. Exemplo de modelo de processo com layout ruim (adaptado de [Dumas et al. 2018]).**



**Figura 1.20. Exemplo de modelo de processo com layout bom (adaptado de [Dumas et al. 2018]).**

contribuem para a redução de ambiguidade do conteúdo lógico do processo e da probabilidade de introdução de erros estruturais (ex.: *deadlock*, falta de sincronismo e *livelock*). Desta forma, o modelo é estruturalmente correto e possui alta compreensibilidade. As regras propostas neste conjunto são:

1. Usar a menor quantidade de elementos de modelagem possível.
2. Minimizar os fluxos de roteamento chegando e saindo de cada elemento.
3. Usar um evento de início e um evento de fim por processo.
4. Modelar de maneira mais estruturada possível, evitando, por exemplo, o uso de um XOR divergente, por exemplo seguido de um AND convergente, ocasionando falta de sincronismo.

5. Evitar o uso do elemento de modelagem OR.
6. Usar nomenclaturas “Verbo-Objeto” em *labels* de tarefas do processo.
7. Decompor o modelo de processo em subprocessos, caso ele tenha mais de 50 elementos de modelagem.

#### **1.4. Automação de Modelos de Processo de Negócio em BPMS**

Esta seção discute os métodos e as tecnologias existentes para a automação de modelos de processo. A execução de modelo de processo é fundamental para as fases de implementação e monitoramento e controle de processos, permitindo que os participantes destes processos realizem melhor o seu trabalho e que eles contribuam para novas métricas de performance que ajudem a melhorar o processo na próxima iteração do ciclo de vida.

Um BPMS é um sistema que suporta o projeto, a análise, a execução e o monitoramento de processo de negócio com base em seus modelos [Dumas et al. 2018]. O propósito de um BPMS é coordenar a execução de um processo automatizado para que as tarefas sejam realizadas na hora certa e pelo recurso apropriado. O uso de BPMS para a execução de processos tem vantagens, como a redução do esforço para realização do trabalho, a flexibilidade de integração de sistemas distintos, a transparência de execução e o cumprimento de regras organizacionais.

##### **1.4.1. Arquitetura de BPMS**

A figura 1.21 mostra a arquitetura de um BPMS, incluindo os cinco tipos de componentes presentes, que são o motor de execução, a ferramenta de modelagem de processo, a ferramenta de administração e monitoramento, o gerente da lista de trabalho e os serviços externos.

O *motor de execução* é o componente central de um BPMS, interagindo com os outros componentes de modo a executar os processos do sistema. Ele possui a habilidade de criar uma instância de um processo modelado, distribuir o trabalho entre os participantes do processo, resgatar e armazenar os dados necessários para a execução de um processo, comunicar-se com os serviços externos e executar as atividades do processo. Em prática, o motor de execução monitora a execução de todas as instâncias de processo ativas para coordenar quais atividades serão executadas em seguida. Ele faz isto criando itens de trabalho, que são instâncias de atividades a serem executadas das instâncias de processo ativas. O motor de execução distribui estes itens para recursos qualificados e autorizados a executá-los.

A *ferramenta de modelagem* de processos permite definir e armazenar como um processo funciona. O trabalho de automatização de um processo utiliza-se principalmente desta ferramenta, pois ela é responsável por definir o modelo do processo, os métodos de entrada e saída de dados, os participantes do processo responsáveis pela execução de cada atividade e todas as decisões e os processamentos realizados pelas atividades. O modelo de processo criado nesta ferramenta é armazenado em um *repositório de modelos de processo*, de onde ele poderá ser compartilhado e acessado. Deste repositório o modelo de processo também é acessado pelo motor de execução, o qual utiliza deste para determinar como o processo deve ser executado, gerando os itens de trabalho de acordo com a

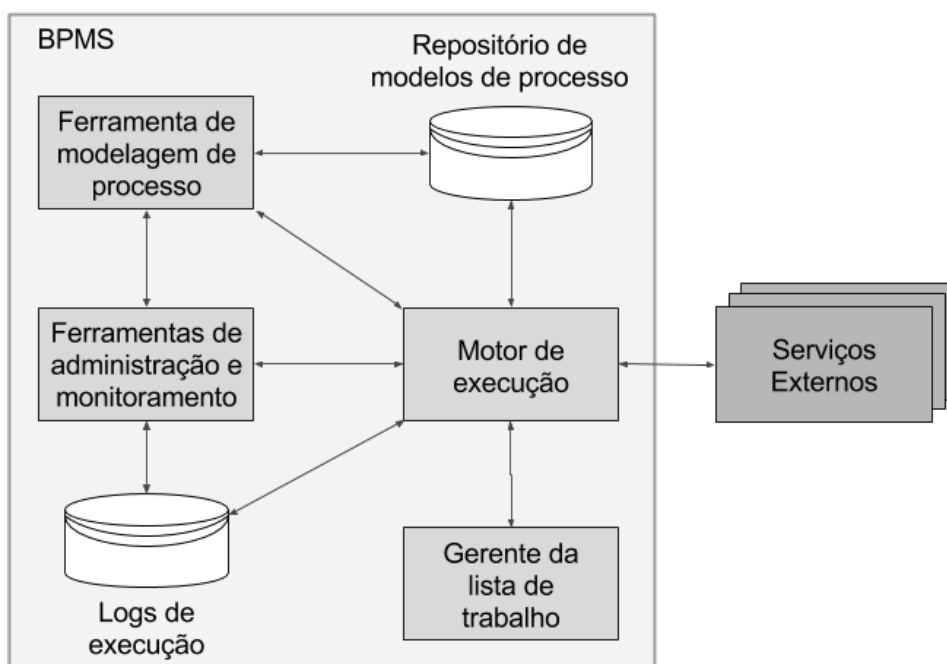


Figura 1.21. Arquitetura de um BPMS, adaptado de [Dumas et al. 2018].

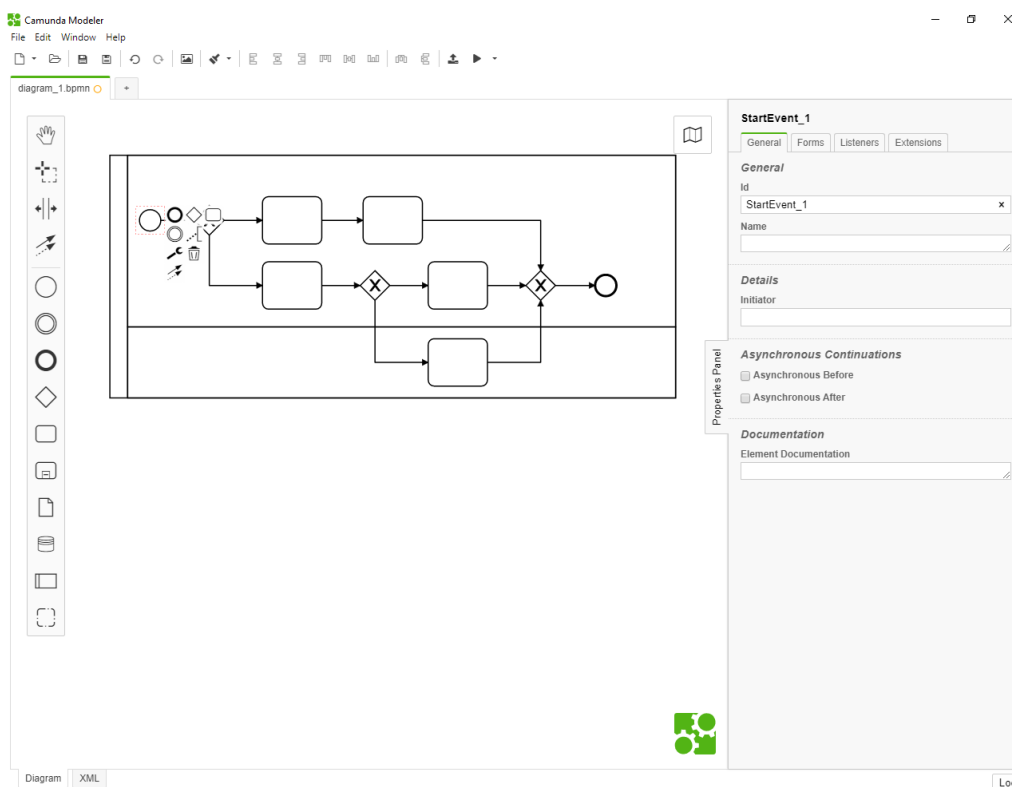
ordem temporal e lógica apresentada pelo modelo, alocando estes para os recursos corretos e utilizando os serviços externos necessários. A Figura 1.22 mostra a ferramenta de modelagem *Camunda Modeler* da Camunda <sup>1</sup>.

O *gerente da lista de trabalho* recebe do motor de execução quais itens de trabalho estão aguardando para serem executados e os disponibiliza aos devidos usuários, normalmente através de uma “caixa de entrada”, tal como uma de um cliente de e-mails. Quando um usuário seleciona um item de trabalho desta caixa de entrada, o gerente da lista de trabalho pode apresentar um formulário eletrônico contendo os dados de entrada e saída de uma atividade. Após os usuários informarem a ferramenta que completaram o item de trabalho selecionado, o motor de execução determina os próximos itens de trabalho a serem executados para aquela instância de processo específica. Dependendo das características do BPMS sendo utilizado, os usuários podem possuir controle avançado da lista de trabalho, permitindo a priorização de determinados itens de trabalho, a suspensão temporária dos mesmos e a transferência destes itens para outros usuários. A Figura 1.23 mostra um exemplo da lista de trabalho apresentada pela Bonita BPM <sup>2</sup>.

As *ferramentas de monitoramento e administração* permitem administrar a operação do BPMS, como, por exemplo, definir os usuários presentes e suas responsabilidades. Se um usuário estiver indisponível, como, por exemplo, devido a uma doença ou férias, ele não deve receber itens de trabalho a serem executados, portanto a ferramenta deve ser informada sobre esta indisponibilidade. Elas também permitem verificar os processos em andamento e quais as suas performances. Por exemplo, em casos excepcionais, itens de trabalho obsoletos podem ser removidos pelas ferramentas. Em um contexto maior, as

<sup>1</sup><https://camunda.com/>

<sup>2</sup><https://www.bonitasoft.com/>



**Figura 1.22. A ferramenta de modelagem *Camunda Modeler* da Camunda.**

ferramentas de monitoramento e administração podem agregar dados de diferentes instâncias, como tempo de execução ou número de instâncias que terminaram com sucesso.

Os *serviços externos* são sistemas externos ao BPMS que oferecem serviços importantes, tais como bases de dados ou servidores de e-mail. Um processo de negócio tal como definido por um modelo de processo pode exigir o uso de um serviço externo para executar alguma funcionalidade já implementada pela aplicação externa. Neste caso, a aplicação externa expõe uma interface de serviço que será chamada pelo motor de execução com os dados necessários para executar determinada tarefa para uma instância de processo. Ao completar o requisitado, o serviço externo retorna o resultado ao motor de execução, que registra o item de trabalho como concluído.

#### **1.4.2. Transformação de Modelo de Processo em Modelo Executável**

Os modelos de processo construídos durante a fase de descoberta de processos representam o estado atual do trabalho sendo executado em uma organização. Porém, o nível de detalhamento deste modelos normalmente é baixo, apresentando de forma conceitual o que é feito neste processo sem esclarecer totalmente como as atividades são executadas ou quais os dados são gerenciados. Para a automação dos modelos de processo, é necessário a transformação dos modelos ao nível conceitual para modelos executáveis.

Modelos executáveis apresentam diferenças com relação aos modelos conceituais, pois eles servem para objetivos diferentes. Modelos conceituais focam na facilidade de compreensão e transmissão de ideias e não são necessariamente precisos, podendo conter



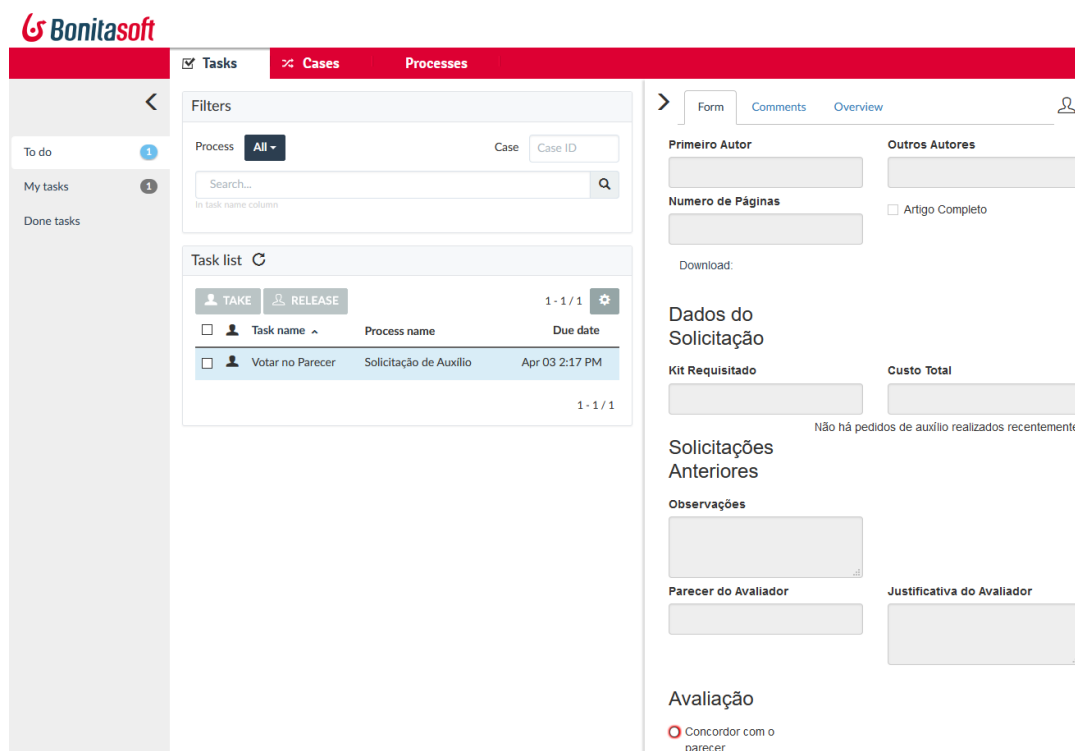


Figura 1.23. A lista de trabalho apresentada por Bonita BPM.

ambiguidades. O modelo executável, entretanto, necessita ser preciso, pois é interpretado por um BPMS [Dumas et al. 2018].

A transformação de um modelo conceitual para um executável segue cinco etapas [Dumas et al. 2018]: identificar as fronteiras de automatização, revisar as atividades manuais, completar o modelo de processo, atingir o nível de granularidade apropriado, e definir as propriedades de execução. A maneira como esta transformação é feita poderá ser acompanhada através do modelo apresentado na Figura 1.24, que representa um processo de solicitação de auxílio financeiro para a viagem a conferências.

Na etapa de *identificar as fronteiras de automatização* identifica-se quais atividades podem ser executadas pelo BPMS e quais não podem. As atividades são classificadas em tarefas *automatizadas*, *manuais* ou de *usuário*. As tarefas automatizadas são aquelas que podem ser realizadas pelo BPMS ou um serviço externo sem a intervenção humana. Em contrapartida, as tarefas manuais não podem ser realizadas com o auxílio de um software, necessitando que um participante do processo realize elas manualmente. As tarefas de usuário são um meio-termo entre as tarefas manuais e automatizadas, podendo ser realizadas no contexto do BPMS com a assistência de um participante do processo agindo como um usuário através da sua lista de trabalho no BPMS.

A distinção das tarefas é importante para identificar quais as barreiras que impedem a automatização do processo, assim como ele é representado no modelo conceitual. As tarefas manuais identificadas nesta etapa são analisadas na próxima etapa para determinar como realizar uma ligação entre a execução destas tarefas com o BPMS.

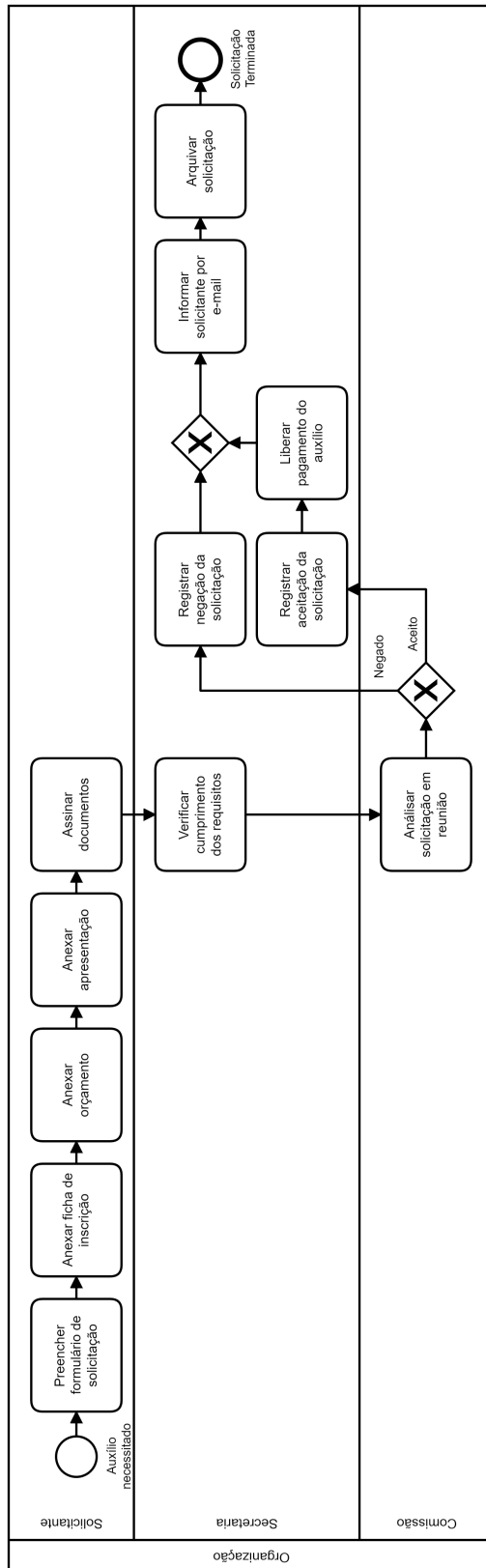
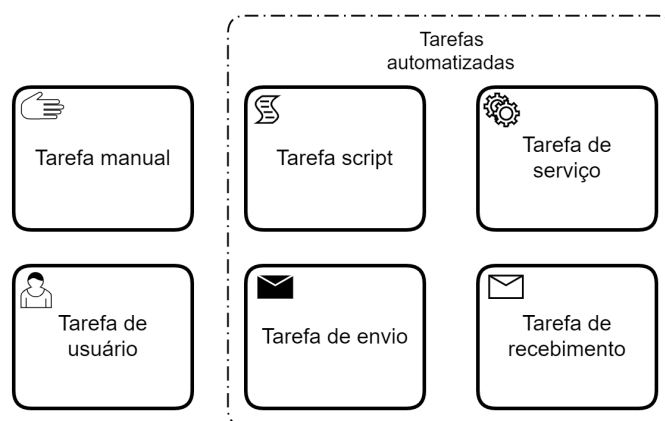


Figura 1.24. Modelo de solicitação de auxílio financeiro que queremos transformar em executável.



**Figura 1.25. Marcadores que definem os tipos de tarefas em BPMN.**

A BPMN 2.0 apresenta marcadores no canto superior-esquerdo das tarefas que permitem definir quais destas são automatizadas, manuais ou de usuário (ver Figura 1.25). O marcador de uma tarefa manual é uma mão, enquanto o marcador de tarefas de usuário é um ícone de usuário. Tarefas automatizadas são marcadas com 4 sub-tipos que representam a maneira com que a automatização é realizada. Estes sub-tipos são: tarefas *script*, nas quais o BPMS executa um código internamente; tarefas de *serviço*, são aquelas que o BPMS chama um serviço externo para realizar a atividade; tarefas de *envio*, que enviam uma mensagem para outra piscina do modelo; e tarefas de "recebimento", que recebem uma mensagem vinda de outra piscina do modelo.

Considerando as atividades apresentadas na Figura 1.24, percebe-se que várias atividades requerem a intervenção de uma pessoa. No início deste processo, o solicitante precisa enviar fisicamente um conjunto de documentos relevantes para a secretaria. A preparação destes documentos é uma séria de atividades manuais, que não podem ser automatizadas completamente pelo BPMS. O mesmo pode ser dito pelas atividades *Verificar o cumprimento dos requisitos*, *Analisar solicitação em reunião* e *Arquivar solicitação*, que dependem do formato dos documentos enviados pelo solicitante. Por outro lado, o restante das atividades podem ser automatizadas como atividades *script* ou de envio de mensagem.

Na etapa de *revisar as atividades manuais* identifica-se como é possível integrar as atividades manuais no BPMS. Objetiva-se transformar as tarefas manuais em tarefas automatizadas ou de usuário. Para isso, deve-se criar alguma maneira de informar que a tarefa foi concluída. No caso de uma tarefa automatizada, pode-se considerar o uso de alguma tecnologia que esteja integrada com a execução da tarefa manual para notificar o BPMS sobre a mesma, através do recebimento de uma mensagem. Caso isto não seja possível, uma tarefa de usuário pode ser usada para indicar ao usuário que ele execute a tarefa manual e retorne ao BPMS para informar quando a tarefa seja concluída.

No caso do processo de solicitação de auxílio financeiro, a revisão das atividades manuais transforma o modelo para a versão apresentada na Figura 1.26. Percebe-se que as atividades realizadas pelo solicitante foram transformadas em atividades de usuário, para que o BPMS receba estas informações como os dados de entrada do processo.

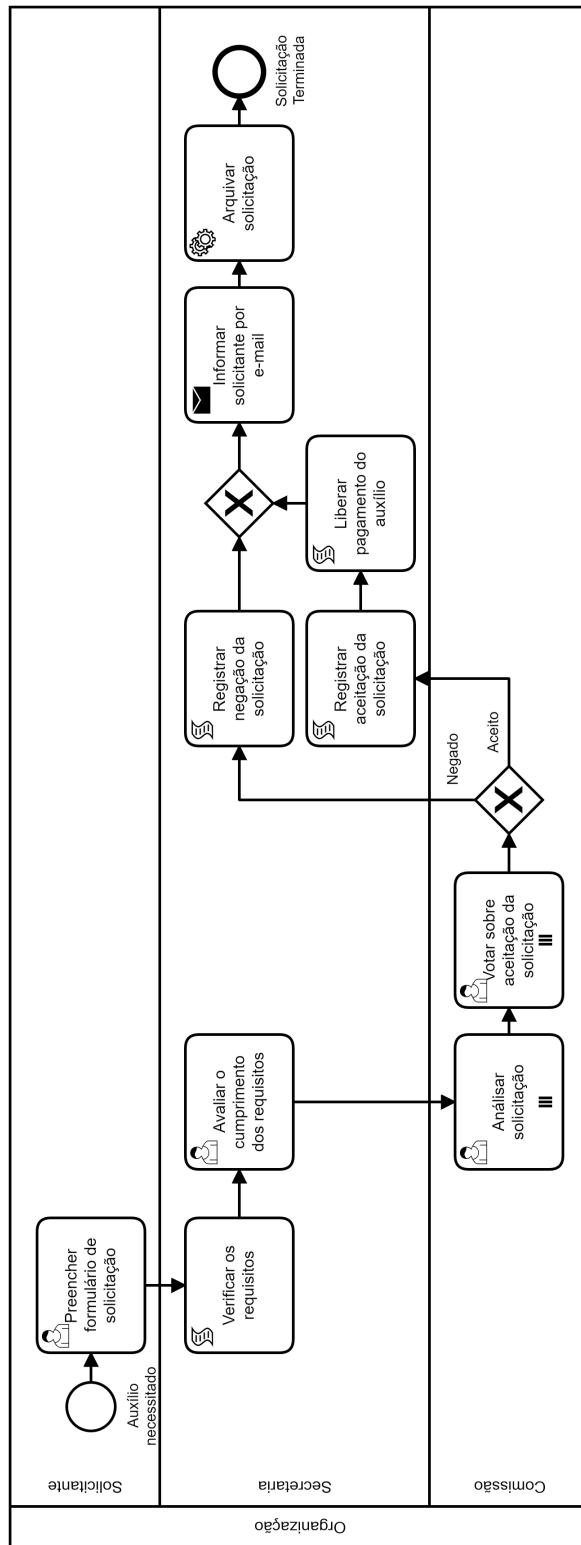


Figura 1.26. Modelo de solicitação de auxílio financeiro com as atividades manuais revisadas.

A atividade *verificar cumprimento dos requisitos*, feita pela secretaria, foi automatizada parcialmente, com uma tarefa *script* que verifica os requisitos através de um código e outra tarefa de usuário, que verifica o resultado da tarefa anterior. A análise da solicitação realizada anteriormente em uma reunião foi transformada em uma votação, dispensando a realização de uma reunião entre todos os participantes da comissão. Por fim, temos o arquivamento da solicitação, que foi transformada em uma atividade de serviço que chama o serviço adequado para armazenar os dados da solicitação que foi avaliada.

Alternativamente, pode não ser possível que uma tarefa manual seja automatizada. Por exemplo, tarefas manuais que frequentemente são realizadas sem ordem predefinida são inadequadas para a automatização no BPMS. Neste caso, estas tarefas devem ser isoladas ou removidas do modelo, para que o resto do processo seja automatizado. Entretanto, se grande parte do modelo for composto de tarefas manuais de difícil automatização, então a criação de um modelo executável pode não ser vantajoso ou ser impraticável.

Na etapa de *completar o modelo de processo* considera-se quais elementos precisam ser adicionadas ao modelo de processo conceitual para que este seja completo. É comum que este modelo não contenha todas as informações necessárias para a execução automatizada do processo, pois elas não foram consideradas importantes, assumindo que elas sejam de conhecimento comum, ou por elas não serem conhecidas pelos modeladores deste processo. Estas informações podem não afetar o entendimento do processo no nível conceitual, mas elas podem impedir a criação do modelo de processo executável.

Um caso de modelo que precisa ser completado é quando este não apresenta as situações negativas que podem acontecer durante a execução do processo. Estes modelos apresentam somente o cenário em que todas as atividades serão completadas com sucesso, negligenciando os problemas que podem acontecer e como estes problemas devem ser resolvidos para voltar à execução esperada do processo. Portanto, para completar estes modelos, deve-se considerar quais os possíveis casos de exceção que pode acontecer e modela-los, permitindo assim que estes aspectos sejam executados pelo BPMS.

Para completar o modelo também é preciso especificar todos os objetos de dados eletrônicos que servem de entrada e saída para as atividades do processo. Estes objetos podem ser utilizados pelas BPMS para tomar decisões de controle de fluxo do processo ou para passar informações entre atividades. A Figura 1.27 mostra o modelo de solicitação de auxílio financeiro completado. Anteriormente, o modelo não considerava o que aconteceria se a solicitação não cumprisse os requisitos avaliados pela secretaria. Também não era apresentado os documentos enviados pelo solicitante e quais atividades recebiam estes documentos durante suas execuções.

Na etapa *Atingir o nível de granularidade apropriado* é considerado o quão detalhado o modelo executável precisa ser durante sua execução pelo BPMS. Para isto, deve-se ter em mente que o BPMS gerencia a coordenação do processo e de suas atividades entre diferentes recursos que podem executa-las. Logo, se atividades são realizadas de forma sequencial pelo mesmo recurso, é preferível que estas atividades sejam agregadas em uma única atividade, de forma com que o BPMS não interfira no trabalho deste recurso com uma coordenação de atividades desnecessária.

Portanto, a agregação de tarefas feitas consecutivamente simplifica o modelo de

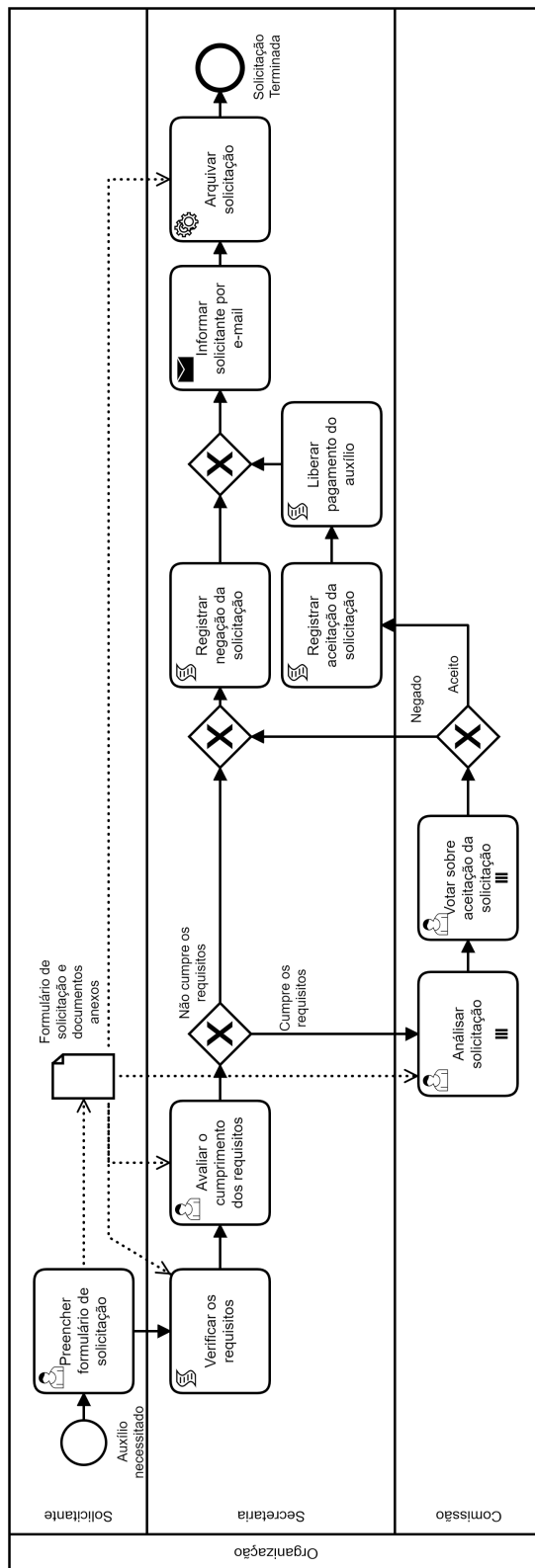


Figura 1.27. Modelo de solicitação de auxílio financeiro completo.

processo. O modelo apresentado na Figura 1.27 já apresenta a agregação das atividades realizadas pelo solicitante, pois se considera que na tarefa de usuário é possível criar um formulário que receba os documentos que anteriormente eram anexados manual e individualmente.

Por outro lado, é possível que não seja adequado agregar atividades mesmo quando elas são consecutivas e realizadas pelo mesmo recurso. Dependendo do que é realizado pelas atividades, pode ser desejável que o BPMS monitore quando cada atividade é completada, monitorando assim o progresso do processo e sendo possível gerenciar eventuais problemas de cada atividade. Também é possível que uma atividade precise ser dividida em múltiplas atividades, para permitir que cada atividade seja realizada por recursos diferentes.

Na última etapa *Definir as propriedades de execução* é definido como o processo funciona no BPMS, ou seja, a programação do processo. Não é suficiente, por exemplo, criar a atividade *Arquivar solicitação* e ligar ela com os dados de entrada. É necessário especificar as *propriedades de execução* desta atividade, como por exemplo, o serviço que é chamado pela atividade, os dados que devem ser enviados a este serviço e como receber os dados presentes na resposta desta chamada.

As propriedades de execução não possuem uma representação gráfica na BPMN 2.0. Eles são armazenados na representação textual da notação em código XML, o que facilita o uso de modelos BPMN 2.0 entre diferentes ferramentas. As regras definidas para a semântica dos elementos da BPMN 2.0 são expressas pelo código XML para que não exista ambiguidade entre as ferramentas de como deve funcionar a lógica de cada elemento da notação [Santos et al. 2019]. As possíveis propriedades de execução existentes são:

- *Variáveis do processo, mensagens, sinais, erros*, que definem os dados do processo que são gerenciados pelo BPMS e que persistem entre a execução de diferentes elementos do processo. Cada objeto de dados é uma variável do processo. O mesmo se aplica a mensagens, sinais e erros, que devem ser definidas com um tipo de dados.
- *Variáveis de atividades e eventos*, que definem os dados cujo tempo de vida é limitado ao tempo de execução de uma atividade ou evento. Um exemplo destas variáveis são as interfaces entre os dados de entrada e saída das atividades, dos eventos e dos dados presentes no processo ou em mensagens, sinais e erros.
- *Atividades de Serviços*, que necessitam estabelecer como a atividade irá se comunicar com um serviço externo para a sua execução. Para isto, defini-se uma *interface de serviço*, que determina os protocolos de comunicação com o serviço e onde o serviço pode ser localizado. Cada interface contém uma ou mais *operações de serviço* que descrevem maneiras de interagir com o serviço externo. Cada operação é associada com uma mensagem do modelo BPMN 2.0, ligando assim o tipo de dados da mensagem com a operação.
- *Atividades ou Eventos de Comunicação*, que enviam ou recebem mensagens para ou de um serviço externo. Elas são um caso especial das atividades de serviço, sendo caracterizadas pela direção única das mensagens. Por exemplo, uma atividade de envio de mensagem somente envia os seus dados de entrada ao serviço externo, mas não espera nenhuma resposta. Desta forma, o processo não precisa parar a espera

do envio ou recebimento de mensagens.

- *Atividades de Script*, que necessitam de um trecho de código para ser executado pelo BPMS. Este código é escrito por qualquer linguagem de programação que o BPMS aceite. Os dados de entrada da atividade servem como os parâmetros de entrada para o código, enquanto os dados de saída recebem os resultados do mesmo.
- *Atividades de Usuário*, nas quais precisa-se definir quais participantes do processo podem executar estas atividades, quais os dados de entradas são apresentados ao participante, quais dados de saída recebem os resultados e como os participantes irão interagir com a atividade. Para esta interação, cria-se um formulário eletrônico que organiza como os dados de entrada e saída são apresentados em uma tela. Também determina-se como atribuir o item de trabalho gerado pela atividade de usuário a um participante disponível para realizá-la e como ele é alertado sobre a disponibilidade deste item de trabalho.
- *Expressões de tarefas, eventos e fluxos de sequência*, nas quais são definidas as condições para a execução destes elementos. Por exemplo, os fluxos de sequência que partem de um *gateway* condicional possuem condições que precisam ser verificadas através de expressões que resultam em valores *booleanos*. Da mesma forma, atividades em *loop* precisam de uma expressão para determinar quando este *loop* termina. Eventos de tempo precisam de uma expressão temporal que determina uma duração, um intervalo ou um dia e hora específicos para quando o evento será ativado.
- *Propriedades específicas ao BPMS*, nas quais certas configurações que variam conforme o BPMS escolhido precisam ser definidas. Estas podem ser a maneira como as atividades de usuário são apresentadas aos seus recipientes, ou como um processo executável se conecta com o sistema da organização. BPMSs tipicamente oferecem *conectores de serviço* que implementam a conexão a sistemas comuns, como bases de dados, e-mail, agenda, entre outros.

### 1.4.3. Introdução a Tipos de BPMS Existentes

Para qualquer projeto de automação de processos, existem diversas plataformas de BPMS disponíveis no mercado. Os vendedores destas plataformas oferecem conjuntos de funcionalidades diferentes, podendo cobrir fases diferentes do ciclo de vida [Dumas et al. 2018]. Por exemplo, algumas plataformas oferecem livre acesso a módulos de modelagem de processo, reservando a requisição de licenças proprietárias para funcionalidades de análise, automação e monitoramento dos processos. Esta seção compara 4 plataformas BPMS diferentes (ver Tabela 1.1), duas de código-livre e duas proprietárias: A Bonita, a Signavio Process Manager, a Bizagi e a Camunda BPM.

A *Bonita* é uma plataforma de código-aberto criada em 2001. Ela é escrita em Java e possui versões disponíveis em Inglês, Português, e outras linguagens. O uso da plataforma pode ser feito através da *Community Edition*, que não possui custo, ou da *Subscription Edition*, que requer uma assinatura, mas apresenta mais funcionalidades. Ambas as edições permitem a automação de processos.

A *Signavio Process Manager* é um BPMS criado em 2009 com acesso restrito a compradores. Apesar disto, professores e estudantes de universidades podem ter acesso limitado a suas funcionalidades através de uma versão acadêmica da plataforma. A plata-



**Tabela 1.1. Comparação de BPMS**

	Bonita	Signavio	Bizagi	Camunda
Licença	GNUv2	Proprietária	Proprietária	Apache License
Suporte a Base de Dados	mySQL, SQL, Oracle	mySQL, SQL, Oracle	SQL, Oracle	mySQL, SQL, Oracle, Outros
Servidor Aplicação	jBoss, Tomcat, Outros	Tomcat	IIS	jBoss, Tomcat, Wildfly, Oracle, Outros
Modelagem Grátis	Sim	Não	Sim	Sim
Automação Grátis	Sim	Não	Não	Sim

forma está disponível em Inglês, Alemão e Francês.

A *Bizagi* é uma plataforma que oferece a automação de processo BPMN 2.0 através de três módulos: *Bizagi Modeler*, *Studio* e *Automation*. Os dois primeiros módulos são de livre acesso e eles oferecem as funcionalidades necessárias para a criação de modelos de processo e a automação destes em ambientes de teste. Entretanto, para utilizar estes modelos automatizados para trabalho, é necessário o módulo *Automation*, que possui custo. A Bizagi está disponível em Inglês, Português, e outras linguagens.

A *Camunda BPM* é uma plataforma de código-aberto criada em 2013. Ela é escrita em Java e está disponível em Inglês. O módulo de modelagem de processos da Camunda também está disponível a uso pela web<sup>3</sup>. Para automatizar modelos, é necessário que as propriedades de execução de processos sejam definidas na ferramenta de modelagem e executadas pelo módulo *BPMN Workflow Engine*, que contém o motor de execução do BPMS.

Um aspecto importante destas ferramentas é como elas garantem a qualidade dos modelos de processo criados e executados por elas. Diversos anti-padrões existem que podem causar problemas para a qualidade sintática, semântica e pragmática de um modelo [Rozman and Horvat 2008]. Apesar de que todas as ferramentas apresentadas nesta seção utilizam a BPMN 2.0 como notação padrão, as respostas delas em frente a anti-padrões encontrados são diferentes [de Brito Dias et al. 2019]. Por exemplo, para um mesmo anti-padrão, cada ferramenta pode apresentar uma mensagem de erro, de alerta, ou nenhuma mensagem. Similarmente, cada um destes BPMSs pode apresentar suporte a um conjunto de boas práticas de modelagem. Entretanto, quais boas práticas foram integradas nas ferramentas de modelagem e como elas são verificadas e apresentadas varia entre os BPMSs [Snoeck et al. 2015]. Logo, ao selecionar qual BPMS para a automação de processo, deve-se dar atenção ao suporte existente nestas ferramentas para a qualidade dos modelos de processo.

<sup>3</sup><https://bpmn.io>

#### 1.4.4. Mineração de Processos

Uma das vantagens da utilização de BPMS para a automação de processo são os *logs de execução* gerados [Dumas et al. 2018]. *Logs* de execução, também conhecidos como *logs de eventos*, contém gravações dos eventos que acontecem durante a execução de um modelo de processo, ou seja, de quais atividades, eventos e decisões aconteceram passo-a-passo [Van Der Aalst 2016]. Em cada evento é armazenado também outras informações, como os dados do processo naquele momento, quem foi responsável por executá-lo e quando ele foi executado. O BPMS utiliza estes *logs* para realizar o monitoramento e o controle do processo.

Após exportados, os *logs* permitem a análise da execução de processo através da mineração de seus dados. No contexto da BPM, chamamos esta análise de *mineração de processos*, onde se utiliza ambas as perspectivas de dados e de processos para extrair conhecimento sobre processos [Van Der Aalst 2016]. Por exemplo, uma das técnicas possíveis através da mineração de processo é a descoberta automática de processos a partir dos *logs* de eventos [Fahland and van der Aalst 2015]. Para isto, analisa-se com um algoritmo a ordem cronológica de eventos de cada instância de um processo. Com base nestas ordens, o algoritmo tenta determinar o melhor modelo de processo que consiga replicar as mesmas ordens de eventos analisadas. Os critérios que definem a qualidade deste modelo podem ser, por exemplo, a sua cobertura dos eventos presentes no log, a sua precisão, sua generalização ou sua simplicidade [Van Der Aalst 2016]. Outras técnicas possíveis pela mineração de processos é a verificação da conformidade, na qual se verifica se um modelo de processo consegue replicar os eventos gravados no *log*, e a análise de performance, onde se utiliza o conhecimento extraído dos *logs* e dos modelos de processo para avaliar a performance deste e possivelmente melhorá-lo [Van Der Aalst et al. 2012].

#### 1.5. Resumo do Capítulo

Este capítulo apresentou a disciplina de BPM. Os principais conceitos de BPM foram discutidos, incluindo a definição e ilustração de processo de negócio. O capítulo também descreveu o ciclo de vida de BPM. Neste contexto, foram definidas as fases de identificação, descoberta, análise, redesenho, implementação e monitoramento, observando que o ciclo pode ser executado mais de uma vez em um projeto de BPM. O capítulo também apresentou os principais papéis relacionados ao ciclo de vida, incluindo o gerente de time, proprietário de processo, participante do processo, analista de processo, engenheiro de processo e grupo de BPM. Nem sempre, um projeto de BPM inclui todos estes papéis, mas é importante que a organização tenha um time de BPM em suas iniciativas de BPM.

O capítulo discutiu iniciativas que evidenciam as principais aplicabilidades de BPM, tal como na educação, meio ambiente, saúde e entretenimento. Importante observar que existem diversos outros domínios onde BPM vem sendo aplicado (ex.: bioinformática, atividades governamentais), objetivando maior documentação e padronização de processos. O capítulo descreveu a modelagem de processos de negócio, apresentando as técnicas para descoberta de processos, assim como os principais elementos básicos e avançados da BPMN 2.0, seguidos de exemplos ilustrativos. Neste contexto, foram apresentados diversas abordagens emergentes relacionados a este tema, com ênfase nos trabalhos de descoberta de processos.

Foi coberto também a importância da qualidade de modelos de processo em uma organização. A qualidade foi definida em três tipos, sintática, semântica e pragmática, e para cada tipo foi descrito quais características são avaliadas, como elas são avaliadas, quais problemas podem ocorrer em modelos sem este tipo de qualidade e como é possível garantir que modelos tenham esta qualidade. Com relação à qualidade pragmática, apresentou-se o que são boas práticas de modelagem, para que servem e um conjunto de boas práticas existentes na literatura.

Por fim, este capítulo discutiu a automação dos modelos de processo criados em BPMSs. Mostrou-se qual é a arquitetura comum de BPMSs, como ele ajuda a modelagem, execução e monitoramento de processos e como usuários podem interagir com os processos executados por ele. Após isto, foi demonstrado, através de um exemplo, como um modelo de processo pode ser transformado para uma versão que possa ser executada por um BPMS. Foi apresentado também uma comparação entre alguns BPMSs existentes no mercado e como podemos utilizar os logs de execução de processos obtidos de um BPMS para a mineração de processos.

## Referências

- [Biazus et al. 2019] Biazus, M., dos Santos, C. H., Takeda, L. N., Palazzo Moreira de Oliveira, J., Fantinato, M., Mendling, J., and Thom, L. H. (2019). Software resource recommendation for process execution based on the organization's profile. In Hartmann, S., Küng, J., Chakravarthy, S., Anderst-Kotsis, G., Tjoa, A. M., and Khalil, I., editors, *Database and Expert Systems Applications - 30th International Conference, DEXA 2019, Linz, Austria, August 26-29, 2019, Proceedings, Part II*, volume 11707 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 118–128. Springer.
- [Caporale 2016] Caporale, T. (2016). A tool for natural language oriented business process modeling. In Hochreiner, C. and Schulte, S., editors, *Proceedings of the 8th ZEUS Workshop, Vienna, Austria, January 27-28, 2016.*, volume 1562 of *CEUR Workshop Proceedings*, pages 49–52. CEUR-WS.org.
- [de Brito Dias et al. 2019] de Brito Dias, C. L., Dani, V. S., Mendling, J., and Thom, L. H. (2019). Anti-patterns for process modeling problems: An analysis of BPMN 2.0-based tools behavior. In *Business Process Management Workshops*, pages 745–757. Springer International Publishing.
- [Dikici et al. 2018] Dikici, A., Turetken, O., and Demirors, O. (2018). Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 93:112–129.
- [Drăgan et al. 2014] Drăgan, M., Ivana, D., and Arba, R. (2014). Business process modeling in higher education institutions. developing a framework for total quality management at institutional level. *Procedia Economics and Finance*, 16:95 – 103. 21st International Economic Conference of Sibiu 2014, IECS 2014 Prospects of Economic Recovery in a Volatile International Context: Major Obstacles, Initiatives and Projects.
- [Dumas et al. 2012] Dumas, M., Rosa, M. L., Mendling, J., Mäesalu, R., Reijers, H. A., and Semenenko, N. (2012). Understanding business process models: The costs and

- benefits of structuredness. In *Proc. of the 24th Int. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE)*, volume 7328 of *LNCS*, pages 31–46, Berlin Heidelberg. Springer.
- [Dumas et al. 2018] Dumas, M., Rosa, M. L., Mendling, J., and Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management, Second Edition*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Enríquez et al. 2019] Enríquez, F., Troyano, J. A., and Romero-Moreno, L. M. (2019). Using a business process management system to model dynamic teaching methods. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(3):275 – 291.
- [Fahland and van der Aalst 2015] Fahland, D. and van der Aalst, W. M. (2015). Model repair — aligning process models to reality. *Information Systems*, 47:220–243.
- [Ferreira et al. 2017] Ferreira, R. C. B., Thom, L. H., and Fantinato, M. (2017). A semi-automatic approach to identify business process elements in natural language texts. In Hammoudi, S., Smialek, M., Camp, O., and Filipe, J., editors, *ICEIS 2017 - Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume 3, Porto, Portugal, April 26-29, 2017*, pages 250–261. SciTePress.
- [Figl 2017] Figl, K. (2017). Comprehension of procedural visual business process models: A literature review. *Business and Information Systems Engineering*, 59(1):41–67.
- [Friedrich et al. 2011] Friedrich, F., Mendling, J., and Puhlmann, F. (2011). Process model generation from natural language text. In Mouratidis, H. and Rolland, C., editors, *Advanced Information Systems Engineering - 23rd International Conference, CAiSE 2011, London, UK, June 20-24, 2011. Proceedings*, volume 6741 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 482–496. Springer.
- [Gassen et al. 2014] Gassen, J. B., Mendling, J., Thom, L. H., and Oliveira, J. P. M. d. (2014). Business process modeling: Vocabulary problem and requirements specification. In *Proc. of the 32nd ACM Int. Conf. on The Design of Communication (SIGDOC)*, pages 1–10, New York, USA. ACM.
- [Kalsing et al. 2013] Kalsing, A. C., Iochpe, C., Thom, L. H., and do Nascimento, G. S. (2013). Evolutionary learning of business process models from legacy systems using incremental process mining. In Hammoudi, S., Maciaszek, L. A., Cordeiro, J., and Dietz, J. L. G., editors, *ICEIS 2013 - Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume 2, Angers, France, 4-7 July, 2013*, pages 58–69. SciTePress.
- [Krogstie 2012] Krogstie, J. (2012). *Model-Based Development and Evolution of Information Systems*. Springer London, London.
- [Krogstie 2016] Krogstie, J. (2016). *Quality in Business Process Modeling*. Springer International Publishing.

- [Lenz et al. 2012] Lenz, R., Peleg, M., and Reichert, M. (2012). Healthcare process support: Achievements, challenges, current research. *International Journal of Knowledge-Based Organizations (IJKBO)*, 2(4).
- [Leopold 2013] Leopold, H. (2013). *Natural Language in Business Process Models - Theoretical Foundations, Techniques, and Applications*, volume 168 of *Lecture Notes in Business Information Processing*. Springer.
- [Leopold and Mendling 2012] Leopold, H. and Mendling, J. (2012). Automatic derivation of service candidates from business process model repositories. In Abramowicz, W., Kriksciuniene, D., and Sakalauskas, V., editors, *BIS*, volume 117 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, pages 84–95. Springer.
- [Leopold et al. 2016] Leopold, H., Mendling, J., and Gunther, O. (2016). Learning from quality issues of BPMN models from industry. *IEEE Software*, 33(4):26–33.
- [Leopold et al. 2012] Leopold, H., Mendling, J., and Polyvyanyy, A. (2012). Generating natural language texts from business process models. In *Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, pages 64–79. Springer International Publishing.
- [Mendling et al. 2019] Mendling, J., Leopold, H., Thom, L. H., and van der Aa, H. (2019). Natural language processing with process models (NLP4RE report paper). In *Joint Proceedings of REFSQ-2019 Workshops, Doctoral Symposium, Live Studies Track, and Poster Track co-located with the 25th International Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ 2019), Essen, Germany, March 18th, 2019*, volume 2376 of *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS.org.
- [Mendling et al. 2010] Mendling, J., Reijers, H. A., and van der Aalst, W. M. P. (2010). Seven process modeling guidelines (7pmg). *Inf. Softw. Technol.*, 52(2):127–136.
- [Mendling and Strembeck 2008] Mendling, J. and Strembeck, M. (2008). Influence factors of understanding business process models. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 7 LNBIP:142–153.
- [Nelson et al. 2012] Nelson, H. J., Poels, G., Genero, M., and Piattini, M. (2012). A conceptual modeling quality framework. *Software Quality Journal*, 20(1):201–228.
- [Object Management Group (OMG) 2011] Object Management Group (OMG) (2011). Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. *Business*, 50(January):170.
- [Ottenssooser et al. 2012] Ottenssooser, A., Fekete, A., Reijers, H. A., Mendling, J., and Menictas, C. (2012). Making sense of business process descriptions: An experimental comparison of graphical and textual notations. *Journal of Systems and Software*, 85(3):596–606.
- [Priego-Roche et al. 2012] Priego-Roche, L.-M., Thom, L. H., Front, A., Rieu, D., and Mendling, J. (2012). Business process design from virtual organization intentional models. In Ralyté, J., Franch, X., Brinkkemper, S., and Wrycza, S., editors, *CAiSE*, volume 7328 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 549–564. Springer.

- [Reichert and Pryss 2017] Reichert, M. and Pryss, R. (2017). Flexible support of health-care processes. In Combi, C., Pozzi, G., and Veltri, P., editors, *Process Modeling and Management for Healthcare*, pages 35–66. Taylor & Francis Group.
- [Reijers et al. 2015] Reijers, H. A., Mendling, J., and Recker, J. (2015). Business process quality management. In *Handbook on Business Process Management 1*, pages 167–185. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Rozman and Horvat 2008] Rozman, T. and Horvat, R. (2008). Analysis of most common process modelling mistakes in bpmn process models. In *2008 BPM and Workflow Handbook*. University of Maribor Slovenia.
- [Santos et al. 2019] Santos, C. H. D., Thom, L. H., Cota, É., and Fantinato, M. (2019). Supporting BPMN tool developers through meta-algorithms. *International Journal of Business Information Systems*, 32(4):460.
- [Silva et al. 2019] Silva, T. S., Avila, D. T., Flesch, J. A., Peres, S. M., Mendling, J., and Thom, L. H. (2019). A service-oriented architecture for generating sound process descriptions. In *23rd IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, EDOC 2019, Paris, France, October 28-31, 2019*, pages 1–10. IEEE.
- [Snoeck et al. 2015] Snoeck, M., de Oca, I. M.-M., Haegemans, T., Scheldeman, B., and Hoste, T. (2015). Testing a selection of BPMN tools for their support of modelling guidelines. In *Lecture Notes in Business Information Processing*, pages 111–125. Springer International Publishing.
- [Sánchez-Ferreres et al. 2020] Sánchez-Ferreres, J., Delicado, L., Andaloussi, A. A., Burrattin, A., Calderón-Ruiz, G., Weber, B., Carmona, J., and Padró, L. (2020). Supporting the process of learning and teaching process models. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, pages 1–1.
- [Thom et al. 2010] Thom, L., Reichert, M., Iochpe, C., and de Oliveira, J. P. M. (2010). Why rigid process management technology hampers computerized support of health-care processes. In *X Workshop on Medical Informatics (WIM'2010), Workshop held in conjunction with SBC'10 Congress*, pages 1522–1531.
- [Thom et al. 2009] Thom, L. H., Reichert, M., and Iochpe, C. (2009). On the support of workflow activity patterns in process modeling tools: Purpose and requirements. In *Proc. of the 3rd Workshop on Business Process Management (WBPM)*, pages 1–6, Porto Alegre, Brazil. Brazilian Computing Society.
- [Van Der Aalst 2016] Van Der Aalst, W. (2016). *Process Mining*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Van Der Aalst et al. 2012] Van Der Aalst, W., Adriansyah, A., de Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blicke, T., Bose, J. C., van den Brand, P., Brandtjen, R., Buijs, J., Burrattin, A., Carmona, J., Castellanos, M., Claes, J., Cook, J., Costantini, N., Curbera, F., Damiani, E., de Leoni, M., Delias, P., van Dongen, B. F., Dumas, M., Dustdar, S., Fahland, D., Ferreira, D. R., Gaaloul, W., van Geffen, F., Goel, S., Günther, C.,

- Guzzo, A., Harmon, P., ter Hofstede, A., Hoogland, J., Ingvaldsen, J. E., Kato, K., Kuhn, R., Kumar, A., Rosa, M. L., Maggi, F., Malerba, D., Mans, R. S., Manuel, A., McCreesh, M., Mello, P., Mendling, J., Montali, M., Motahari-Nezhad, H. R., zur Muehlen, M., Munoz-Gama, J., Pontieri, L., Ribeiro, J., Rozinat, A., Pérez, H. S., Pérez, R. S., Sepúlveda, M., Sinur, J., Soffer, P., Song, M., Sperduti, A., Stilo, G., Stoel, C., Swenson, K., Talamo, M., Tan, W., Turner, C., Vanthienen, J., Varvaressos, G., Verbeek, E., Verdonk, M., Vigo, R., Wang, J., Weber, B., Weidlich, M., Weijters, T., Wen, L., Westergaard, M., and Wynn, M. (2012). Process mining manifesto. In *Business Process Management Workshops*, pages 169–194, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- [Van Der Aalst 2013] Van Der Aalst, W. M. P. (2013). Business process management: A comprehensive survey. *ISRN Software Engineering*, 2013:1–37.
- [vom Brocke et al. 2012] vom Brocke, J., Seidel, S., and Recker, J., editors (2012). *Green Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Vuksic and Bach 2012] Vuksic, V. B. and Bach, M. P. (2012). Simulation Games in Business Process Management Education. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 6(9):6.
- [Weber et al. 2009] Weber, B., Sadiq, S. W., and Reichert, M. (2009). Beyond rigidity - dynamic process lifecycle support. *Comput. Sci. Res. Dev.*, 23(2):47–65.
- [Wesenberg 2011] Wesenberg, H. (2011). Enterprise modeling in an agile world. In *Lecture Notes in Business Information Processing*, pages 126–130. Springer Berlin Heidelberg.
- [Weske 2012] Weske, M. (2012). *Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Weske 2019] Weske, M. (2019). *Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures, Third Edition*. Springer.

## Capítulo

# 2

## Como Protocolos Inovadores são Criados e Adotados em Escala Mundial: Uma visão sobre o Internet Engineering Task Force (IETF) e a Infraestrutura da Internet

Juliao Braga, Jéferson Campos Nobre, Lisandro Zambenedetti Granville and Marcelo Anderson Batista dos Santos

### *Abstract*

*The IETF is responsible for the standardization and development of Internet protocols and this is based on the voluntary participation of professionals, academics, and researchers from around the world. Volunteers work together through email lists and in three face-to-face meetings yearly. This proposal considers the importance of identifying multidisciplinary opportunities around the Internet Engineering Task Force (IETF) in the process of creating or improving innovative standards on the Internet. We will discuss the organization of working groups, highlighting discussions ranging from protocols known as the Internet Protocol (IP) to research groups such as Things-to-Things (T2TRG) that discuss standards on the Internet of Things (IoT). The opportunity to discuss theoretical/practical challenges and manners of collaboration at the IETF opens up a vast prospect of inclusion for the Brazilian community, as it becomes aware of how the IETF is constituted and remains active, vigilant and prepared for the necessary changes for the smooth functioning of the Internet. The multidisciplinary, in the field of computing science that aggregates the volunteering of the IETF, is evident and needs the active help of people with diversified knowledge and in areas other than, necessarily, networks. In this way, this chapter covers since basic foundations on the Internet, the functioning of the IETF, the process of development of new protocols, as well as the necessary tools and rules for writing an Internet-Draft (I-D).*

### *Resumo*

*O IETF é o responsável pela padronização e desenvolvimento dos protocolos da Internet e faz isto através da participação voluntária de profissionais, acadêmicos e pesquisadores do mundo inteiro. Voluntários trabalham em conjunto através de lista de email e se*



reúnem presencialmente em três encontros por ano. Assim, esta proposta considera a importância de identificar as oportunidades multidisciplinares que circulam em torno do *Internet Engineering Task Force (IETF)* no processo de criação ou melhoria de padrões inovadores na Internet. Iremos abordar a organização de grupos de trabalhos, evidenciando discussões que vão desde protocolos conhecidos como o *Internet Protocol (IP)* até grupos de pesquisa como o *Things-to-Things (T2TRG)* que discute padrões sobre Internet das Coisas (IoT). A oportunidade de discutir de forma teórica/prática os desafios e formas de colaboração no IETF abre uma enorme perspectiva de inclusão da comunidade brasileira, ao tomar conhecimento de como o IETF se constitui e se mantém ativo, vigilante e preparado para as mudanças necessárias para o bom funcionamento da Internet. A multidisciplinaridade, no âmbito da computação, que agrega o voluntariado do IETF é evidente e necessita da ajuda efetiva de pessoas com conhecimento diversificado e em outras áreas que não, necessariamente a de redes. Dessa forma, este capítulo aborda desde fundamentos básicos sobre a Internet, o funcionamento do IETF, o processo de desenvolvimento de novos protocolos, bem como as ferramentas e regras necessárias para escrita propriamente de um *Internet Draft (I-D)*.

## 2.1. Introdução

Diversas entidades de padronização buscam definir e estabelecer padrões para que as Redes de Computadores funcionem da melhor maneira possível. Entre essas entidades, podem ser citados o *Institute of Electrical and Electronics (IEEE)* e o *International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)*. No contexto da Internet, o *Internet Engineering Task Force (IETF)* é uma entidade que opera na padronização dos seus protocolos. Sem a padronização desses protocolos, seria impossível estabelecer comunicações entre diferentes dispositivos ao redor do mundo, considerando ainda que cada um desses dispositivos possui capacidades e hardware heterogêneos, além de serem produzidos por diferentes fabricantes. Dessa forma, a padronização é fundamental para que a Internet funcione de forma estável e eficiente.

Os participantes do IETF são organizados em grupos de trabalhos (*Working Groups - WGs*), os quais possuem foco em problemas de engenharia específicos da Internet. Além disso, o IETF é composto pelo *Internet Research Task Force (IRTF)*, o braço de pesquisa do mesmo. No IRTF, os participantes são agrupados em Grupos de Pesquisa (*Research Groups - RGs*), possuem objetivos de mais longo prazo em relação aos WGs. O processo de padronização é realizada através da participação aberta utilizando-se de consenso aproximado. O IETF já produziu de forma colaborativa milhares de *Request For Comments (RFCs)* que, de forma simplificada, podem ser interpretados como padrões na Internet.

A colaboração entre academia, indústria e operadores de rede é fundamental no desenvolvimento de padrões pelo IETF. Embora seja relativamente simples iniciar ou se envolver em uma discussão no IETF, a participação pode ser complexa e distante para a comunidade acadêmica. Por exemplo, há várias normas que precisam ser seguidas para escrita de documentos (e.g., um ciclo de revisões públicas até o documento ser aceito pela comunidade) e uma ênfase na implementação de soluções (i.e., código que pode ser executado). Assim, o IETF é ambiente consideravelmente distinto do meio acadêmico (focado em revistas e conferências). Finalmente, existe uma participação massiva de representantes da indústria com discussões constantes através de listas de e-mail abertas

e 3 reuniões presenciais por ano.

A necessidade de padronização e do uso de protocolos da Internet é imperativa de forma global. Esses protocolos devem funcionar adequadamente em equipamentos de diversos fabricantes e que permitem a comunicação de usuários finais em diferentes países. Neste contexto, é importante a participação de membros brasileiros, assim como da América Latina e Caribe (*Latin America and Caribe - LAC*) como um todo. Apesar do Brasil tem se destacado em relação à LAC pelo crescente número de participações nas reuniões presenciais da IETF, a participação da LAC ainda não é comparável com a participação desta região no tráfego de rede produzido na região. Alguns motivos que dificultam a participação no IETF na LAC estão relacionados com o alto custo de participação nas reuniões presenciais, assim como um menor número de grande fabricantes de equipamentos de rede.

Alguns trabalhos foram publicados analisando aspectos da participação da LAC no IETF. Nobre e Granville [Nobre and Granville 2015] apresentaram um relato de experiência sobre a participação dos autores no contexto de um projeto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no IETF. Braga e Colaboradores [Braga et al. 2017] abordaram a participação de brasileiros nos encontros do IETF em comparação com outros países da LAC, além de iniciativas de participação no desenvolvimento de documentos e os movimentos que disponibilizam recursos para financiar tais participações. Andrade e Colaboradores [Andrade et al. 2018] analisaram como colaborar com a IETF e a importância da nova forma de participação nas reuniões presenciais. No entanto, nenhum capítulo de livro foi escrito sobre como os protocolos são criados e adotados no contexto do IETF e da Infraestrutura da Internet como um todo.

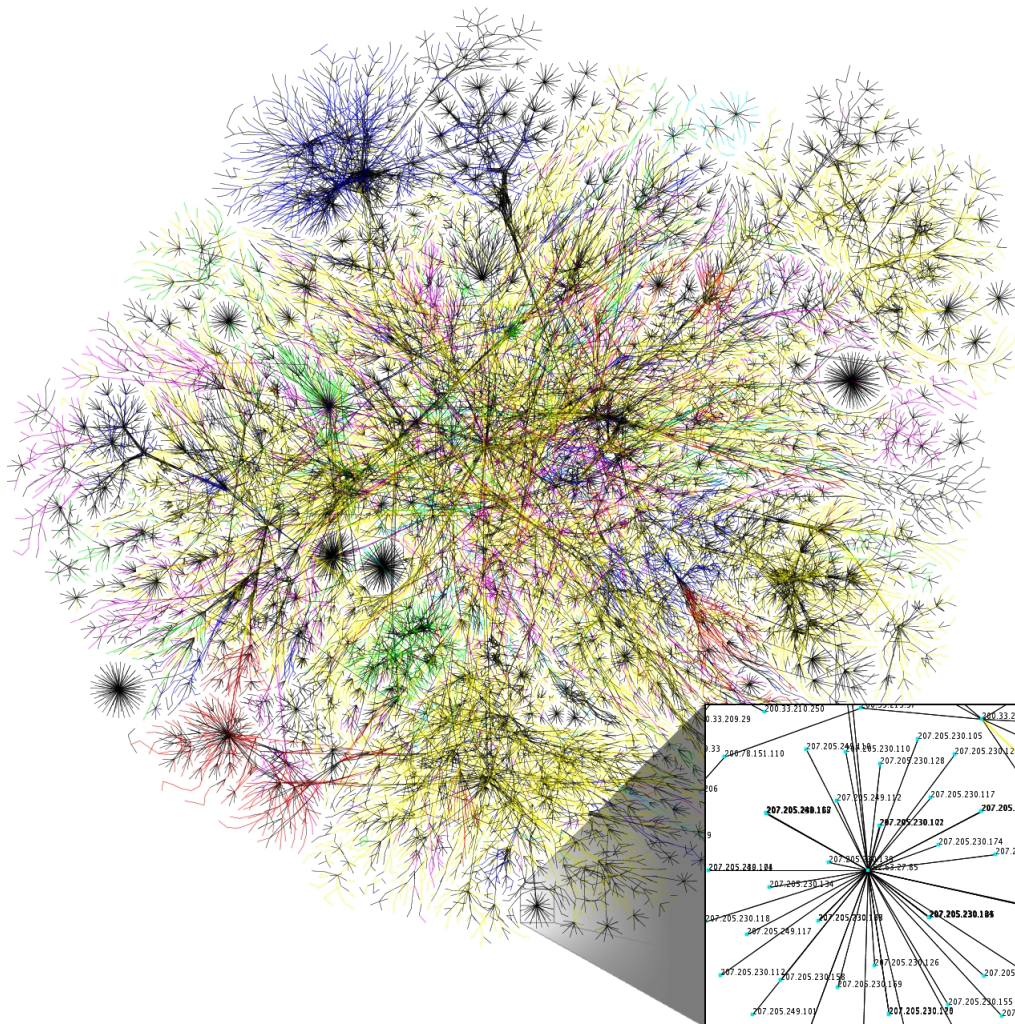
Este capítulo tem como principal objetivo descrever os processos de criação de protocolos no contexto do IETF, especialmente em relação aos aspectos pragmáticos dessa criação. Como tais processos são significativamente diferentes daqueles utilizados na academia, inicialmente é necessário entender a própria estrutura da Internet e do IETF. Os documentos utilizados no IETF e as ferramentas utilizadas para produzi-los também são diversos em relação ao que é utilizado pelos professores e pesquisadores. Finalmente, a participação latina nas reuniões do IETF assim como seus desafios precisam ser compreendidos para fomentar uma maior participação da comunidade brasileira.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2.2, fundamentos sobre a estrutura da Internet são apresentados. Na Seção 2.4, o IETF é descrito em conjunto com suas entidades constitutivas. Na Seção 2.5, os principais documentos do IETF, *Internet-Drafts* e RFCs, são explicados, assim como sugestões para sua elaboração. Na Seção 2.6, as ferramentas utilizadas para a escrita desses documentos são descritas. Na Seção 2.7, a participação latina no IETF é discutida em conjunto com desafios e ações para aprimorar tal participação. Na Seção 2.8, um estudo de caso relacionado com o processo de aprovação do protocolo HTTP/3 é descrito. Finalmente, considerações finais e perspectivas futuras são apresentados na Seção 2.9.

## **2.2. Estrutura da Internet**

Para que seja possível entendermos a importância, o papel e a complexidade do funcionamento do IETF, é necessário compreender alguns conceitos básicos sobre o funcio-

namento da Internet. A Internet (algumas vezes chamada de "A Grande Rede") muitas vezes é representada por imagens impressionantes como a representação na Figura 2.1, geralmente com a preocupação de exibir esta grandeza que se espalha por toda a Terra, com raras exceções e parte do Universo.



**Figura 2.1. A Grande Rede. Fonte: [Wikipédia 2020]**

Outras vezes, a representação da Internet é mais simples e objetiva, como uma "grande" nuvem como mostra a Figura 2.2.

Na prática, a nuvem é uma metáfora para esconder uma complexa interconexão de redes de computadores, dando a impressão de um caos incompreensível.

A nuvem pode desaparecer sendo frágil metáfora dando lugar às redes interconectadas formando uma infraestrutura sólida, segura como visto na Figura 2.4. A Internet, quando a usamos e nos beneficiamos dos resultados desejados com incrível rapidez, nos parece extremamente organizada e não um caos incompreensível.

A padronização e disponibilidade de recursos fáceis e rápidos tornaram-se um imperativo no ambiente da Internet. Sem a disponibilidade de padrões para os serviços

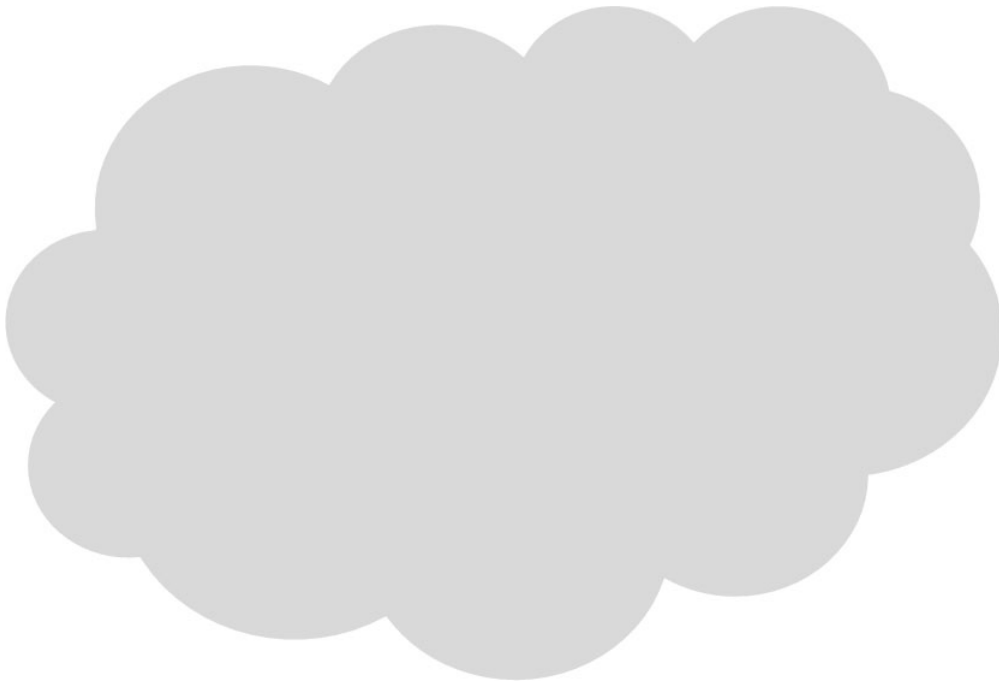


Figura 2.2. A Internet como uma "grande"nuvem

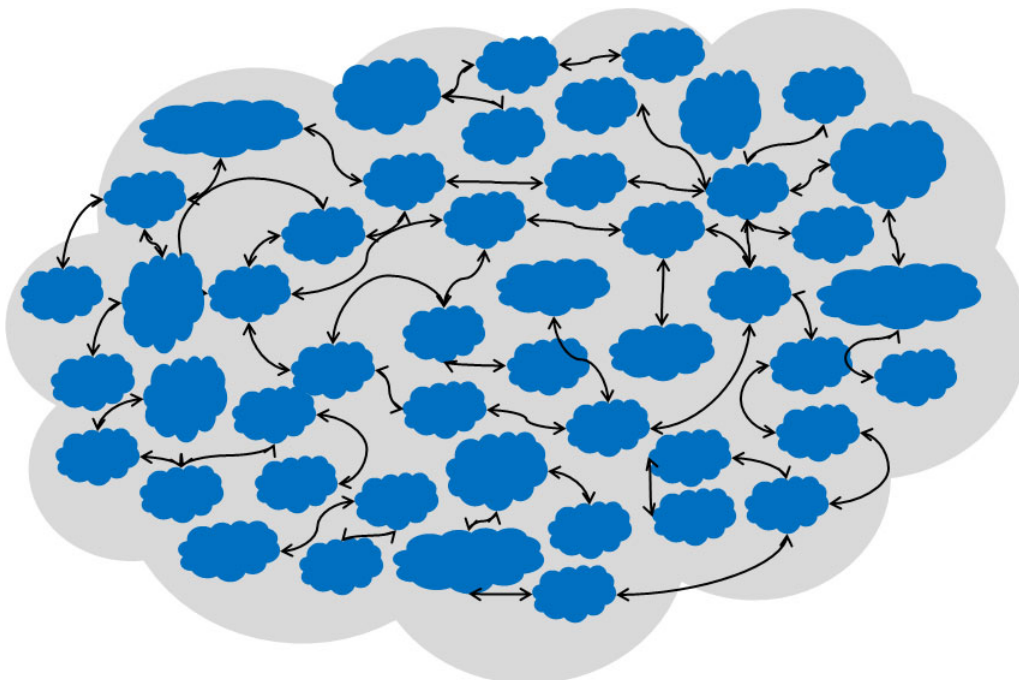
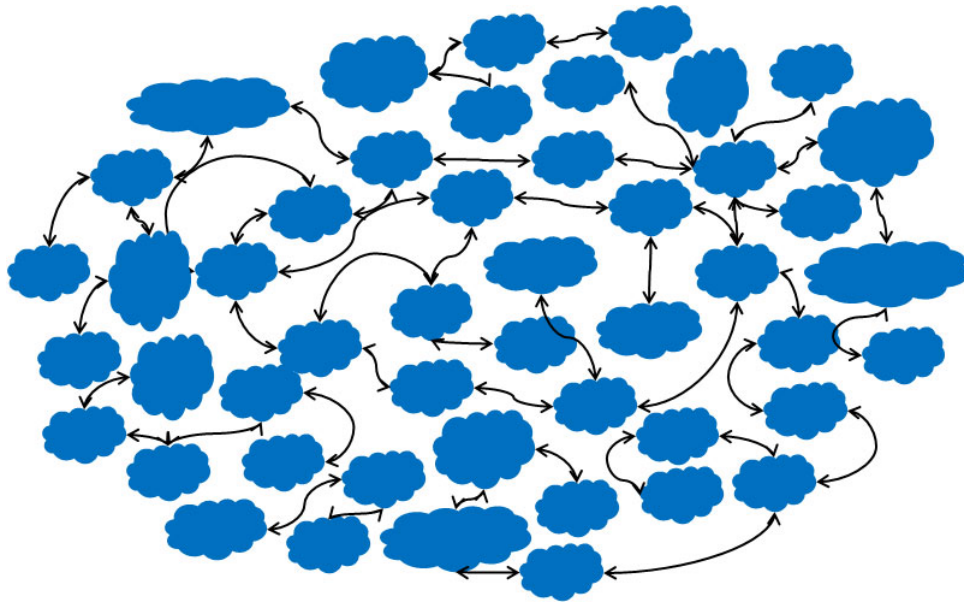


Figura 2.3. A nuvem é uma metáfora para esconder um enorme e complexo conjunto de redes interconectadas

e facilidades, aos quais chamamos de **protocolos** seria impossível estabelecer comunicações entre diferentes dispositivos que fazem parte das redes que formam a Internet e se dispersam ao redor do mundo. O prodígio da chamada **infraestrutura da Internet**, com uma diversidade incrível de equipamentos, recursos e facilidades, se deve ao fato de



**Figura 2.4. Sem a nuvem, Internet é uma rede de redes formando o caos mais organizado do mundo**

existir uma comunidade imensa de voluntários que se reúnem sistematicamente em torno de uma organização não formal, isto é, o IETF e que documentam colaborativamente o conjunto de protocolos que fazem a Internet funcionar apropriadamente.

### 2.2.1. Funcionamento da Internet

As redes que compõem a Internet são completamente independentes uma das outras e atuam de forma autônoma para prestarem os serviços que lhe são designados por interesse próprio. Estas redes são denominadas por **Sistemas Autônomos**<sup>1</sup> (AS) e se interagem através de um dos mais importantes protocolos definido pelo IETF: o *Border Gateway Protocol* (BGP) [Rekhter et al. 2006]. Assim considerando, a representação mais apropriada para a Internet é mostrada na Figura 2.5.

Segundo os documentos que descrevem os padrões definidos pelo IETF, cada AS que compõem a Internet possui um número único denominado **Número de Sistema Autônomo**<sup>2</sup> (ASN). Os ASes que habitam a Internet são em número de 68.641<sup>3</sup>. Este número se altera em minutos, mas é monitorado em tempo real.

### 2.2.2. A Governança da Internet

Um ASN, por ser único exige cuidados que são definidos pelas organizações que compõem o sistema de governança da Internet. O emaranhado destas organizações, entre as quais está o IETF podem ser vistas, incluindo seus relacionamentos funcionais, na representação da Figura 2.6.

Os números dos ASes e os demais recursos associados, como por exemplo, os

<sup>1</sup>Do inglês: *Autonomous System*

<sup>2</sup>Do inglês: *Autonomous System Number*

<sup>3</sup>Em 27/06/2020: <https://www.cidr-report.org/2.0/>

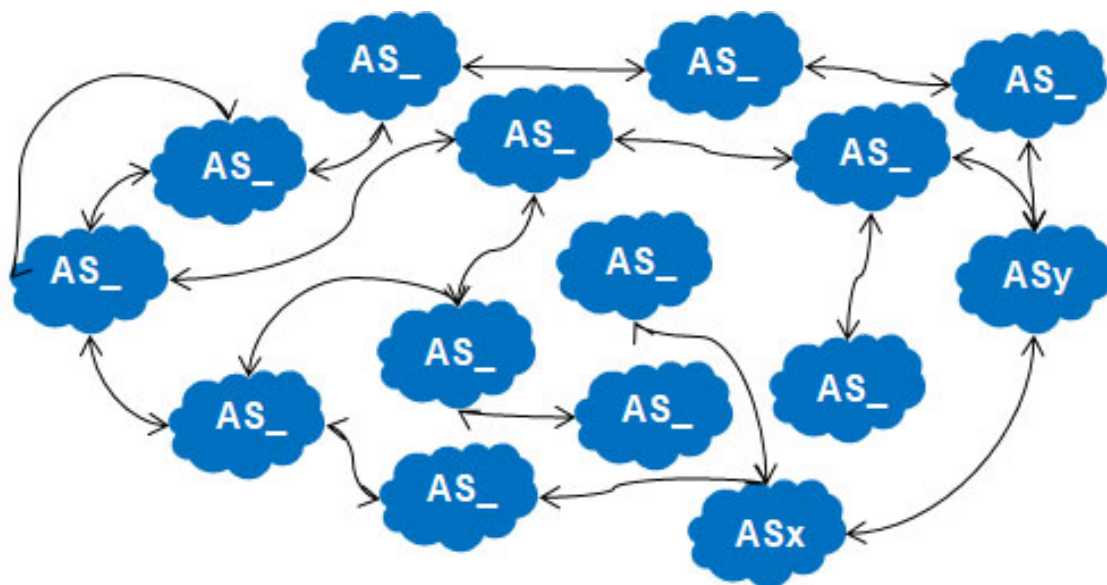


Figura 2.5. A infraestrutura da Internet. Fonte: [Braga 2019]

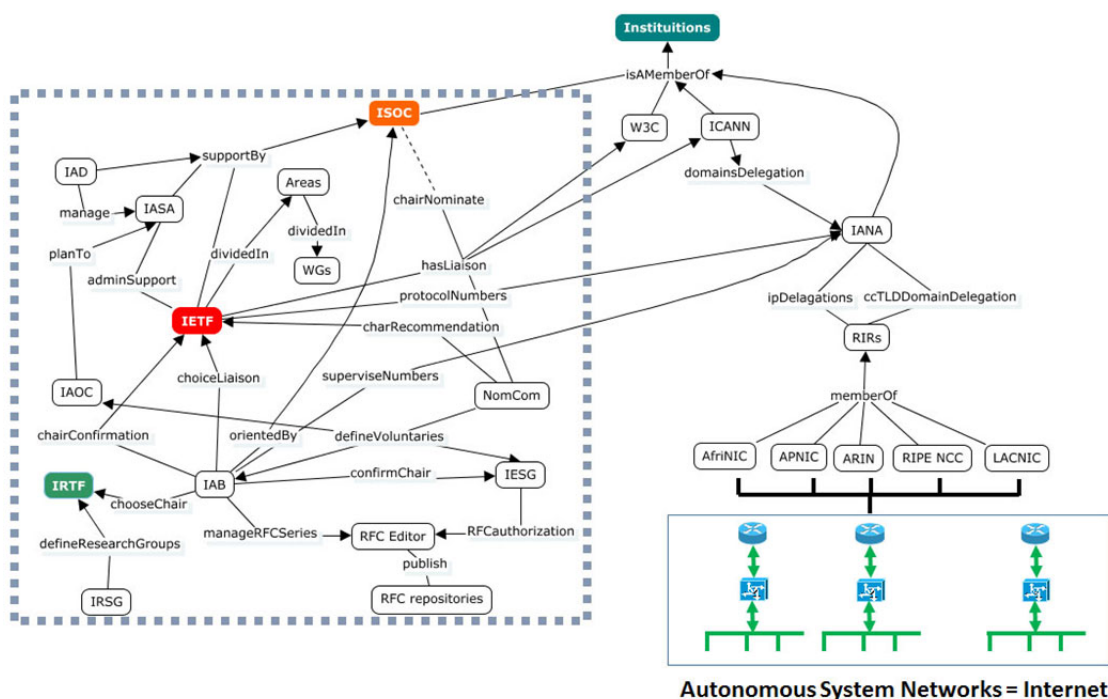


Figura 2.6. O ecossistema da Infraestrutura da Internet. Fonte: [Braga 2019]

números IPv4 e IPv6 que servem para identificar os dispositivos acessíveis no domínio de cada AS são, em última instância, distribuídos pelos chamados **Registro Regional da Internet**<sup>4,5,6</sup> (RIR) e, em alguns poucos casos, pelos seus subsidiários **Registro Naci-**

<sup>4</sup>Do inglês: *Regional Internet Registry*

<sup>5</sup><https://www.lacnic.net/820/3/lacnic/2-enderecos-ipv4>

<sup>6</sup><https://www.lacnic.net/822/3/lacnic/4-politicas-para-a-alocac%C3%A3o-e-designac%C3%A3o-de>

onal da Internet<sup>7,8</sup> (NIR). Os Registros são responsáveis pelas políticas de alocação e designação de endereços IPv4 e IPV6, entre outras, no âmbito de suas respectivas jurisdições, como pode-se ver na Figura 2.7. Tais responsabilidades são originadas nos padrões dos protocolos definidos pelos documentos do IETF e seguem recomendações da *Internet Assigned Numbers Authority*<sup>9</sup> (IANA) [IANA 2014].



Figura 2.7. Os RIRs e suas respectivas áreas de influência

### 2.2.3. Como os ASes se relacionam e visibilidade dos dispositivos

Como já foi dito, ASes se interconectam usando o protocolo BGP. Os roteadores são os dispositivos que hospedam o protocolo BGP. Também, qualquer dispositivo da Internet é reconhecido pelo número IP associado a ele, pelo administrado do AS.

Dois ASes se interconectam porque estão interessados em trocar **tráfego** de pacotes IP. O interesse é a troca de tráfego de pacotes IPv4, IPv6 ou ambos.

Existem três tipos de tráfegos que dois ASes podem trocar. A Tabela 2.1 caracteriza tais tráfegos:

Tabela 2.1. Caracterização dos tipos de tráfego

Tipo	Particularidades	Custo
Transporte	O tráfego tem caráter ponto a ponto, isto é, não passa por outros ASes	Baixo custo
Trânsito	Tráfego que troca pacotes com qualquer AS que habita na Internet	Alto custo
Peering	Tráfego de interesse mútuo. Um bom exemplo é o tráfego trocado entre dois ASes ou entre um AS e o outro AS chamado de <b>Ponto de Troca de Tráfego (IX)</b> . Geralmente, este tipo de tráfego precisa de transporte (que tem custo).	Sem custo

enderecos-ipv6

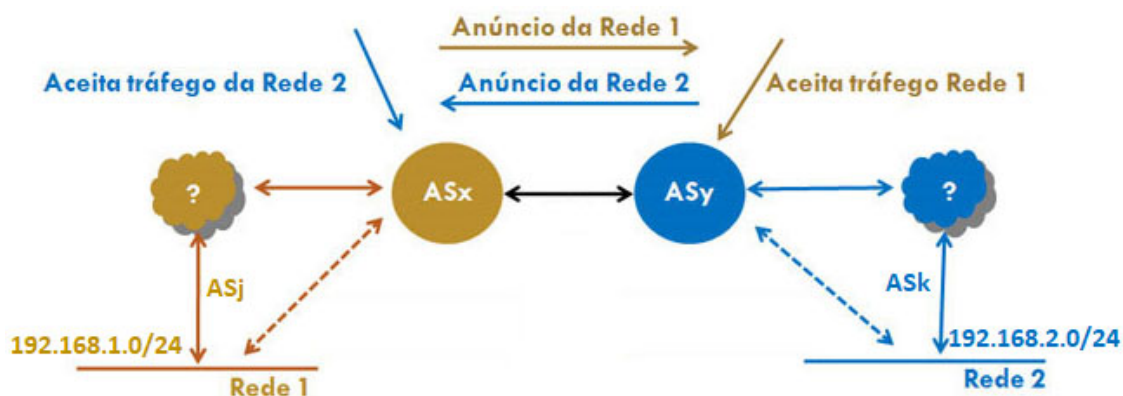
<sup>7</sup>Do inglês: National Internet Register

<sup>8</sup>O Brasil possui um NIR, conhecido como NIC.br: <https://nic.br/>

<sup>9</sup><https://www.iana.org/numbers>

Suponha que o **ASx** tenha interesse em se conectar com o **ASy**, para troca de tráfego. O pré-requisito para que isto aconteça é que haja uma possibilidade de conexão física ou via rádio, entre os roteadores de **ASx** e de **ASy**. Havendo tal facilidade, **ASx** e **ASy** estabelecem o tipo de tráfego desejado através de acordos comerciais e respectivos documentos. A título de exemplo e de forma simplificada vamos supor que **ASx** e **ASy** querem se conectar, com o único objetivo de atender a demanda de conexão dos seus clientes **ASj** e **ASk**, respectivamente estabelecidos em **ASx** e **ASy**.

Estabelecido o acordo de conexão ou de "pareamento", a Figura 2.8 ilustra as demandas técnicas que **ASx** e **ASy** deverão estabelecer, as quais serão descritas a seguir.



**Figura 2.8. Como os dispositivos dos ASes se tornam visíveis na Internet**

Pela figura, o **ASx** enxerga a rede do **ASj**. Não só ele, mas todas as redes e/ou ASes que estão implicitamente localizados na nuvem que possui uma ?. Todos sabem que os dispositivos e recursos do **ASj** são associados ao bloco IP 192.168.1.0/24. Em outras palavras, pela figura, todo o ambiente ou domínio do **ASx** conhece este bloco IP como pertencente ao **ASj**<sup>10</sup>.

Da mesma forma, o bloco IP 192.168.2.0/24, dentro do âmbito do domínio do **ASy** é reconhecido como pertencente ao domínio do **ASk**.

Depois de tais considerações, a motivação do empareamento entre **ASx** e **ASy** é o compartilhamento entre si, dos recursos e facilidades dos **ASj** e **ASk**. Para que isto aconteça, as seguintes ações precisam acontecer:

- O BGP do **ASx** deve informar para o BGP do **ASy** que o bloco 192.168.1.0/24 está sob sua coordenação (ou governança). Diz-se que **ASx anuncia** para **ASy** o bloco 192.168.1.0/24.
- Da mesma maneira, o **ASy anuncia** para **ASx** o bloco 192.168.2.0/24.
- Ambos os BGPs dos **ASx** e **ASy** devem impedir o anúncio dos blocos 192.168.1.0/24 e 192.168.2.0/24, para a Internet.

Assim procedendo, a conexão dos dois ASes, com seus respectivos objetivos torna-se operacional!

<sup>10</sup>O bloco IP 192.168.1.0/24 é, pelos documentos do IETF, um bloco privativo e não pode ser difundido para fora de um domínio de rede fechado. Se, entretanto, este bloco estiver dentro do **ASx** ou restrito ao transporte com **ASy** estaremos respeitando as restrições técnicas [Rekhter et al. 1996]



#### 2.2.4. Superando Limitações: O IETF e o esgotamento do IPv4

O esgotamento do IPv4 associado ao protocolo IPv4 era esperado e como sempre, muito antes disto acontecer, o IETF avaliou as alternativas e criou o IPv6 [Postel 1981a] [Hinden and Deering 2006].

Antes da disponibilidade dos protocolos IPv6, a Internet só existia com o IPv4, como mostra a Figura 2.9.

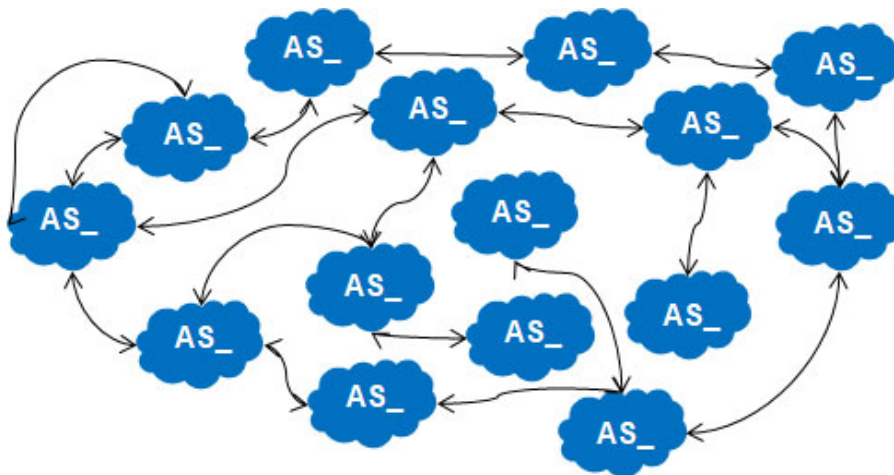


Figura 2.9. A Internet IPv4

Liberado pelo o IETF, era possível imaginar uma outra Internet, a somente IPv6. Em algum momento no futuro, uma organização que irá implementar recursos da Internet pela primeira vez somente terá acesso ao IPv6. Em muitos países isto já está ocorrendo. A Figura 2.9 ilustra uma Internet somente IPv6.

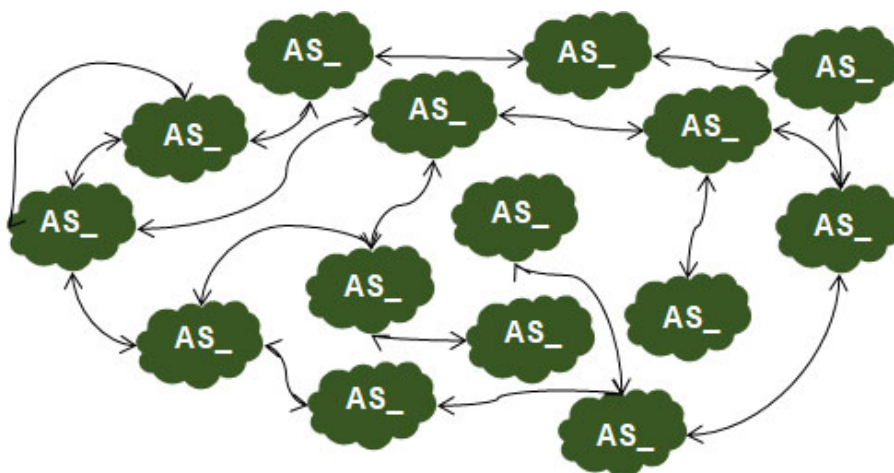


Figura 2.10. A Internet IPv6

A Internet implementada sob os protocolos do IPv4, não conseguem falar com a Internet implementada sob os protocolos IPv6.

A possibilidade de termos uma implementação da Internet como a da figura anterior, está cada vez mais factível. O IETF já sabendo da incompatibilidade preparou protocolos adicionais que foram chamados de protocolos de transição do IPv4 para o IPv6. Imaginava-se que a muito longo prazo somente teríamos a Internet IPv6.

A convivência do IPv4 com o IPv6 tornou-se possível com a implementação do protocolo de **pilha dupla**, como mostra a Figura 2.11.

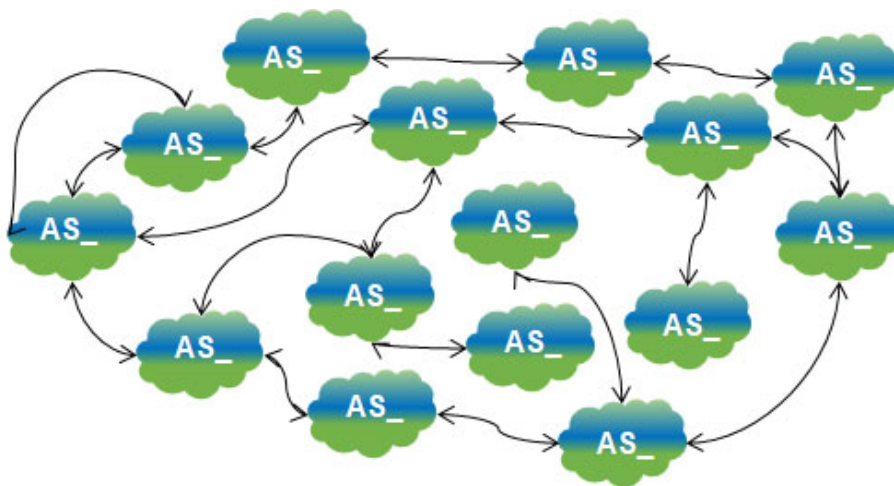


Figura 2.11. A Internet em pilha dupla

Vale lembrar que a pilha dupla exigia a disponibilidade tanto do IPv4 quanto do IPv6. Esta implementação era a ideal e resolvia todos os problemas, pois eliminaria a necessidade de duas Internet. Mas, o problema continuava. Em breve teríamos implementações de somente IPv6 e alguma solução de compatibilidade deveria ser disponibilizada. Foi o que o IETF fez. Criou os protocolos chamados de "técnicas de tradução" tornando possível que uma Internet somente em IPv4 falasse com uma Internet IPv6.

Assim, o prodígio do IETF eliminou as dificuldades e impossibilidades de interconexão entre os diferentes tipos de implementação da Internet. A Figura 2.12 exhibe a organização da proposta do IETF.

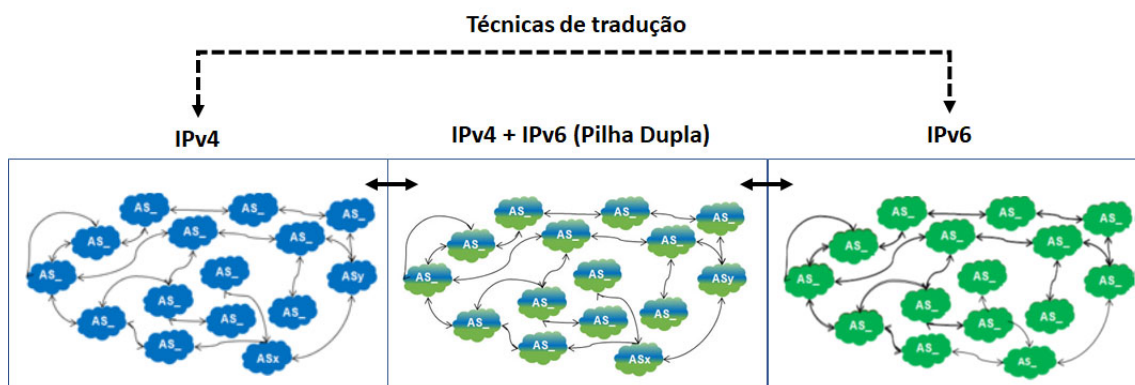


Figura 2.12. A convivência dos vários tipos de Internet

### 2.3. A Internet e seus *stakeholders*: uma sopa de letrinhas

Aqui ou em qualquer lugar na Internet, em livros e documentos aparecerão acrônimos e abreviações que algumas vezes trará uma certa dificuldade de leitura. A tabela abaixo, adaptada de Hoffman [Braga et al. 2014] e do Glossário do IETF, ajudará a torná-los mais conhecidos. Uma tradução livre, do significado em português foi adicionada, para facilitar a compreensão.

As referências, básicas, não se esgotam na indicação abaixo, pelo contrário. A quantidade de informações é imensa!

<b>Sigla</b>	<b>Inglês</b>	<b>Português</b>
AD	Area Director	Diretor de Área. Cada área (dividida em WGs) possui uma AD com um ou mais membros. O AD é responsável pela orientação / gerenciamento dos respectivos WGs. Os membros de cada AD podem ser vistos em <a href="https://datatracker.ietf.org/wg/">https://datatracker.ietf.org/wg/</a> . Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/iesg/statement/ad-sponsoring-docs.html">http://www.ietf.org/iesg/statement/ad-sponsoring-docs.html</a>
BCP	Best Current Practice	Melhores práticas. Caracterização: <a href="http://www.apps.ietf.org/rfc/bcplist.html">http://www.apps.ietf.org/rfc/bcplist.html</a> .
BoF	Birds of a Feather	Grupo de debate informal. Geralmente precede a formação de um WG. Um BOF pode ser convocado para debates sobre uma questão que, eventualmente, não será transformada em um WG. Caracterização: <a href="http://trac.tools.ietf.org/bof/trac/">http://trac.tools.ietf.org/bof/trac/</a> .
FAQ	Frequently Asked Question(s)	Perguntas mais frequentes
FYI	For Your Information	Para sua informação. Caracterização: <a href="http://www.apps.ietf.org/rfc/fyilist.html">http://www.apps.ietf.org/rfc/fyilist.html</a> .
IAB	Internet Architecture Board	Conselho de arquitetura da Internet. Na criação de WGs, o IAB recomenda ou “aconselha”, a respeito. Caracterização: <a href="http://www.iab.org/">http://www.iab.org/</a> . Ref.: [Galvin 2004]
IAD	IETF Administrative Director	Diretor administrativo do IETF. Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/secretariat.html">http://www.ietf.org/secretariat.html</a> .
IANA	Internet Assigned Numbers Authority	Autoridade para atribuição de números da Internet. Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/iana.html">http://www.ietf.org/iana.html</a> .
IAOC	IETF Administrative Oversight Committee	Comitê administrativo de supervisão do IETF. Caracterização: <a href="http://iaoc.ietf.org/">http://iaoc.ietf.org/</a> .
ICANN	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers	Corporação da Internet para atribuição de nomes e números. Caracterização: <a href="http://www.icann.org/">http://www.icann.org/</a> .

I-D	Internet Draft	Esboço da Internet. São os documentos de trabalho do IETF, de suas áreas, e de seus grupos. Durante o desenvolvimento de uma especificação, versões preliminares do documento estarão disponíveis no diretório de I-Ds do IETF, para revisão informal e comentários. Isso faz com que um documento de trabalho esteja disponível a um público amplo facilitando o processo de avaliação, revisão e, conseqüentemente, de evolução. No diretórios estão os I-Ds atuais e passados. Caracterização: <a href="http://www.rfc-editor.org/idsearch.html">http://www.rfc-editor.org/idsearch.html</a> .
IEPG	Internet Engineering and Planning Group	Grupo de Engenharia e Planejamento da Internet. É um encontro informal que se reúne no domingo, antes das reuniões da IETF em que são abordados temas de relevância operacional, além de avaliar outros temas, que despertam interesse, no momento. Caracterização: <a href="http://www.iepg.org/">http://www.iepg.org/</a> . Ref: [Bradner 1994]
IESG	Internet Engineering Steering Group	Grupo de direção de engenharia da Internet. O IESG é responsável pelo gerenciamento técnico das atividades do IETF e do processo de desenvolvimento de padrões. Como parte da ISOC o IESG administra os processos de acordo com as regras e procedimentos ratificados pelos membros da administração superior da ISOC. O IESG é diretamente responsável pelas ações associadas ao acompanhamento do movimento dos padrões, incluindo a aprovação final das especificações. Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/iesg/index.html">http://www.ietf.org/iesg/index.html</a> . Ref: [Bradner 1994].
IETF	Internet Engineering Task Force	Força de tarefas de engenharia da Internet. Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/">http://www.ietf.org/</a> .
IPR	Intellectual Property Rights	Direitos de propriedade intelectual. Caracterização: <a href="http://irtf.org/ipr">http://irtf.org/ipr</a> .
IRSG	Internet Research Steering Group	Grupo de orientação de pesquisa da Internet. Caracterização: <a href="http://irtf.org/irsg">http://irtf.org/irsg</a> .
IRTF	Internet Research Task Force	Força tarefa de pesquisa da Internet. A missão da IRTF é promover investigação de importância para a evolução da Internet do futuro, criando focos, grupos de pesquisa de longo e curto prazos, que trabalham em temas relacionados aos protocolos de Internet, aplicações, arquitetura e tecnologia. Caracterização: <a href="http://irtf.org/">http://irtf.org/</a> . Ref.: [Weinrib and Postel 1996]

ISOC	Internet Society	Internet Society. É uma associação sem fins lucrativos, criada em 1992, com atuação internacional, que tem por objetivo promover liderança no desenvolvimento dos padrões Internet, bem como fomentar iniciativas educacionais e políticas públicas ligadas à rede mundial entre computadores. O escritório brasileiro da ISOC possui diversas informações adicionais, entre as quais, os estatutos e formas de associação. Caracterização: <a href="http://www.internet-society.org/">http://www.internet-society.org/</a> . Ref.: Escritório Brasileiro -> <a href="http://www.isoc.org.br/">http://www.isoc.org.br/</a> .
NomCom	Nominating Committee	Comitê de nomeação. Seu objetivo é analisar cada posição (cargo) em aberto no IESG, IAB e IAOC e nomear respectivos candidatos. Ele é composto de pelo menos um coordenador (“chair”), nomeado pelo Presidente da ISOC, 10 voluntários votantes, 2 a 3 membros de contatos (“liaisons”), e um assessor. O presidente do NomCom é apontado entre as primeira e segunda reuniões do ano, e um novo NomCom começa oficialmente o seu trabalho. Associar-se à ISOC é o primeiro passo para participar, efetivamente, do IETF, muito embora não seja mandatório. Caracterização: <a href="https://www.ietf.org/nomcom/">https://www.ietf.org/nomcom/</a> . Ref.: [Eastlake 2004]
RFC	Request for Comments	RFC. Caracterização: <a href="http://www.rfc-editor.org/rfc.html">http://www.rfc-editor.org/rfc.html</a> .
STD	Standard (RFC)	Padrão (RFC). Caracterização: <a href="http://www.apps.ietf.org/rfc/stdlist.html">http://www.apps.ietf.org/rfc/stdlist.html</a> .
W3C	World Wide Web Consortium	Consórcio do WWW. Caracterização: <a href="http://www.w3.org/">http://www.w3.org/</a> .
WG	Working Group	Grupo de trabalho. É onde tudo começa no IETF. WGs são o mecanismos primários para o desenvolvimento de especificações do IETF e diretrizes, muitas das quais se destinam a ser os padrões ou recomendações. WGs são tipicamente criados para resolver um problema específico ou para a produção de um ou mais resultados específicos (uma diretriz, especificação de normas, etc.). Um WG possui uma existência temporária e é mantido o histórico dos WGs concluídos aqui. Em 05/01/2013 haviam 126 WGs ativos: <a href="https://datatracker.ietf.org/wg/">https://datatracker.ietf.org/wg/</a> . Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/wg/">http://www.ietf.org/wg/</a> .
WGLC	Working Group Last Call	Grupo de Trabalho Última Chamada. É uma última chamada dentro de um WG (realizada na lista), antes de um documento ser enviado ao IESG para consideração. Caracterização: <a href="http://www.ietf.org/wg/">http://www.ietf.org/wg/</a> .

## 2.4. O que é o IETF?

Diversas entidades de padronização buscam definir e estabelecer padrões para que a Internet funcione de forma eficiente. Podemos citar, por exemplo, entidades como o IEEE<sup>11</sup>, o ITU-T<sup>12</sup> e o IETF. Nesse cenário, o IETF possui um papel de destaque em relação ao demais devido ao grande número de protocolos produzidos e que de fato são adotados na Internet.

De forma objetiva, podemos definir o IETF como uma comunidade internacional aberta que busca melhorar o funcionamento da Internet. Atua como um grupo independente sem fins lucrativos, auto organizado, dividido em grupos de trabalho (*Working Groups* - WGs) agrupados por áreas com participação de grandes fabricantes de dispositivos de telecomunicação, provedores de serviço de Internet (ISPs), membros do governo, professores, estudantes e qualquer outra pessoa interessada em participar de suas discussões. No entanto, é natural que grandes empresas possuam representatividade expressiva, pois estão diretamente interessadas no processo de criação e adoção de novos protocolos e tecnologias para a Internet. Assim, ao participar de discussões é possível encontrar facilmente algum membro de empresas como, por exemplo, Huawei<sup>13</sup>, Cisco<sup>14</sup>, IBM<sup>15</sup>, Microsoft<sup>4</sup> e Google<sup>16</sup>. Não por coincidência, são empresas responsáveis por uma grande produção de documentos no IETF (Figura 2.13).

Em sentido oposto, comparando a indústria com a academia, há ainda pouco envolvimento da comunidade acadêmica pelas discussões que ocorrem no IETF, o que é uma inversão quando comparado com o seu surgimento, onde tínhamos a comunidade do IETF formada principalmente por pesquisadores (FALK, 2005). Uma das possíveis explicações para tal comportamento é o baixo reconhecimento da comunidade acadêmica para padrões produzidos no IETF quando comparado com o valor dado a artigos publicados em periódicos e conferências. É importante destacar que muitos protocolos oriundos do IETF são a base do funcionamento da Internet como, por exemplo, os protocolos *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP - [RFC 2616]) (FIELDING e colab., 1999), *Transmission Control Protocol* (TCP - [RFC 793]) (POSTEL, 1981b) e *Internet Protocol* (IP - [RFC 791]) (POSTEL, 1981a). Democráticamente os membros da comunidade analisam os protocolos propostos para definir se serão realmente aceitos como padrões através de um consenso da maioria. Falando em números, o IETF já produziu mais de 8 mil *Request For Comments* (RFCs) que, de forma simplificada, pode ser interpretado como um padrão.

Pode-se afirmar que dentro do IETF busca-se resolver problemas e propor soluções em um curto intervalo de tempo, norteando o funcionamento atual da Internet. Nesse

---

<sup>11</sup><https://www.ieee.org/>

<sup>12</sup><http://www.itu.int>

<sup>13</sup><https://www.huawei.com/br>

<sup>14</sup><https://www.cisco.com>

<sup>15</sup><https://www.ibm.com>

<sup>4</sup><https://www.microsoft.com/pt-br>

<sup>16</sup><https://www.google.com/br>

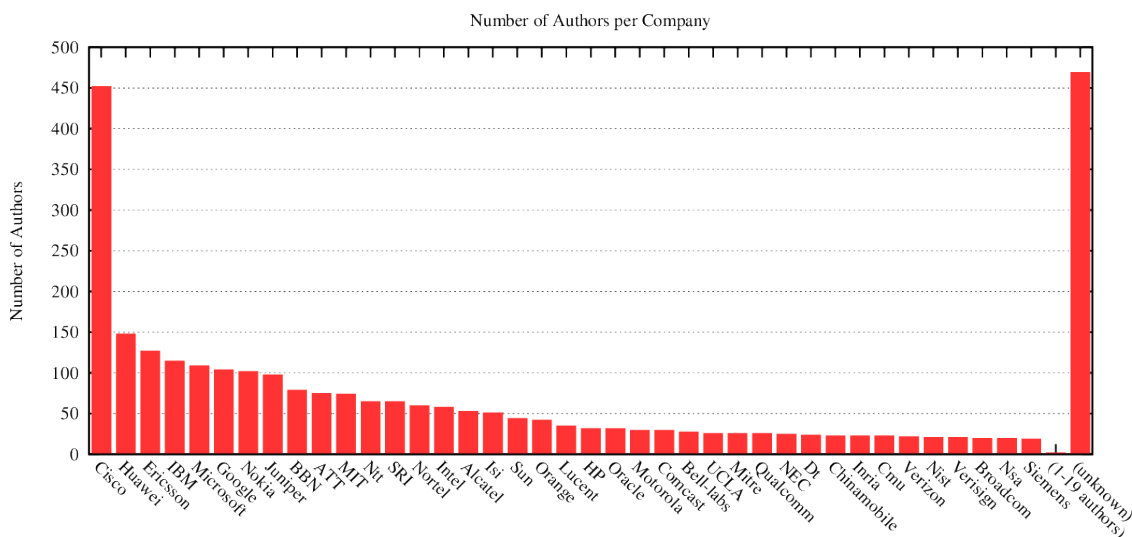


Figura 2.13. Distribuição de RFCs por companhias (<https://www.arkko.com/tools/rfcstats/companydistr.html>)

contexto, há uma famosa frase de David Clark sobre o seu funcionamento: “We reject: kings, presidents and voting. We believe in: rough consensus and running code.”.

Em outras palavras, qualquer um pode propor algo dentro do IETF, opinar e criticar, desde que argumente e saiba expor tecnicamente seu ponto de vista. A partir daí a comunidade de forma democrática, através de voto e consenso aproximado opta por continuar discutindo e melhorando determinados documentos que futuramente podem vir a se tornarem um padrão largamente adotado. Por outro lado, caso a comunidade entenda que um tema ou documento não é mais relevante, simplesmente eles deixam a pilha de discussão da comunidade. Assim, basta ter apenas um e-mail, conseguir comunicar-se em inglês, ter um pouco de dedicação e acesso a Internet para participar ativamente das discussões sobre protocolos e diretrizes para o funcionamento da Internet.

Assim, de acordo com o documento a BCP 3935 (Documentos de Melhores Práticas) (ALVESTRAND, 2004), a missão do IETF é definida como:

*“The mission of the IETF is to produce high quality, relevant technical and engineering documents that influence the way people design, use, and manage the Internet in such a way as to make the Internet work better. These documents include protocol standards, best current practices, and informational documents of various kinds.”*

Segundo a RFC 3935, podemos sumarizar cinco princípios que são os pilares do IETF:

- **Competência Técnica:** Os documentos produzidos pelo IETF são escritos por pessoas com competência técnica para discutir sobre o que é proposto, seja dentro da comunidade ou fora dela. Assim, espera-se que todos os padrões propostos respeitem critérios de qualidade para seu devido funcionamento.

- **Núcleo de Voluntários:** Os participantes do IETF contribuem porque acreditam na missão de fazer a Internet melhor de forma voluntária.
- **Consenso Aproximado e Código Rodando:** Preferencialmente, deve-se ter algum código minimamente executável para comprovar a ideia que está sendo proposta.
- **Propriedade do Protocolo:** Todo protocolo oriundo do IETF fica sob a responsabilidade de sua comunidade e deve ser público. Logo, eventuais problemas e correções são de responsabilidade da própria comunidade.
- **Processo Aberto:** Qualquer pessoa interessada pode participar das discussões, propor ajustes ou novos documentos que norteiem o funcionamento da Internet através das listas de e-mail produzindo padrões abertos.

O desenvolvimento de padrões abertos proporcionam competitividade no mercado e um maior grau de interoperabilidade, dado que qualquer fabricante pode implementar o mesmo protocolo seguindo as diretrizes definidas em um documento público. Um exemplo, é o caso de pontos de acesso, onde diferentes fabricantes produzem equipamentos que se comunicam com outros dispositivos utilizando protocolos como o Internet Protocol (IP), Wi-Fi (802.11x) e o *Transmission Control Protocol* (TCP).

#### 2.4.1. Uma visão do IETF e IRTF

O IETF não é responsável por gerenciar a Internet. A comunidade apenas propõe padrões que podem vir a serem adotados dentro do IETF. Mesmo com adoção dentro da comunidade, nada garante que um padrão será adotado de fato na Internet. Entenda comunidade como um conjunto de pessoas que fazem parte de uma lista de discussão de um grupo de trabalho. Eventualmente, essas pessoas podem se encontrar presencialmente ou mesmo nunca se verem em vida.

Não há nenhum tipo de registro ou associação para fazer parte da comunidade do IETF. Há realmente apenas uma lista de e-mails organizada por áreas e grupos de trabalho. Não há uma formalização, pagamento de taxas ou qualquer comprovação de membro do IETF. Você simplesmente contribui ou não para a comunidade num ambiente democrático e totalmente público. Se algo que está sendo proposto fizer sentido, a comunidade adotará a contribuição através de documentos norteadores que ficam disponíveis em seu site.

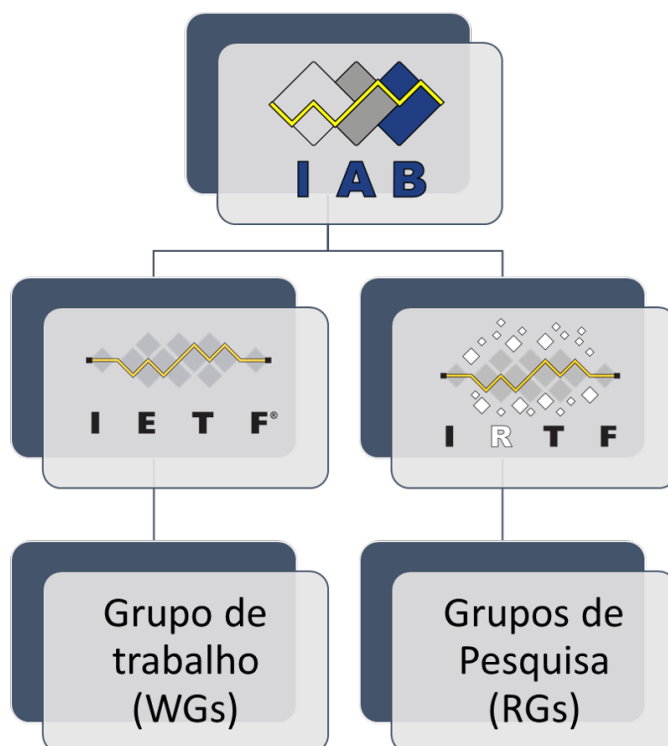
Além das discussões por e-mail os membros do IETF se reúnem em reuniões presenciais para continuar ou iniciar uma nova discussão. A primeira reunião do IETF aconteceu no ano de 1986 em San Diego (USA). Atualmente o IETF se encaminha para reunião de número 108, prevista para acontecer em Madri, Espanha. É possível visualizar o agendamento das próximas reuniões presenciais através do link <https://www.ietf.org/how/meetings/upcoming/>. Uma das dificuldades para participação presencial é o seu alto custo, dado que as reuniões acontecem geralmente na América do Norte, Europa e Ásia. Além dos custos de viagem, o custo da inscrição pode chegar a mil dólares<sup>17</sup> para profissionais. No entanto, nos últimos anos as reuniões presenciais vem sendo transmitidas de forma gratuita em tempo real. Todos os materiais, inclusive os slides apresentados, ficam

<sup>17</sup><https://www.ietf.org/how/meetings/registration-types/>



disponíveis online no site do IETF. Assim, todas as discussões são públicas (agendas de reuniões, e-mails, propostas de padrões, padrões adotados, etc), qualquer um pode fazer sugestões e críticas.

De forma simples, pode-se resumir o trabalho do IETF em grupos de trabalhos (WGs), Grupos de Pesquisa (RGs) e documentos gerados por cada grupo (Figura 2.14). Nesse contexto, o *Internet Architecture Board* (IAB) possui o papel de prover uma direção técnica para o desenvolvimento da Internet através da análise das atividades desenvolvidas em WGs e RGs, como a criação ou término de um determinado grupo de trabalho, definição de seus objetivos e validação da consistência arquitetural de uma proposta.



**Figura 2.14. Relação entre IAB, IETF e IRTF**

Para uma maior organização, existem sete áreas de atuação dentro do IETF (Tabela 2.3). Cada grupo de Trabalho (WG) ou Grupo de pesquisa (RG) deve estar vinculado a uma única área. O ideal é escolher uma área que se tenha maior afinidade e buscar entender, acompanhar e contribuir com os grupos de trabalhos dentro desta área específica. É comum estar envolvido em grupos que pertencem a áreas distintas, mas acompanhar de forma consistente e contribuir com pouco mais de 4 ou 5 grupos de trabalho é uma tarefa árdua.

#### **2.4.2. Grupos de Trabalhos (*Working Groups* - WGs)**

Os Grupos de Trabalho (WGs) atacam problemas que precisam ser resolvidos de curto a médio prazo. Cada WG possui uma descrição clara (*charter*) de seus objetivos, o problema a ser atacado, bem como todos os documentos desenvolvidos pelo grupo.

A intenção de termos grupos de trabalho é poder unir de forma coesa uma equipe

**Tabela 2.3. Áreas, abreviações e descrição. Adaptado de [Braga et al. 2014]**

Área	Descrição
Applications and Real-Time Area (art)	Protocolos vistos por programas de usuários tais como e-mail e web. Comunicações interpessoais sensíveis a atraso.
General Area (gen)	Processo do IETF e genérico para grupos de trabalho que não se encaixam em nenhuma das categorias disponíveis (que são poucos).
Internet Area (int)	As diferentes maneiras de mover pacotes IP e informações de DNS.
Operations and Management Area (ops)	Aspectos operacionais, monitoramento de rede e configuração.
Routing Area (rtg)	Roteamento de pacotes para o seu destino.
Security Area (sec)	Autenticação e privacidade.
Transport Area (tsv)	Serviços especiais para pacotes especiais.

de voluntários para atacar um problema específico de forma técnica e profunda. Por isso, um dos lemas do IETF é ter além da ideia, código rodando. Frequentemente, o que se discute são detalhes técnicos de implementação, questões arquiteturais e interoperabilidade e o desempenho dos padrões propostos. Parar iniciar uma discussão em um grupo, basta enviar um e-mail para lista ou escrever um rascunho (*draft*) de uma proposta e enviá-la para discussão. Após rodadas de discussão, esse rascunho pode vir a torna-se um padrão adotado pela comunidade e receber o título de RFC (*Request For Comments*) ou simplesmente parar de ser discutido e expirar. Transparentemente, todo esse processo também é público. É possível verificar no site do IETF quando um draft foi enviado, suas atualizações, críticas e melhorias até o momento em que torna-se uma RFC.

Como introduzido anteriormente, os grupos de trabalho são organizados em áreas. Nesse ponto, cabe enfatizar que existe um comitê chamado *Internet Engineering Steering Group* (IESG) que é formado por Diretores de Área (ADs) que são eleitos por dois anos pela própria comunidade<sup>18</sup>. Na Figura 2.15 podemos observar que a área com maior quantidade de WGs é a de Aplicações e tempo real.

Assim, cada área possui ao menos um diretor e dentro de cada área existem os grupos de trabalho. Por fim, cada grupo de trabalho possui ainda um coordenador. Essa estrutura é essencial para que haja de forma organizada um trabalho que gere alguma contribuição técnica relevante (Figura 2.16).

É praticamente impossível acompanhar vários grupos de trabalhos ao mesmo tempo, pois as discussões são técnicas e focadas na resolução de problemas específicos de cada grupo de trabalho. Os grupos de trabalho discutem desde técnicas e métricas de desempenho, *Benchmarking Methodology Working Group* (BMWG) a considerações sobre os direitos humanos na rede, *Human Rights Protocol Considerations*. Atualmente existem mais de 110 grupos de trabalho<sup>19</sup> no IETF e 14 grupos de pesquisa<sup>20</sup> no IRTF. A BCP25 [Bradner 1998] define as diretrizes e funcionamento dos WGs.

<sup>18</sup>Lista atual de membros: <https://www.ietf.org/about/groups/iesg/members/>

<sup>19</sup><https://datatracker.ietf.org/wg/>

<sup>20</sup><https://irtf.org/groups>

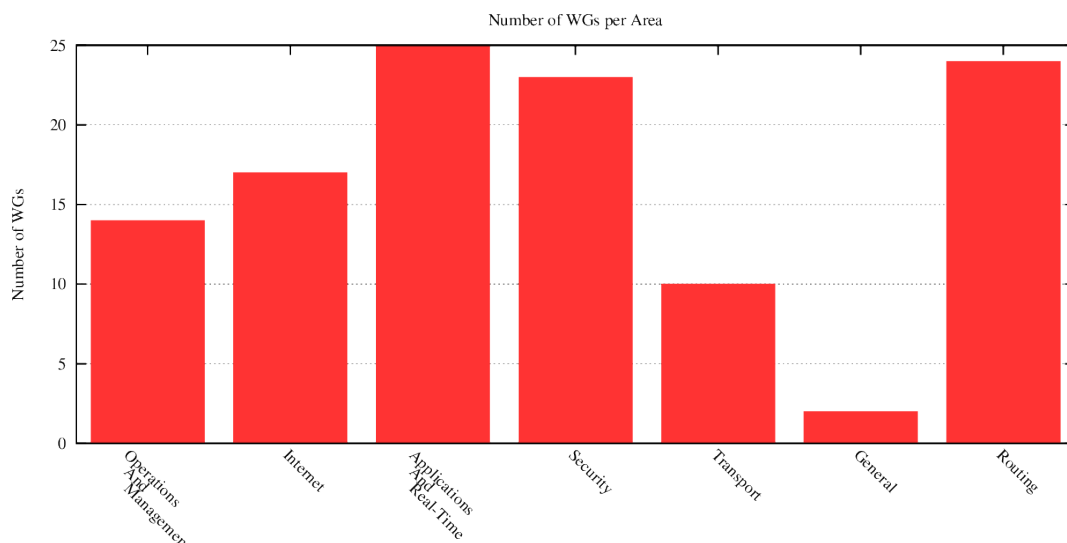


Figura 2.15. Distribuição de WGs por Área (fonte: <https://www.arkko.com/tools/allstats/areawgdistr.html>)

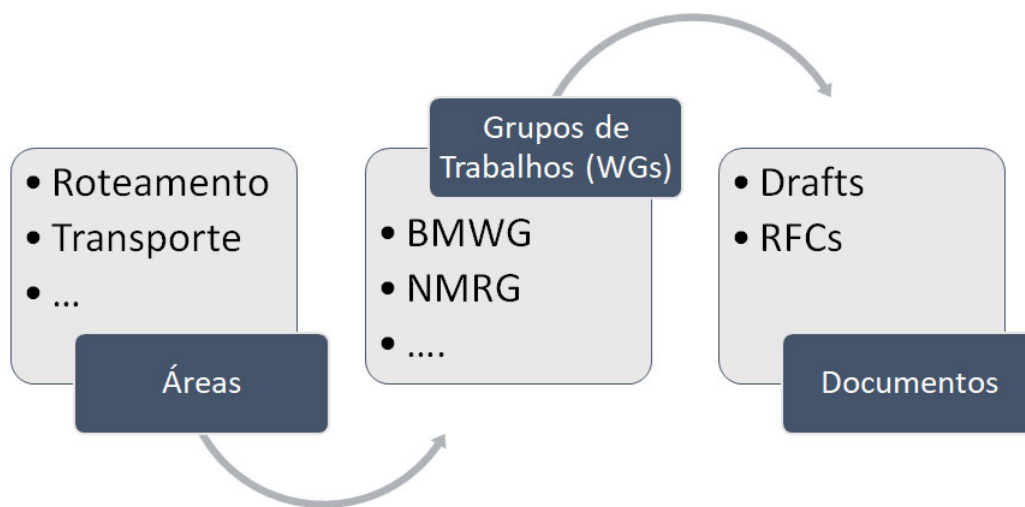


Figura 2.16. Relação entre área, grupos de trabalho e documentos (Drafts e RFCs)

### 2.4.3. Grupos de Pesquisa (*Research Groups - RGs*)

Como já dito anteriormente, o IETF foca em resolver problemas e propor soluções em um curto intervalo de tempo, norteando o funcionamento atual da Internet. Por outro lado, também é necessário um esforço para antever a necessidade de padrões que deem suporte a novas tecnologias ou paradigmas. Para isto, foi criado a Força de trabalho de Pesquisa da Internet (IRTF - *Internet Research Task Force*<sup>21</sup>). O papel do IRTF é discutir

<sup>21</sup><https://irtf.org/>

problemas acadêmicos que ainda não estão maduros para serem trabalhos dentro do IETF. Os problemas atacados são classificados como problemas de pesquisa de longa duração, onde, geralmente, pesquisadores de forma independente apresentam seus resultados parciais dentro de grupo de pesquisa específicos (*Research Groups* - RGs).

A gerência do IRTF fica a cargo do *Internet Research Steering Group*<sup>22</sup> (IRSG) que é formado basicamente pelos diretores de cada grupo de pesquisa. Atualmente há 14 grupos de pesquisas (RGs):

- Crypto Forum Research Group (CFRG)
- Computation in the Network Research Group (COINRG)
- Decentralized Internet Infrastructure Research Group (DINRG)
- Global Access to the Internet for All Research Group (GAIA)
- Human Rights Protocol Considerations Research Group (HRPC)
- Internet Congestion Control Research Group (ICCRG)
- Information-Centric Networking Research Group (ICNRG)
- Measurement and Analysis for Protocols Research Group (MAPRG)
- Network Management Research Group (NMRG)
- NetWork Coding for Efficient Network Communications Research Group (NW-CRG)
- Path Aware Networking Research Group (PANRG)
- Privacy Enhancements and Assessments Research Group (PEARG)
- Quantum Internet Research Group (QIRG)
- Thing-to-Thing Research Group (T2TRG)

Para alguém vindo da academia, o IRTF se assemelha bastante a uma conferência. Sendo mais confortável acompanhar as discussões justamente por muitas vezes discutirem artigos publicados em conferências. A comunidade então decidiu organizar em 2016 um workshop que acontece uma vez ao ano na mesma semana da reunião presencial do IETF/IRTF intitulado *Applied Networking Research Workshop*<sup>23</sup> (ANRW), tendo já quatro edições realizadas.

De forma semelhante a um grupo de trabalho (WG), há a definição do problema, objetivos e metas de cada grupo de pesquisa (RG). Um grupo de pesquisa pode surgir e morrer em pouco anos, o que dita a sua sobrevivência é a participação da comunidade de forma ativa no grupo e o potencial de contribuição. Um exemplo interessante ocorreu

---

<sup>22</sup><https://irtf.org/irsg>

<sup>23</sup><https://irtf.org/anrw/>

com o *SDN Research Group* que surgiu em 2012. Durante as reuniões presenciais as salas eram sempre lotadas com aproximadamente 100 participantes (o que é bastante para um RG). Diversos pesquisadores de forma aleatória apresentavam resultados acadêmicos sobre algum trabalho que vinham desenvolvendo, mas de maneira descoordenada e sem uma discussão prévia por meio da lista de e-mail do grupo. Como resultado, o grupo acabou com apenas uma RFC e foi encerrado em 2017, durando pouco mais de 4 anos. A duração de um grupo de trabalho ou pesquisa não necessariamente tem uma correlação com seu sucesso, por vezes, o encerramento do grupo indica que o trabalho foi concluído com sucesso e o grupo cumpriu seu objetivo.

#### **2.4.4. IETF e a relação com a Internet Society (ISOC)**

A Internet Society (ISOC) é a entidade formal que apoia administrativamente o IETF, o IAB e o IETF. Tem funcionado desde a origem dos encontros do IETF e esta relação é fortalecida pelo fato de que é parte da missão<sup>24</sup> da ISOC o apoio ao desenvolvimento dos padrões abertos construindo e apoiando as comunidades que fazem a Internet funcionar [Haberman et al. 2020, Camarillo and Livingood 2020].

#### **2.4.5. Como colaborar com a comunidade do IETF/IRTF?**

Colaborar com a comunidade da IETF/IRTF parece algo distante para boa parte da comunidade que atua na área de redes de computadores. Muitas são as dúvidas sobre como colaborar efetivamente na geração de padrões que norteiam ou podem vir a nortear o funcionamento da Internet.

Embora seja relativamente simples iniciar ou se envolver em uma discussão no IETF, há diversas barreiras que precisam ser superadas para uma efetiva contribuição. Há várias normas que precisam ser seguidas para escrita de documentos e uma ênfase na implementação de soluções (código rodando). Temos um ambiente consideravelmente distinto do meio acadêmico (conferências, workshops e congressos), onde há a participação massiva de representantes da indústria com discussões constantes através de listas de e-mail abertas e reuniões presenciais para debate/melhorias de padrões.

Os participantes do IETF reúnem-se três vezes ao ano para complementar o que foi discutido nas listas de e-mails entre seus integrantes e apresentações de melhorias. As reuniões acontecem na América do Norte, Europa, Ásia e raramente na América do Sul, tendo duração de uma semana. As reuniões são pagas por serem em locais distantes havendo a preocupação de estadia e passagens aos participantes interessados em estar na reunião presencialmente, apesar disso, a participação remota nos grupos de trabalhos é gratuita. Por fim, são oferecidas ajuda de custo para os que queiram estar nas reuniões presenciais (<https://www.internetsociety.org/leadership/fellowship-to-ietf/>), havendo também a participação remota (via videoconferência) em tempo real no local da realização da reunião.

Para participar de forma remota das reuniões presenciais, deve-se seguir os seguintes passos:

- Realizar o registro através do site <https://www.ietf.org/how/meetings/register/>

---

<sup>24</sup><https://www.internetsociety.org/mission/>

- Verificar na agenda (<https://datatracker.ietf.org/meeting/agenda/>) o que pretende-se acompanhar
- Acessar o link da transmissão em tempo-real de um dado grupo através do Meetecho <https://www.meetecho.com/>
- Participar como ouvinte e fazer perguntas via chat

Iniciativas no Brasil como o Workshop Pré-IETF<sup>25</sup> (WPIETF) vem tentando disseminar desde 2014 o espírito do IETF no Brasil e na América Latina. É possível enviar trabalhos em português e receber apoio da organização para futuramente apresentá-los de fato no IETF/IRTF.

## **2.5. *Internet-Drafts* e *Request for Comments* (RFCs): Tipos, formatos e dicas de elaboração**

A principal forma de contribuir para o IETF/IRTF é através da produção de *Internet Drafts* (I-D) e *Request for Comments* (RFCs). Tais documentos são o reflexo das atividades desenvolvidas pelos membros que compõe um grupo de trabalho ou contribuições individuais. Toda RFC começou com um I-D até torna-se uma RFC após um período de discussão até se chegar em um consenso (Figura 2.17). Um I-D não deve ser considerado como uma especificação, pois estão sob avaliação e podem ser removidos a qualquer momento, por isso, deve-se evitar referenciá-los em artigos científicos.

Ao decidir escrever um I-D deve-se ter em mente que é um processo longo e irá exigir tempo, dedicação, conhecimento e interação social. Diferente de um artigo científico, é preciso argumentar de forma constante através de discussões públicas as razões do porquê um I-D deve torna-se uma RFC. É comum a própria comunidade contribuir com melhorias, o objetivo não é rejeitar um determinado I-D, mas construir um conjunto de padrões que melhorem realmente o funcionamento da Internet. Após seguir as diretrizes adequadas de formatação, qualquer um pode escrever um I-D. Assim, o I-D não será rejeitado como um artigo científico, mas terá grandes chances de ser ignorado pela comunidade e ser arquivado após seu tempo de expiração. Para que isso não ocorra é aconselhável:

- Acompanhar as discussões do grupo que se mais se aproxima do I-D que se pretende escrever
- Iniciar uma prévia discussão sobre o conteúdo do I-D
- Escrever com um bom inglês
- Se possível, implementar e obter resultados que validem a proposta
- Ter uma ideia clara da ideia que você pretende que o IETF adote
- Usar a linguagem utilizada nos grupos de trabalho do IETF

---

<sup>25</sup><http://wpietf.sbc.org.br>

- Ser claro sobre as melhorias propostas
- Não submeter um I-D com seções vazias
- Evitar usar a frase *this will be described in a future revision*.
- Propor um documento completo, claro e objetivo

Nesse cenário, a forma mais rápida e efetiva de conseguir que um I-D se torne uma RFC é fazer com um grupo de trabalho adote, discuta e chegue num consenso sobre o que foi proposto.

Um dos RFCs mais importante, para entender RFCs, é o RFC2026 [Bradner 1996].

#	RFC	Título	Referência
1	RFC3667	IETF Rights in Contributions	[Bradner 2004a]
2	RFC3668	Intellectual Property Rights in IETF Technology	[Bradner 2004b]
3	RFC3932	The IESG and RFC Editor Documents: Procedures	[Alvestrand 2004]
4	RFC3978	IETF Rights in Contributions	[Bradner 2005a]
5	RFC3979	Intellectual Property Rights in IETF Technology	[Bradner 2005b]
6	RFC5378	Rights Contributors Provide to the IETF Trust	[Bradner and Contreras 2008]
7	RFC5657	Guidance on Interoperation and Implementation Reports for...	[Dusseault and Sparks 2009]
8	RFC5742	IESG Procedures for Handling of Independent and IRTF...	[Alvestrand and Housley 2009]
9	RFC6410	Reducing the Standards Track to Two Maturity Levels	[Housley et al. 2011]
10	RFC7100	RRetirement of the "Internet Official Protocol Standards" ...	[Resnick 2013]
11	RFC7127	Characterization of Proposed Standards	[Kolkman et al. 2014]
12	RFC7475	Increasing the Number of Area Directors in an IETF Area	[Dawkins 2015]
13	RFC8179	Intellectual Property Rights in IETF Technology	[Bradner and Contreras 2017]
14	<b>RFC Errata</b>	<a href="https://www.rfc-editor.org/errata/rfc2026">https://www.rfc-editor.org/errata/rfc2026</a>	522–524, 586, 1622, 2007, 3014–3016, 2004

### 2.5.1. *Internet-Draft* x RFC: Etapas de padronização

Qualquer ser humano pode escrever um I-D, desde que o faça, em inglês e siga a formação recomendada, como discutido anteriormente. Entretanto, há algumas etapas bem definidas até um I-D virar uma RFC:

- Finalizar a escrita do documento e verificar a adequação das diretrizes através do link <https://tools.ietf.org/tools/idnits>;
- Realizar o envio do I-D pelo link <https://datatracker.ietf.org/submit/>;
- O draft é publicado e exposto por um período de 185 dias (que pode ser renovável) para que possa receber comentários;
- Após comentários, as devidas edições são realizadas. O documento pode ser editado diversas vezes, dependendo da quantidade de comentários que se recebe;
- Em geral, para que um I-D vire uma RFC, é necessário que um Diretor de Área (AD) solicite o encaminhamento para o *Internet Engineering Steering Group* (IESG);
- O AD faz sua própria análise e pode pedir alguns ajustes do I-D antes de enviar para o IESG.

As equipes de avaliação do IESG, são formadas pelos Security Area Directorate (secdir) e General Area Review Team (Gen-Art), que validam o I-D para que ele se torne uma RFC. Após esses processos, aguarda-se que o RFC Editor publique o draft como uma RFC. O RFC Editor cuida da publicação e o repositório de RFCs. O repositório das RFCs está no ambiente do RFC Editor, enquanto que o repositório de I-Ds está no ambiente dos Grupos de Trabalhos.

De acordo com a forma com o I-D é submetido podemos ter pequenas alterações no processo citado anteriormente.



**Figura 2.17. Processo de discussão de um Draft para torna-se uma RFC**

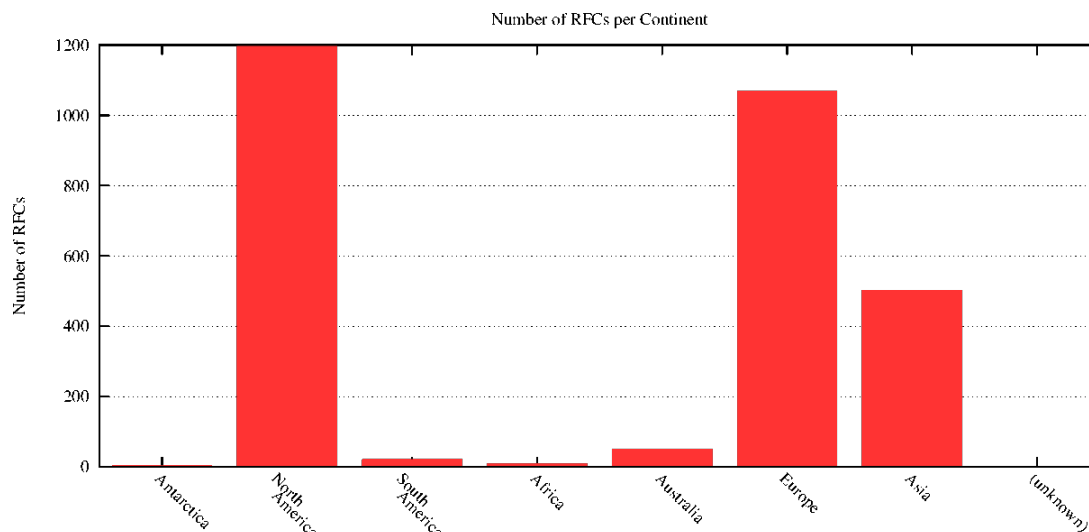
Inicialmente temos a produção do Internet Draft (rascunho ou trabalho em progresso) que é analisado e discutido de forma pública de forma colaborativa através das listas de e-mails e/ou nas reuniões presenciais. Um Draft pode seguir por três caminhos: (1) ter sua data de validade prorrogada para maiores discussões quantas vezes a comunidade achar necessário. (2) Expirar e morrer ou (3) Torna-se definitivamente uma RFC. As RFC não possuem data de expiração e possuem um número único. A RFC 2016 (BRADNER, Scott O, 1996) descreve os tipos de RFCs que podem ser desenvolvidas:

- Padrões propostos (Proposed standarts)
- Padrões da Internet (Internet standarts, algumas vezes, chamados de “full standarts”)
- Documentos de Melhores Práticas Recomendadas (BCP)
- Documentos Informativos (Informational documents)
- Documentos Experimentais (Experimental documents)
- Documentos Históricos (Historical documents)

Através do endereço [datatracker.ietf.org](http://datatracker.ietf.org) é possível visualizar todos os Drafts ativos e realizar buscas. Já no endereço <http://www.watersprings.org/pub/id/> é possível acessar a lista de Drafts que expiraram e não viraram uma RFC.



Uma análise estatística mostra que a comunidade da América Latina ainda contribui de forma muito discreta com a produção de documentos para o IETF (Figura 2.18).



**Figura 2.18. Contribuição de RFC por continente (fonte: <https://www.arkko.com/tools/regrfcstats/d-contdistr.html> )**

As definições sobre Drafts e RFCs são guiadas pelo consenso da comunidade. Mesmo em listas de e-mails ou presencialmente, o que define se um draft será discutido ou se ele se tornará uma RFC é o fato de a comunidade achar que determinada discussão é relevante. Além disso, é importante que o documento apresente material suficiente para virar uma RFC após rodadas de discussões. Dentro da IETF vale o lema criado por David Clark: “We reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code”

### 2.5.2. Classificações de RFCs

Um draft ou RFC pode pertencer a diversas categorias diferentes. Não há apenas a padronização de protocolos dentro da IETF, temos, por exemplo, a padronização de boas práticas ou a definição de nomenclatura relacionadas a tecnologias recentes como Redes Definidas por Software (SDN). Dessa forma, existem drafts e RFCs que podem ser classificados como: Standards Track, Informational, Experimental, Best Current Practice e Historic. Essa seção destaca os diferentes tipos de documentos que podem vir a serem adotados como uma RFC dentro do IETF.

## 2.6. Ferramentas para escrita de Internet-Drafts e RFCs

Existem dezenas de regras para a escrita e submissão de um draft e isso pode dificultar a contribuição de alguém que está aprendendo como o IETF funciona. Assim, devido ao grande número de regras de formatação, itens obrigatórios e uso apenas de caracteres ASCII, escrever um draft ou RFC pode não ser uma tarefa fácil. Nesta seção destacamos algumas dessas regras e explicamos como usar a ferramenta XML2RFC<sup>26</sup> para escrever um documento para o IETF ou IRTF.

<sup>26</sup><https://xml2rfc.tools.ietf.org/>

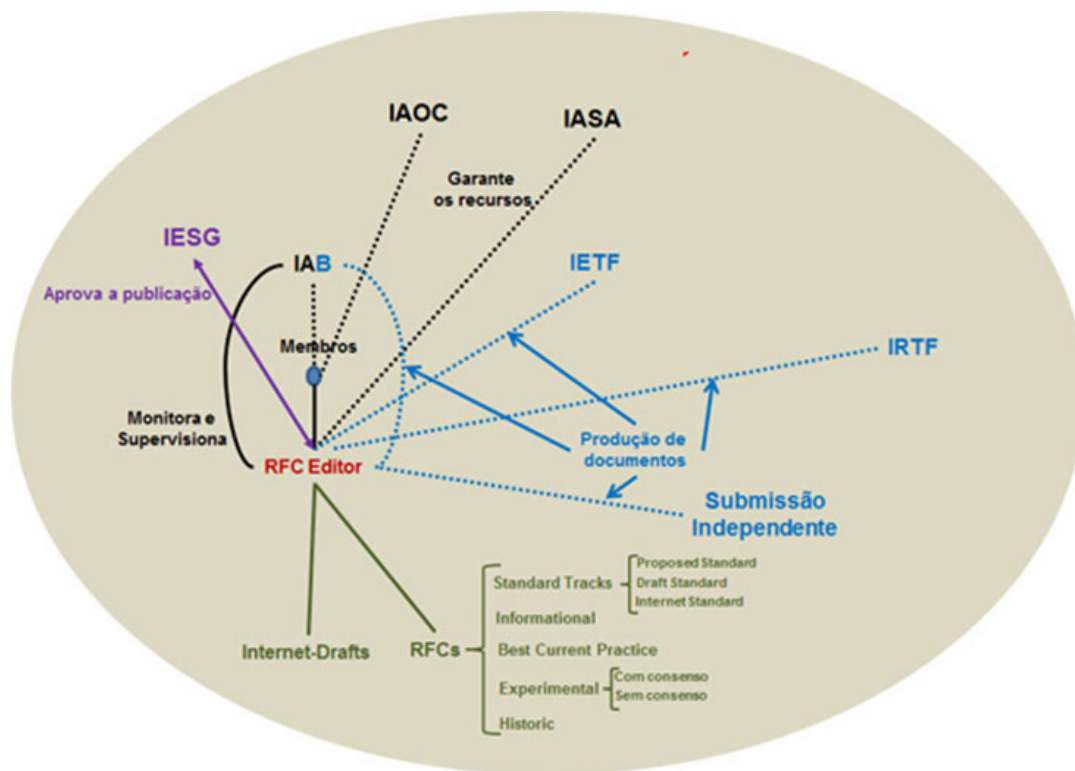


Figura 2.19. Cenário em torno do RFC Editor. Adaptado de [Braga 2013]

### 2.6.1. Regras de Formatação

Diferentemente de outros tipos de publicações científicas, uma RFC deve seguir um conjunto de regras de formatação [Flanagan and Brownlee 2013] com poucos recursos visuais e com algumas regras não muito usuais no meio acadêmico como:

- Um Draft/RFC deve ser escrito somente em texto ASCII
- Todo Draft deve incluir a data de expiração. Essa data deve ser de 185 dias a contar da data de submissão.
- Não é permitido o uso de figuras (a figura pode ser feita em texto ASCII, não em formatos como JPEG, BMP e GIF).
- O número de caracteres por linha não deve ultrapassar 72 caracteres
- O número de linhas por página não deve ultrapassar 58
- PostScript e PDF devem ser formatados para o tamanho do papel de 8,5x11 polegadas. Se for utilizado papel A4, uma não superior a 254 mm deve ser usada para evitar a impressão de páginas extras quando impressas em papel de 8,5x11.
- Não há diferença entre o formato de RFCs e I-Ds
- Não é permitido usar sublinhado ou notas de rodapé

- Não é permitido hifenização de uma palavra na margem direita
- O documento não deve se definir como I-D ou RFC

Essas são algumas das regras gerais para que a submissão de um documento seja aceito para apreciação dentro de algum grupo. As próximas subseções irão destacar como seguir alguns parâmetros definidos pela comunidade para elaboração do resumo, títulos, figuras e demais seções obrigatórias de acordo com as RFCs 2223, 6949 e 7841 [Postel and Reynolds 1997] [Flanagan and Brownlee 2013] [Halpern et al. 2016].

### 2.6.1.1. Título

O título de um Draft ou RFC deve seguir um formato autoexplicativo (Tabela 2.4). Onde:

- WG: é o acrônimo do grupo de trabalho. Ex: BMWG, RTGWG e OPSAWG.
- NAME: Título do Draft ou RFC
- Versão: Inicia com 00 e a cada nova versão do Draft é incrementado em 1. No caso a versão dois possui o número de versão 01. RFCs não possuem número de versão.
- O título fica limitado a um total de 50 caracteres

**Tabela 2.4. Formato do título de um I-D e RFC**

Drafts produzidos para Grupos de Trabalho (WGs)	draft-ietf-<wg>-<name>-<version number>.txt
Drafts produzidos para Grupos de Pesquisa (RGs)	draft-irtf-<rg>-<name>-<version number>.txt
Drafts produzidos individualmente	draft-<individual>-<name>-<version number>.txt
Internet Architecture Board (IAB), RFC Editor ou outra organização ligada ao IETF	draft-<org>-<name>-<version number>.txt

### 2.6.1.2. Seções obrigatórias e recomendadas

- Abstract: É obrigatório uma seção de resumo (abstract). Essa seção deve conter entre 5 e 10 linhas. Não há um consenso, mas o senso comum dentro da comunidade entende que 3 linhas é um número muito pequeno e 20 linhas é um exagero.
- Status of This Memo: “Status of This Memo” é mais uma seção obrigatória na escrita de um Draft. A sua primeira linha deve iniciar de acordo com o tipo do documento (Tabela 2.5). Em seguida, no segundo parágrafo deve-se explicitar a proposta do documento de acordo com a categoria.

- Table of Contents: Caso o documento exceda o número de 15 páginas é recomendável a criação de uma tabela com a descrição do conteúdo (sumário). Na prática, mesmo documentos inferiores a 15 páginas adicionam um sumário descrevendo a organização do documento.
- Security Considerations: É obrigatória a adição de uma seção sobre considerações de segurança (security considerations). Deve-se ter uma descrição das questões de segurança levantadas pela proposta, incluindo riscos e descrição de soluções ou soluções alternativas para os problemas encontrados. Mesmo que não haja nenhum problema de segurança, é necessária a inclusão desta seção.

### 2.6.1.3. Figuras

Criar diagramas e figuras é um desafio e ao mesmo tempo uma arte, pois devem ser feitas em código ASCII. A Figura 2.20 é um bom exemplo de como podemos utilizar o código ASCII para elaboração de figuras.

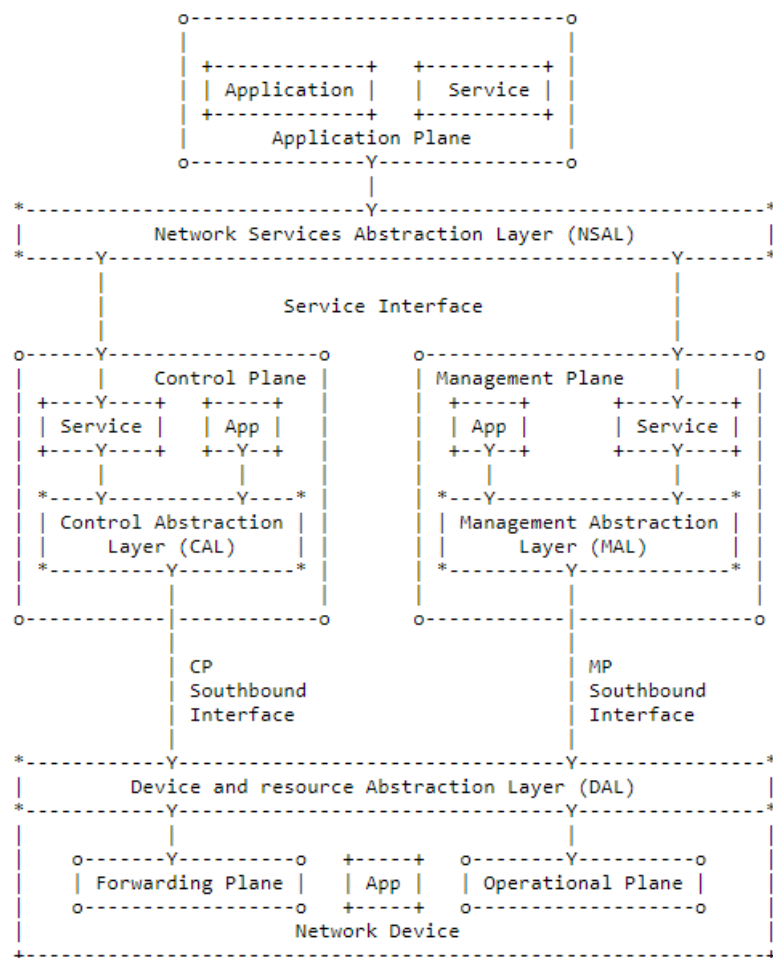


Figura 2.20. SDN Layer Architecture [RFC 7426] (HALEPLIDIS e colab., 2015)

**Tabela 2.5. Construindo a seção “Status of This Memo”**

Tipo	Início do Parágrafo (obrigatoriamente em inglês)
Standards Track	This is an Internet Standards Track document
Best Current Practices	This memo documents an Internet Best Current Practice
Informational	it is published for informational purposes
Experimental	it is published for examination, experimental implementation, and evaluation
Historic	it is published for the historical record

#### 2.6.1.4. Propriedade Intelectual (PI)

BCP 78 [RFC5378] e BCP 79 [RFC3979] [RFC4879] exigem instruções específicas de direitos de propriedade intelectual (IPR) em cada Internet-Draft. No caso de uma RFC pertencente a um grupo de trabalho do IETF é obrigatório a adição do seguinte texto:

"Copyright (c) YYYY IETF Trust and the persons identified as the document authors. All rights reserved. This document is subject to BCP 78 and the IETF Trust's Legal Provisions Relating to IETF Documents (<http://trustee.ietf.org/license-info>) in effect on the date of publication of this document. Please review these documents carefully, as they describe your rights and restrictions with respect to this document. Code Components extracted from this document must include Simplified BSD License text as described in Section 4.e of the Trust Legal Provisions and are provided without warranty as described in the Simplified BSD License."

No caso de o documento ser publicado de forma independente ou pelo IAB ou em um Grupo de Pesquisa (RG), deve-se incluir o seguinte texto:

"Copyright (c) YYYY IETF Trust and the persons identified as the document authors. All rights reserved. This document is subject to BCP 78 and the IETF Trust's Legal Provisions Relating to IETF Documents (<http://trustee.ietf.org/license-info>) in effect on the date of publication of this document. Please review these documents carefully, as they describe your rights and restrictions with respect to this document."

Onde YYYY é o ano corrente da submissão do documento. Caso o autor não inclua esse texto obrigatório no documento, o documento não será aceito para publicação como um Draft e retornará para o autor realizar os devidos ajustes. A secretaria do IETF não adicionará sob nenhuma hipótese o trecho referente ao copyright. Os autores devem evitar referenciar diretamente patentes, pois RFCs não permitem atualizações e patentes podem ser modificadas num curto intervalo de tempo. Maiores detalhes podem ser encontrados no documento de boas práticas BCP 78 [RFC 8179] (BRADNER, S e CONTRERAS, 2017).

Por fim, deve existir uma seção com informações para contato com os autores (endereço, e-mail e telefone podem ser adicionados nessa seção). Maiores detalhes podem ser encontrados na RFC 7322 (FLANAGAN e GINOZA, 2014).

### 2.6.2. XML2RFC: Criando drafts/RFCs através de um arquivo XML

Diversas ferramentas surgiram para facilitar o processo de escrita. No próprio site do IETF temos algumas sugestões de ferramentas<sup>27</sup>. Na Tabela abaixo temos um comparativo de características de três dessas ferramentas.

	XML2RFC	NroffEdit	Word template
Arquivo Fonte	.xml	nroff	doc ou docx
Documentação	RFC 7328	<a href="http://aaa-sec.com/nroffedit/">http://aaa-sec.com/nroffedit/</a>	RFC 5385
Execução Local	Sim e Online	Sim	Sim
Criação de Referência Automática	Sim	Sim	Não
Curva de Aprendizagem	Média	Média	Baixa
Problemas de formatação	Baixo	Baixo	alto

**Tabela 2.6. Comparativo de ferramentas para escrita de RFCs**

Seria possível, por exemplo, mas não aconselhável, usar o próprio bloco de notas para escrever uma RFC. Nesta seção vamos focar no uso do XML2RFC como ferramenta que nós auxiliará a criar nosso documento de acordo com todos os padrões estabelecidos citados anteriormente e menor chance de surgimento de algum erro de formatação.

O XML2RFC permite que o usuário utilize uma linguagem de marcação XML (*Extensible Markup Language*) para geração do arquivo texto seguindo todas as diretrizes necessárias. A RFC 7749 [Reschke 2016] descreve sua utilização em maiores detalhes. Dentre todas as ferramentas analisadas esta apresenta menor chance de geração de um documento com algum erro de formatação e facilidade de uso. Seções de Copyright, tabela de conteúdo (sumário), Status of this Memo e até a data de expiração do draft são geradas automaticamente, respeitando todas as regras de formatação definidas pela comunidade do IETF.

O processo de geração do draft pode ser feito online através do upload do arquivo XML ou offline baixando o aplicativo para processamento do arquivo XML. Um conjunto de templates está disponível no link: <https://tools.ietf.org/tools/templates/>. Após a realização do upload do arquivo XML pelo site <https://xml2rfc.tools.ietf.org/> é possível escolher o formato de saída entre PDF, texto, HTML e ePub (Figura 2.21).

XML (*Extensible Markup Language*) é uma linguagem de marcação onde se faz necessário compreender a sintaxe atrelada ao esquema utilizado. Dessa forma, é preciso saber como empregar um conjunto de tags para que a saída após o processamento corresponda ao que se espera. Todas as tags e seu funcionamento é descrito na RFC 7749 [Reschke 2016]. Assim, nas próximas subseções iremos explicar como utilizar as tags mais comuns durante a escrita de uma draft/RFC.

<sup>27</sup><https://www.rfc-editor.org/pubprocess/tools/>

**Figura 2.21.** Interface para upload do arquivo XML e escolha do arquivo de saída (<https://xml2rfc.tools.ietf.org/>)

### 2.6.2.1. Sintaxe e Estrutura Básica

Um arquivo XML é um arquivo que segue uma hierarquia de tags. A tag principal de uma RFC e draft é a tag `<rfc>` que termina com a tag `</rfc>`. Todo o documento é estruturado dentro dessa tag principal. Essa tag possui os seguintes atributos:

- `category`: Pode assumir os valores `std`, `bcp`, `info`, `exp`, and `historic` que indicam o tipo do documento proposto (ver Tabela 2.5)
- `docName`-> É o nome principal do documento e deve respeitar as regras citadas anteriormente para elaboração de títulos (ver subseção 2.6.1.1)
- `submissionType`: Deve-se indicar se é IETF, IRTF, IAB ou Independente
- `ipr`: Especificação de propriedade intelectual. Um valor normalmente utilizado é `trust200902` (mais informações em <https://xml2rfc.tools.ietf.org/rfc7749.html#element.rfc>)

Essa tag é composta por três partes:(1) `<front>` - Cabeçalho do documento; (2) `<middle>` - Conteúdo do documento composto de seções; e (3) `<back>` - Fim do documento com as referências. O resultado é um arquivo XML conforme o exemplo da Figura 2.22.

### 2.6.2.2. Cabeçalho: Especificando o que há dentro da tag `<front>`

Dentro da tag `<front>` iremos colocar informações como título do documento, área, o workgroup que se enquadra o documento, palavras-chave, resumo e autores.

```

1 <rfc category="info" docName="draft-irtf-nmrg-sdn-placement-
2     challenges-00" submissionType="IRTF" ipr="trust200902">
3     <front>
4
5     <middle>
6     </middle>
7
8     <back>
9     </back>
10 </rfc>

```

**Figura 2.22. TAG Raiz de uma RFC**

Essas tags são intuitivas e de simples entendimento conforme a Figura 2.23. Neste exemplo há dois autores adicionados. Um exemplo de como preencher as informações de um autor pode ser visto na Figura 2.24

```

1 <front>
2     <title abbrev="Abbreviated Title">SDN Placement Challenges
3         </title>
4     <author>
5     </author>...
6     <author>...
7     </author>
8     <area>General</area>
9     <workgroup>Network Management Research Group</workgroup>
10    <keyword>SDN; Placement Problem</keyword>
11    <abstract> Meu Resumo... </abstract>
12 </front>

```

**Figura 2.23. Conjunto de tags básicas**

### 2.6.2.3. Corpo do Documento: Como adicionar conteúdo na tag <middle>

A tag <middle> representa o conteúdo principal do documento (draft ou RFC). É aqui que criamos as seções que compõem o corpo do documento. Podemos ver na Figura 2.25 como criar seções e como definir um título para a seção. Além disso, temos a criação de uma lista de tópicos. A tag <t> significa um parágrafo.

Para adicionar múltiplas seções basta adicionar outra tag <section> após o fim da seção anterior. Para a criação de uma subseção, basta apenas criar um tag <section> dentro de uma <section> já existente.

Criar figuras para uma RFC é praticamente um exercício de criatividade, paciência e uma atividade artística. Como já ressaltado, o uso de extensões de arquivos como, por exemplo, .jpg, .png e .bmp não são permitidos, qualquer figura deve ser feita totalmente através de caracteres ASCII. Para que não haja alguma desconfiguração da figura, há uma tag específica que pode-se ser utilizada (Figura 2.26)



```

1 <author fullname="Marcelo Anderson Batista dos Santos" initials
  ="M.A.B.S." role="editor"
2     surname="Santos">
3 <organization>IF Sertao-PE</organization>
4 <address>
5   <postal>
6     <street></street>
7     <!-- Reorder these if your country does things differently
      -->
8     <city>Salgueiro</city>
9     <region></region>
10    <code></code>
11    <country>BR</country>
12  </postal>
13  <email>marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br</email>
14  <!-- uri and facsimile elements may also be added -->
15 </address>
16 </author>

```

**Figura 2.24. Exemplo de definição de autor**

```

1
2 <section title="Introduction">
3   <t>
4     Algum texto .... Sua lista :
5
6     <list counter="reqs" hangIndent="4" style="symbols">
7       <t>Topico 1</t>
8       <t>Topico 2</t>
9     </list>
10    </t>
11 </section>

```

**Figura 2.25. Conteúdo da tag Middle: Criação de seções**

O resultado pós-processamento pode ser visto na Figura 2.27.

#### **2.6.2.4. Fim do Documento: Referências e a tag <back>**

Para finalizar o documento, temos a tag <back> onde é possível adicionar as referências citadas durante o texto. Um exemplo de como adicionar as referências pode ser visto na Figura 2.28.

Por fim, algumas das seções obrigatórias como a de Propriedade Intelectual (PI), Status of This Memo, o sumário, tabela de conteúdos, IANA e Security Considerations serão todas geradas automaticamente após o processamento do arquivo XML. Uma outra ferramenta complementar que auxilia na verificação da formatação de um draft ou RFC está disponível em: <https://tools.ietf.org/tools/idnits/>. É possível fazer o upload do arquivo texto para validação antes de enviar oficialmente o documento.



Explicacao sobre a figura....

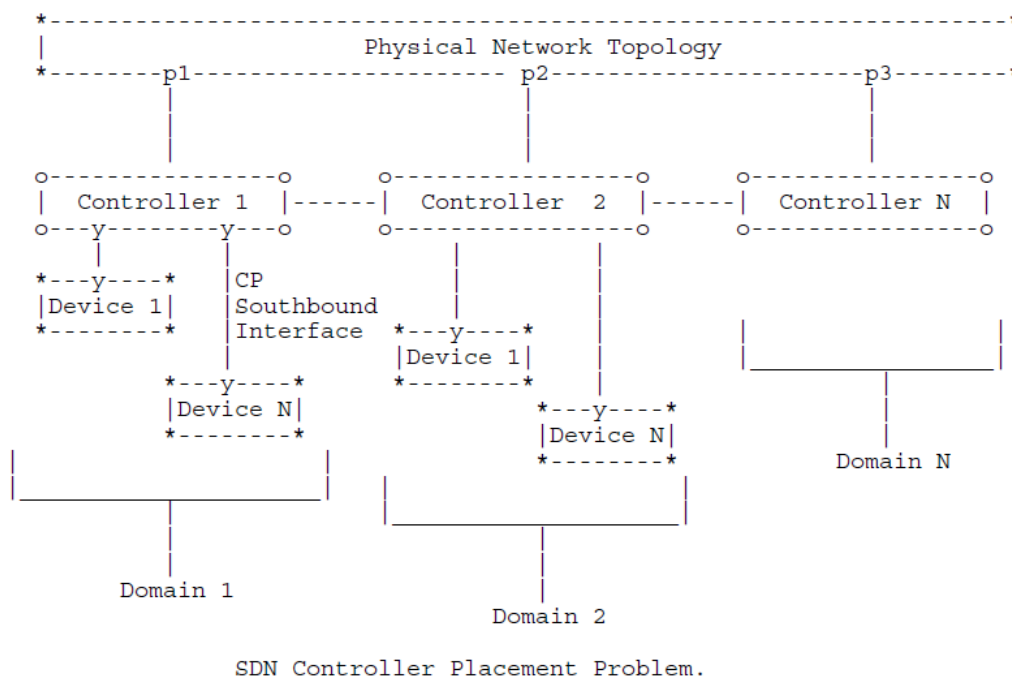


Figura 2.27. Resultado após o processamento do arquivo XML

```

1  <references title="Normative References">
2  <reference anchor="min_ref">
3    <!-- the following is the minimum to make xml2rfc happy -->
4    <front>
5      <title>Minimal Reference</title>
6      <author initials="authInitials" surname="authSurName">
7        <organization></organization>
8      </author>
9      <date year="2006" />
10     </front>
11   </reference>
12 </references>

```

Figura 2.28. Conteúdo da tag Back: Adicionando Referências

cesso de padronização dos protocolos da Internet. Os padrões abertos criados pelo IETF são fundamentais para que a Internet funcione de forma estável e eficiente.

Para organizar esse ecossistema complexo foram criadas diversas entidades com responsabilidades bem definidas para que haja então uma coordenação das atividades necessárias para o bom funcionamento da rede. Um conjunto de Registros Regionais da Internet (RIRs). Numa escala regional, temos cinco RIRs: *African Network Information Center* (AFRINIC), *Asia Pacific Network Information Centre* (APNIC), *American Registry for Internet Numbers* (ARIN), *Latin American and Caribbean Internet Adres-*

*ses Registry* (LACNIC), e o *Réseaux IP Européens Network Coordination Centre* (RIPE NCC). O papel básico de cada RIR é administrar e supervisionar um número de espaço de endereço IP dentro de uma determinada região. Cada RIR tem sua própria política, mas devem obedecer políticas globais definidas pelo IANA.

Os recursos da Internet para os países da LAC são gerenciados pelo *Latin America and Caribbean Network Information Centre* (LACNIC), um RIR acreditado pelo IANA. Em alguns casos, como o Brasil, os recursos são geridos pelos *National Internet Registry* (NIR), mas sob orientação e cooperação do LACNIC. O NIR brasileiro é o NIC.BR.

A comunidade de operadores de rede da LAC é representada pelo *Latin America and Caribbean Network Operators Group* (LACNOG). Essa comunidade é formada pelas pessoas que operam as redes Internet da região e trocam experiências utilizando a lista de correio. A organização se reúne uma vez por ano em um evento de alcance internacional. Esse evento ocorre para fortalecer os vínculos entre empresas e realizar atualizações sobre padrões, tecnologias e boas práticas de operação de redes. LACNOG agrega um conjunto de grupos de trabalho compostos por pessoas dedicadas a diferentes temáticas que surgem graças a propostas da comunidade de operadores.

É importante a participação de membros brasileiros e da LAC como um todo a fim de possibilitar a troca de conhecimento entre países emergentes. Dessa forma, a identificação do que estimula a participação nos fóruns relacionados com a Internet e também de novas formas de fomentar a participação de novos membros. Por exemplo, o livro "O Tao do IETF: Guia destinado aos novos participantes do Internet Engineering Task Force" [Braga et al. 2014] foi traduzido para as línguas espanhola e portuguesa.

### **2.7.2. Academia x Indústria**

Algumas ações tem sido desenvolvidas no Brasil com o objetivo de estimular a participação (mais efetiva) brasileira no processo de padronização de protocolos da Internet. É importante ressaltar que aprimorar a construção da internet depende dos diversos *stakeholders*: academia, indústria e operadores de rede. No contexto brasileiro, o Comitê Gestor da Internet Brasileira (CGI.br), o qual possui representatividade desses diversos *stakeholders*, busca impulsionar a participação brasileira.

Dentre as ações realizadas pelo CGI.BR, o mesmo patrocinou 30.000 exemplares de um livro contendo "O Tao do IETF" em inglês, espanhol e português [Braga et al. 2014]. Esta ação proporcionou a distribuição do livro e conseqüentemente contribuiu para a difusão do IETF na LAC e em alguns países e eventos da Africa (Cabo Verde, Guiné Equatorial, Moçambique e São Tomé e Príncipe).

O CGI.br lançou uma chamada publica para participação em grupos de trabalhos e reuniões do IETF, com o objetivo de ampliar ainda mais a participação brasileira. O edital contemplou quatro projetos: três projeto oriundos da academia (universidades e instituições de pesquisa) e um projeto de uma empresa operadora de redes. Não houve projetos contemplados produzidos pela indústria de redes nacional.

### 2.7.3. Ações e desafios para colaboração no IETF

A IETF-LAC é uma força tarefa proposta pelo LACNOG para prover um fórum a operadores, fabricantes e academia para que os mesmos possam explorar diferentes aspectos do IETF. Em particular, a IETF-LAC tem como objetivo fomentar a participação de pessoas da região nas discussões e processos do IETF. Dessa forma, são promovidas atividades que aumentem a participação e conscientização sobre o IETF na LAC. O foco inicial da IETF-LAC é ser um mecanismo para introduzir novas pessoas ao IETF. Assim, foi criada uma lista de discussões por email, na qual as mensagens são escritas preferencialmente em espanhol e português, com foco na comunidade da LAC. Finalmente, a IETF-LAC realiza a divulgação do IETF em eventos regionais como o Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC) e as *Jornadas Argentinas de Informática* (JAIIO).

O Workshop pre-IETF (WPIETF) é uma atividade organizada pela IETF LAC, SBC e ISOC Brasil para introduzir novas pessoas ao IETF, especialmente da academia. Essa atividade, que é normalmente realizada no CSBC, já teve seis edições. O principal objetivo é expandir a presença da LAC nos encontros do IETF, além de proporcionar um ambiente para que as habilidades de técnicos, estudantes e pesquisadores pudessem ser demonstradas, antecipando-se aos três encontros anuais do IETF.

O IETF-LAC realiza Encontros pré-IETF periodicamente para proporcionar um encontro no qual os autores latinos possam compartilhar seus *internet-drafts* e receber comentários dos seus colegas. Os encontros são videoconferências, normalmente realizadas antes da primeira e terceira reunião do IETF do ano corrente. O objetivo é promover um espaço comum para a comunidade do IETF-LAC, além de propiciar um fórum para a apresentação de trabalhos da região que serão enviados ao IETF. Assim, são realizadas apresentações curtas sobre temas de interesse no IETF ou mesmo de *internet-drafts* (similar a uma reunião de um WG/RG).

Algumas ações pontuais ainda podem ser comentadas. Em geral, essas ações estão relacionadas ao propósito geral de aumentar o interesse no processo de padronização do IETF na LAC. Uma dessas ações é a produção de uma versão local do "The Tao of IETF"[Braga et al. 2014]. Além disso, há um aumento de participação latina nas reuniões do IETF em função da transmissão em tempo real. Esse aumento possibilita a criação de hubs locais, os quais têm ocorrido com alguma frequência em universidades brasileiras.

## 2.8. Estudo de caso: o processo de aprovação do protocolo HTTP/3 - Julho

### 2.8.1. Considerações históricas

Google começou a usar o *Quick UDP Internet Connections* (QUIC) em 2014, entre o Chrome e os serviços do Google. O QUIC foi uma extensão da implementação e dos bons resultados (aumento de 55% na velocidade de acesso ao servidor de Web), do SPDY<sup>28</sup>, criado pelo próprio Google.

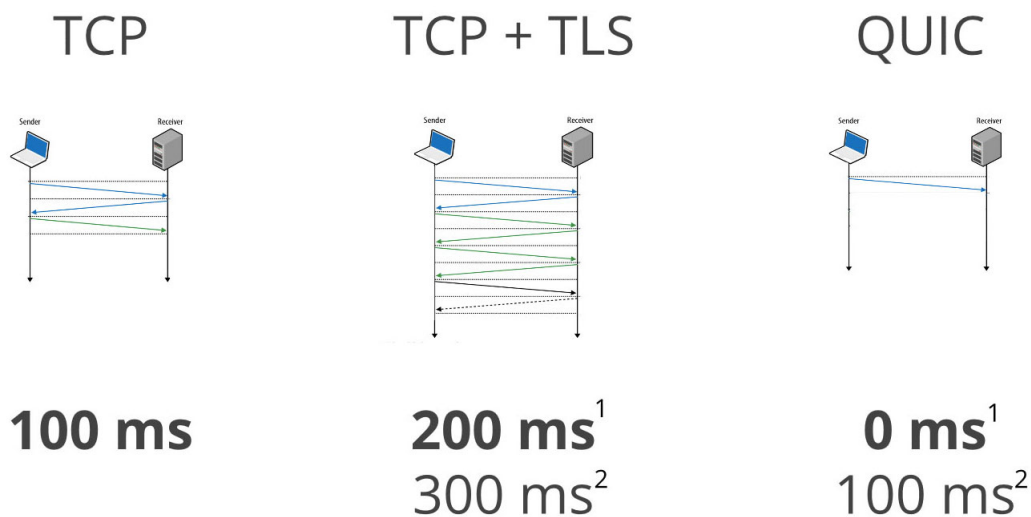
Com o QUIC percebeu-se uma sensível redução na latência do carregamento de páginas e no *rebuffer rate*<sup>29</sup> de vídeos. A tabela abaixo, exhibe as reações do usuário em relação ao tempo de resposta [Shade 2016].

<sup>28</sup><https://blog.cloudboost.io/http2-and-spdy-protocols-make-http-faster-and-safer-3b3984987191>

<sup>29</sup>Porcentagem de experiências do usuário impactadas pelo *buffer*.

Retardo	Reação do Usuário
< 100 ms	instantâneo
100 ms - 300 ms	razoável
300 ms - 1 s	tedioso
> 1 s - 1 s	fecha a aba

A partir da tabela acima é fácil entender a Figura 2.29.



**Figura 2.29. Comparação da latência do TCP, TCP + TLS e do QUIC. Legenda: 1. Repete a conexão e 2. Nunca tinha falado com o servidor Fonte: [Shade 2016].**

Com os bons resultados, a Akamai implementou o QUIC em 2016. Neste mesmo ano, foi criado no IETF, o WG QUIC

### 2.8.2. Onde o QUIC se encaixa na camada de protocolos

Com sua própria estrutura de criptografia, o QUIC dispensa o *Transport Layer Security* (TLS) que faz parte do HTTPS, a extensão segura do HTTP. Adicionalmente, simplifica o *Hypertext Transfer Protocol Version 2* (HTTP/2) tornando-o uma API simplificada. Por fim, o QUIC passa a usar o *User Datagram Protocol* (UDP) ao invés do *Transmission Control Protocol* (TCP)<sup>30</sup> [Postel 1980] [Postel 1981b].

A Figura 2.30 resume estas transformações envolvendo o QUIC.

<sup>30</sup>TCP e UDP são protocolos de transporte, que servem para encaminhar dados de um ponto a outro da Internet. A diferença entre os dois é que o TCP garante que os dados do remetente serão entregues ao destinatário, enquanto que o UDP não garante a entrega.

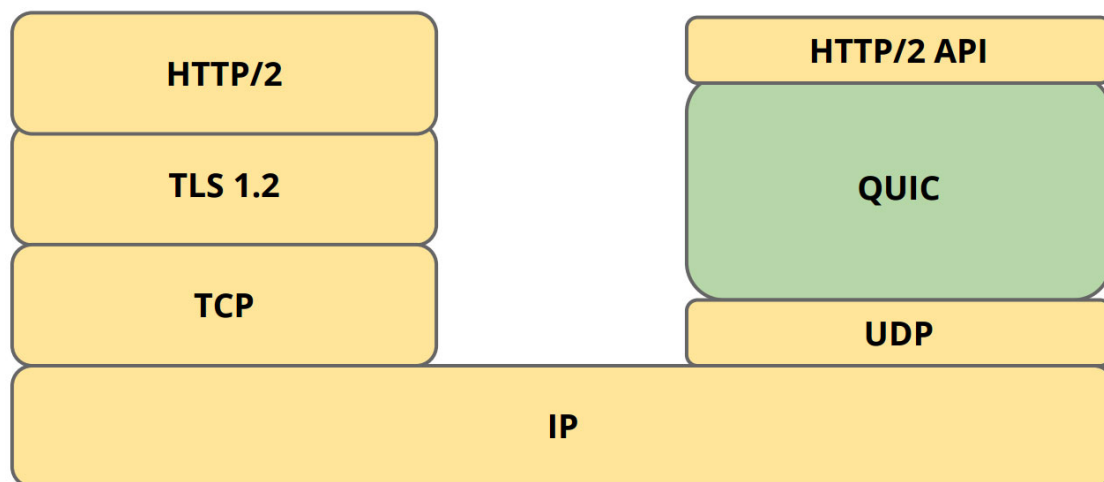


Figura 2.30. O QUIC no contexto das camadas do TCP. Fonte: [Shade 2016]

### 2.8.3. HTTP/3: As mudanças feitas pelo IETF

O WG quic criado depois de um BOF, em agosto de 2016, está caracterizado no documento **charter-ietf-quic=01-00**<sup>31</sup>. A partir de então, inúmeras reuniões foram feitas e os participantes (voluntários!) do grupo produziram e disponibilizaram inúmeros documentos<sup>32</sup>.

Os voluntários participantes do WG fizeram alterações objetivas sobre QUIC original concentrando-se sob o protocolo HTTP. Então, o **HTTP sobre o QUIC** foi batizado como HTTP/3, em outubro de 2018, seguindo a proposta feita por Mark Nottingham, via e-mail<sup>33</sup>. A proposta inicial do Google alterada de forma significativa.

O histórico<sup>34</sup> está no repositório do grupo, mantido pelo IETF onde todos os movimentos estão registrados nos mínimos detalhes.

## 2.9. Considerações Finais e Próximos Passos

O IETF é uma força-tarefa responsável pela padronização de diversas tecnologias e práticas utilizadas na Internet. Os padrões são produzidos através da participação voluntária de profissionais de fabricantes de equipamentos, operadores de rede, e pesquisadores do mundo inteiro. Apesar da maior parte do problemas enfrentados pela Internet serem de natureza global, há a necessidade de que aspectos regionais sejam considerados. No entanto, apesar da grande importância de tráfego na Internet da LAC, diversas barreiras precisam ser superadas para uma efetiva contribuição de seus habitantes no IETF.

Este capítulo de livro discute dificuldades e oportunidades para a participação da LAC no IETF. A discussão de forma teórico-prática sobre formas de fomentar essa participação possui um potencial significativo de aumentar a inclusão da comunidade

<sup>31</sup><https://datatracker.ietf.org/doc/charter-ietf-quic/>

<sup>32</sup><https://datatracker.ietf.org/wg/quic/about/>

<sup>33</sup>[https://mailarchive.ietf.org/arch/msg/quic/RLRs4nB1lwFCZ\\_7k0iuz0ZBa35s/](https://mailarchive.ietf.org/arch/msg/quic/RLRs4nB1lwFCZ_7k0iuz0ZBa35s/)

<sup>34</sup><https://datatracker.ietf.org/wg/quic/history/>

latino-americana e, conseqüentemente, da brasileira. Dessa forma, o desenvolvimento dos protocolos da Internet pode ser aprimorado com contribuições dos países da LAC. Além disso, ferramentas para a produção dos documentos principais do IETF, *Internet-Drafts* e RFC, são descritas. Finalmente, é apresentado neste capítulo um estudo de caso sobre o processo de aprovação do HTTP/3.

Apesar da discussão realizada no presente capítulo, algumas ações ainda podem ser descritas para ampliar a participação da LAC no IETF. As atividades realizadas para que autores latinos possam compartilhar seus documentos, assim como receber comentários, está basicamente restrita à comunidade acadêmica. Dessa forma, são necessárias novas estratégias para buscar a inserção nos fabricantes de equipamentos e nos operadores de rede. Finalmente, há a necessidade de incremento no número de Hubs remotos, especialmente nas universidades brasileiras. Como esses hubs permitem a interação remota por voz e chat, os mesmos oferecem uma opção de baixo custo para que novos participantes conheçam o IETF. Há, inclusive, discussões para a realização de reuniões do IETF totalmente virtuais, incluindo os WGs/RGs e atividades tradicionais como a plenária.

## Referências

- [Alvestrand 2004] Alvestrand, H. (October 2004). The IESG and RFC Editor Documents: Procedures. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3932.
- [Alvestrand and Housley 2009] Alvestrand, H. and Housley, R. (December 2009). IESG Procedures for Handling of Independent and IRTF Stream Submissions. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC5742.
- [Andrade et al. 2018] Andrade, L., Braga, J., Pereira, S., Roque, R., and Santos, M. (2018). In-person and remote participation review at ietf: Collaborating without borders. In *Anais do V Workshop Pré-IETF*. SBC.
- [Bradner 1998] Bradner, S. (1998). Ietf working group guidelines and procedures. BCP 25, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC2418.
- [Bradner 1994] Bradner, S. (August 1994). Introducing the Internet Engineering and Planning Group (IEPG). Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC1690.
- [Bradner 2004a] Bradner, S. (February 2004a). IETF Rights in Contributions. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3667.
- [Bradner 2004b] Bradner, S. (February 2004b). Intellectual Property Rights in IETF Technology. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3668.
- [Bradner 2005a] Bradner, S. (March 2005a). IETF Rights in Contributions. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3978.
- [Bradner 2005b] Bradner, S. (March 2005b). Intellectual Property Rights in IETF Technology. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3979.
- [Bradner 1996] Bradner, S. (October 1996). The Internet Standards Process – Revision 3. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC2026.



- [Bradner and Contreras 2017] Bradner, S. and Contreras, J. (May 2017). Intellectual Property Rights in IETF Technology. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC8179.
- [Bradner and Contreras 2008] Bradner, S. and Contreras, J. (November 2008). Rights Contributors Provide to the IETF Trust. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC5378.
- [Braga 2013] Braga, J. (2013). Entendendo RFCs. <https://ii.blog.br/2013/02/03/entendendo-rfcs/> Acesso: 09/03/2020.
- [Braga 2019] Braga, J. (2019). *Ambiente para Aquisição de Conhecimento por Agentes em Domínios Restritos na Infraestrutura da Internet*. PhD thesis, Instituto Superior Técnico & Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- [Braga et al. 2017] Braga, J., Endo, P. T., Santos, M., Nobre, J. C., da Silva, L. G. F., Campos, G. R. N., and Omar, N. (2017). Analisando a participação do Brasil e dos demais países da América Latina nos encontros do IETF. In *Anais do IV Workshop Pré-IETF*. SBC.
- [Braga et al. 2014] Braga, J., Granville, L. Z., O’Flaherty, C., and Moreiras, A. M., editors (2014). *O Livro do IETF / El Libro del IETF / The Tao of the IETF*. CGI.br, São Paulo. Disponível em <https://cgi.br/media/docs/publicacoes/1/o-livro-do-ietf.pdf>. Acessado em 22/02/2020.
- [Camarillo and Livingood 2020] Camarillo, G. and Livingood, J. (February 2020). The IETF-ISOC Relationship. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC8712.
- [Dawkins 2015] Dawkins, S. (March 2015). Increasing the Number of Area Directors in an IETF Area. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC7475.
- [Dusseault and Sparks 2009] Dusseault, L. and Sparks, R. (September 2009). Guidance on Interoperation and Implementation Reports for Advancement to Draft Standard. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC5657.
- [Eastlake 2004] Eastlake, D. (June 2004). Publicly Verifiable Nominations Committee (NomCom) Random Selection. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3797.
- [Flanagan and Brownlee 2013] Flanagan, H. and Brownlee, N. (2013). Rfc series format requirements and future development. RFC 6949, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC6949.
- [Galvin 2004] Galvin, J. (June 2004). IAB and IESG Selection, Confirmation, and Recall Process: Operation of the Nominating and Recall Committees. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC3777.
- [Haberman et al. 2020] Haberman, B., Hall, J., and Livingood, J. (February 2020). Structure of the IETF Administrative Support Activity, Version 2.0. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC8711.

- [Halpern et al. 2016] Halpern, J., Daigle, L., and Kolkman, O. (2016). Rfc streams, headers, and boilerplates. RFC 7841, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC7841.
- [Hinden and Deering 2006] Hinden, R. and Deering, S. (February 2006). IP Version 6 Addressing Architecture. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC4291.
- [Housley et al. 2011] Housley, R., Crocker, D., and Burger, E. (October 2011). Reducing the Standards Track to Two Maturity Levels. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC6410.
- [IANA 2014] IANA (2014). Internet Assigned Numbers Authority. <http://www.iana.org>. Acessado em 03/05/2020.
- [Kolkman et al. 2014] Kolkman, O., Bradner, S., and Turner, S. (January 2014). Characterization of Proposed Standards. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC7127.
- [Nobre and Granville 2015] Nobre, J. and Granville, L. (2015). Experience report about the participation of researchers of the federal university of rio grande do sul on the internet engineering task force. In *Anais do II Workshop Pré-IETF*, pages 60–62, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Postel 1980] Postel, J. (August 1980). User Datagram Protocol. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC0768.
- [Postel 1981a] Postel, J. (September 1981a). INTERNET PROTOCOL. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC0791.
- [Postel 1981b] Postel, J. (September 1981b). Transmission Control Protocol. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC0793.
- [Postel and Reynolds 1997] Postel, J. and Reynolds, J. (1997). Instructions to rfc authors. RFC 2223, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC2223.
- [Rekhter et al. 2006] Rekhter, Y., Li, T., and Hares, S. (January 2006). A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC4271.
- [Rekhter et al. 1996] Rekhter, Y., Moskowitz, B., Karrenberg, D., de Groot, G. J., and Lear, E. (February 1996). Address Allocation for Private Internets. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC1918.
- [Reschke 2016] Reschke, J. (2016). The "xml2rfc" version 2 vocabulary. RFC 7749, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC7749.
- [Resnick 2013] Resnick, P. (December 2013). Retirement of the "Internet Official Protocol Standards" Summary Document. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC7100.
- [Shade 2016] Shade, R. (2016). Google's QUIC protocol: moving the web from TCP to UDP. <https://ma.ttias.be/googles-quic-protocol-moving-web-tcp-udp/>. Acesso: 09/03/2020.

[Weinrib and Postel 1996] Weinrib, A. and Postel, J. (October 1996). IRTF Research Group Guidelines and Procedures. Technical report, RFC Editor. DOI: 10.17487/RFC2014.

[Wikipédia 2020] Wikipédia (2020). Internet — wikipédia, a enciclopédia livre. [Online; acessado em 12/03/2020].

## Capítulo

# 3

## **Dados geoespaciais: Conceitos e técnicas para coleta, armazenamento, tratamento e visualização**

Augusto Cesar Souza Araujo Domingues, Fabrício Aguiar Silva, Leonardo Júnio Alves dos Santos, Raissa Polyanna Papini de Melo Souza, Gabriel Teixeira Pinto Coimbra e Antonio Alfredo Ferreira Loureiro

### *Abstract*

*In recent years, there has been a significant increase in the availability of data from mobile objects (e.g., vehicles, people, drones and others) that have geospatial information (time and space). From these data, companies, public institutions and the scientific community are working to extract useful knowledge, aiming to know and understand the behavior of urban mobility, thus being able to improve services and propose solutions that advance the state of the art in areas related to mobility, Internet of Things, urban computing, among others. The goal of this chapter is to present the main theoretical and technical concepts related to the treatment of geospatial data including its collection, storage, treatment and visualization. For this, we intend to discuss the theoretical concepts associated with these issues, which are relevant to the process of manipulating geospatial data, as well as the technical content with a focus on the main existing tools and libraries.*

### *Resumo*

*Nos últimos anos, houve um aumento significativo na disponibilidade de dados oriundos de objetos móveis (e.g., veículos, pessoas, drones e outros), os quais geram informações geoespaciais (tempo e espaço). A partir desses dados, empresas, instituições públicas e a comunidade científica estão atuando na pesquisa e na proposta de soluções capazes de extrair conhecimento útil, com o intuito de conhecer e entender o comportamento da mobilidade urbana em seus diversos aspectos. Essas soluções podem melhorar os serviços ofertados pelas empresas e gerar novos insights para captação de novas receitas, além de avançar o estado da arte em áreas relacionadas com mobilidade, Internet das Coisas, computação urbana, dentre outras. O objetivo deste capítulo é alinhar a teoria e a prática, apresentando os principais conceitos e técnicas associadas ao tratamento*

e manipulação de dados geoespaciais, o que inclui as fases de coleta, armazenamento, tratamento e visualização, com a utilização das principais ferramentas e bibliotecas existentes.

### 3.1. Introdução

A mobilidade é um dos fatores mais importantes no atual cenário tecnológico, político e econômico mundial. É com base nela que políticas e serviços, antes criados de maneira genérica, estão sendo aperfeiçoados e personalizados para garantir uma melhor experiência [Hess et al. 2015]. Quando falamos de mobilidade humana especificamente, envolvemos questões como predição de fluxo de trânsito, modelos de contágio, otimização de recursos de rede, planejamento urbano, análise do comportamento social e até estudos sobre fluxos migratórios [Barbosa et al. 2018]. Para tratar dessas questões, duas frentes de trabalho são comumente empregadas. A primeira, mais tradicional, ocorre através da construção de modelos matemáticos e estatísticos que permitem derivar o comportamento de mobilidade do objeto estudado com certo grau de realismo. Por outro lado, devido à crescente coleta de dados geoespaciais através de interfaces como dispositivos móveis e redes sociais, tornou-se notável, nos últimos anos, uma segunda frente de trabalho baseada no estudo da mobilidade através da análise de dados históricos, isto é, coleções de registros de mobilidade gerados pelos objetos em estudo. Essas coleções – frequentemente chamadas de *traces de mobilidade* – permitem a construção de modelos com alto grau de realismo sem que seja necessário algum conhecimento prévio dos objetos.

Diante dos avanços da análise de dados históricos, a cada dia novas empresas utilizam dados geoespaciais disponíveis para criarem produtos e serviços que se beneficiam das informações de mobilidade para oferecer experiências mais personalizadas. Nesse cenário, podemos citar como exemplo as redes sociais baseadas em localização (*Location-Based Social Networks* ou LBSNs), os serviços de compartilhamento de veículos e os seguros veiculares baseados em comportamento. Adicionalmente, o setor público passou a investir na captação de dados geoespaciais (posição em tempo real de veículos de patrimônio público, localização de imóveis e infraestrutura em geral, entre outros), a fim de fornecer à população uma interface de transparência na gestão de seus recursos. Servem de exemplo os portais de dados das cidades de Nova Iorque<sup>1</sup>, Chicago<sup>2</sup> e Seattle<sup>3</sup>, que oferecem inúmeras coleções de livre acesso. Finalmente, a comunidade acadêmica tem investigado essas bases de dados de mobilidade para gerar novos conhecimentos que auxiliam na tomada de decisão em diferentes áreas.

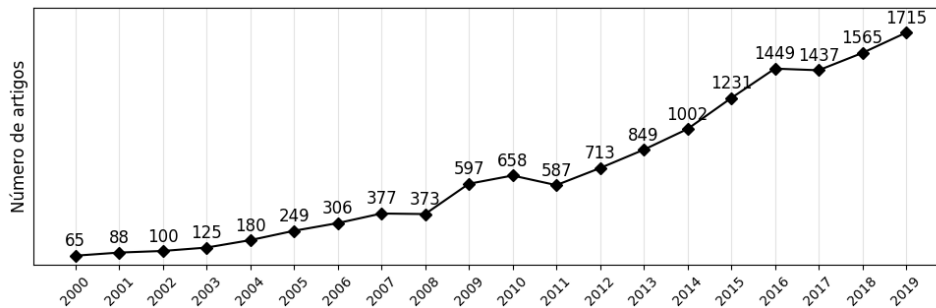
Para ilustrar o crescente interesse no estudo de dados geoespaciais, a Figura 3.1 apresenta um levantamento dos últimos vinte anos do número de artigos publicados por ano em conferências e periódicos nacionais e internacionais que envolvem o tópico de dados geoespaciais<sup>4</sup>. Como pode ser observado, em 2010 o número de artigos publicados foi dez vezes maior quando comparado ao ano de 2000. Ademais, o total de trabalhos publicados no último ano (2019) foi mais de duas vezes maior que o número registrado em 2010. Nesse cenário, todos os fatores indicam que essa curva continuará a crescer a cada

<sup>1</sup><https://opendata.cityofnewyork.us/>

<sup>2</sup><https://data.cityofchicago.org/>

<sup>3</sup><https://data.seattle.gov/>

<sup>4</sup><https://www.webofscience.com>



**Figura 3.1. Artigos publicados por ano com o tópico “geospatial data” (Fonte: *Web of Science*).**

ano, devido à popularização e à disponibilidade cada vez maior de dados geoespaciais.

A demanda por novos estudos introduz a necessidade do desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas para a manipulação de dados geoespaciais. A seguir, são destacadas questões específicas para esse tipo de dado a serem tratadas dentre as etapas de manipulação e tratamento de dados:

- **Coleta:** No que compete ao processo de coleta dos dados geoespaciais, é necessário definir as estratégias a serem adotadas, considerando os diferentes tipos de sensores de localização existentes e os problemas inerentes desses sistemas, como a acurácia das coletas, a privacidade dos usuários, a frequência de amostragem e a escala dos dados;
- **Armazenamento:** Devido às particularidades dos dados geoespaciais, é preciso considerar estratégias eficientes de seu armazenamento, que utilizem sistemas com indexação e compactação específicas para esse tipo de dado;
- **Preparação e extração:** Para garantir a qualidade dos resultados, é preciso primeiro garantir a qualidade dos dados que serão usados como entrada. Para isso, faz-se necessário que os mesmos sejam preparados, o que inclui etapas de amostragem, limpeza, filtragem e agregação.
- **Visualização:** Durante as etapas da análise de dados geoespaciais, uma tarefa frequente é a visualização de resultados parciais. Por sua vez, é fundamental apresentar os resultados finais de maneira clara e concisa. Dito isso, é preciso escolher as formas mais adequadas para a exibição de dados geoespaciais.

É válido ressaltar que ainda não há um consenso em relação à metodologia adequada para a análise de dados geoespaciais, em termos dos tópicos apresentados acima. Isso ocorre devido à escassez de referências que apresentem, de forma clara, os conceitos básicos e técnicas aplicadas na análise desse tipo de dado. Assim, visando preencher essa lacuna, este trabalho apresenta de maneira extensa um material que contempla a teoria relacionada às etapas do processamento de dados geoespaciais – da coleta à aplicação. Além disso, introduzimos as principais ferramentas e bibliotecas utilizadas para a análise desse tipo de dado na prática. Esperamos que ao fim deste capítulo o leitor seja capaz de produzir resultados relevantes a partir da análise de dados geoespaciais, adotando as práticas mais

apropriadas e selecionando as ferramentas e algoritmos mais adequados ao conjunto de dados escolhido.

### 3.1.1. Por que dados geoespaciais?

A seguir, apresentamos algumas das principais aplicações para as quais o uso de dados geoespaciais é benéfico, com o intuito de motivar o leitor a contemplar a importância desse tipo de dado e também do seu uso de forma adequada. Para cada aplicação, destacamos como os dados podem ser coletados e aplicados como fonte de informação relevante.

#### 3.1.1.1. Mobilidade Urbana

Entender e modelar o comportamento urbano de pessoas, veículos e outros objetos móveis é um dos pilares da computação urbana [Zheng et al. 2014]. Através do conhecimento gerado, podemos planejar melhor o futuro de centros urbanos e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Ademais, esse conhecimento nos permite compreender como ocorrem as relações sociais e como elas interferem no nosso dia a dia, especialmente do ponto de vista de acesso a recursos computacionais [Wang e Song 2015]. Dessa maneira, dados geoespaciais podem prover informações sobre as dinâmicas de mobilidade de milhões de pessoas, sendo mais precisos e baratos de se obter quando comparados a estratégias convencionais de coletas de dados, tais como pesquisas de campo e contadores de tráfego [Naboulsi et al. 2016].

Do ponto de vista da aplicação de dados geoespaciais no estudo da mobilidade urbana, destacam-se as fontes de dados de grande escala populacional, como as redes sociais baseadas em localização (LBSN), os serviços de telefonia e as fontes de dados públicos. Os dados de LBSN, como *Twitter* e *Foursquare*, podem ser usados para o sensoriamento coletivo de tráfego [Santos et al. 2018] e para a identificação de pontos de interesse [Gu et al. 2016]. Já as operadoras de serviços de telefonia disponibilizam registros de chamadas e de dados móveis, que podem ser aplicados no planejamento e na alocação de recursos de rede, permitindo, por exemplo, a estimativa da demanda em grandes eventos [Gao 2015, Marques-Neto et al. 2018]. Por fim, temos os dados de serviços públicos, como registros de viagens de táxi e de ônibus, que possibilitam análises dos fluxos urbanos e de demanda de serviços [Castro et al. 2012].

#### 3.1.1.2. Internet dos Drones

De acordo com [Motlagh et al. 2016], a expectativa é que em alguns anos milhões de drones estejam disponíveis para atuar em diversos setores da economia, realizando atividades como entregas de encomendas, mapeamento e vigilância de áreas de difícil alcance, agricultura e até na atuação direta em combates. Para que isso ocorra, é preciso facilitar a mobilidade e a comunicação entre os veículos aéreos não-tripulados, por meio do desenvolvimento de algoritmos de roteamento de mensagens e métodos de orquestração. Essas tecnologias farão uso dos sensores geoespaciais desses veículos, tais como sensores GPS, câmeras de alta definição e sensores *bluetooth*, para permitir a criação de grupos de drones e suas respectivas movimentações.

### **3.1.1.3. Redes Veiculares**

As VANETs (Vehicular Ad hoc Networks) são redes que permitem a comunicação entre veículos e entre unidades auxiliares instaladas nas vias, a fim de prover o funcionamento de serviços como alertas de tráfego e acidentes, compartilhamento de multimídia, dentre outros. O seu objetivo é tornar a mobilidade mais agradável e segura para motoristas, passageiros e pedestres. Dessa maneira, é necessário modelar a mobilidade veicular para que as aplicações, os serviços e os protocolos da rede usufruam desta informação e consigam se adaptar ao comportamento dos veículos. Assim, fontes de dados como *traces* de mobilidade de táxis, ônibus e veículos particulares são de suma importância para o desenvolvimento dessas tecnologias, sendo utilizados tanto para as análises de comportamento, gerando modelos de mobilidade, quanto para a validação de algoritmos e protocolos propostos para serem usados em ambientes urbanos.

### **3.1.1.4. Comunicação Oportunista**

O roteamento de mensagens de forma oportunística é um paradigma de comunicação entre dispositivos integrantes de uma rede, que permite a transmissão de mensagens entre dois ou mais componentes que se encontram por um determinado intervalo de tempo. Tipicamente, esses contatos ocorrem de forma intermitente, devido a fatores contextuais como a velocidade de veículos, as rotas seguidas, o raio de comunicação para haver uma transmissão e aspectos sociais da mobilidade. Tais fatores podem ser usados para definir estratégias de roteamento, reduzindo assim o número de mensagens enviadas sem que haja perda na qualidade do serviço. O uso de dados geoespaciais permite o desenvolvimento e a validação dessas estratégias em diferentes ambientes e situações, sem que seja necessário a realização de experimentos reais, o que atualmente é, em geral, inviável.

### **3.1.1.5. Controle de Epidemias e Modelos de Contágio**

Dados geoespaciais são capazes de capturar o comportamento de mobilidade humana e suas características, como pontos de interesse, interações sociais, padrões de mobilidade de pessoas e os fluxos de mobilidade existentes. Esses fatores tornam possível o uso desses dados para a construção e aperfeiçoamento de modelos de contágio, que por sua vez permitem estimar os efeitos de doenças infecciosas sobre uma população. Podemos citar como exemplo os modelos Susceptível-Infetado-Recuperado (SIR) e Susceptível-Infetado-Susceptível (SIS), que podem ser usados para mapear o comportamento de doenças como rubéola e gripe, respectivamente. Ao empregarmos as informações obtidas dos dados geoespaciais aos modelos de contágio, podemos estimar as taxas de infecção e transmissão em uma dada população, auxiliando no desenvolvimento de ações e medidas preventivas. Outra aplicação no controle de epidemias está sendo adotada em vários lugares do mundo, em que dados geoespaciais têm sido usados para realizar o monitoramento populacional e o controle da formação de aglomerações durante o período de confinamento devido à pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV2).



### 3.1.1.6. Segurança

Por fim, a análise de dados geoespaciais – gerados por meio de câmeras, sensores de presença, redes celulares e redes sem fio – pode auxiliar na proteção e na segurança de usuários. Nas redes veiculares, por exemplo, a análise de dados relacionados ao próprio veículo e os que estão na vizinhança, às condições viárias e do ambiente onde o veículo se encontra pode auxiliar o condutor na prevenção de acidentes, provendo sistemas de condução assistida ou autônoma, frenagem automática e alertas de trânsito e colisão, dentre outras possibilidades. Quanto aos aspectos de segurança pública e privada, os dados geoespaciais fornecem uma cobertura espacial que, juntamente com o sensoriamento coletivo, permitem que cada usuário na rede contribua para a segurança de todos. Adicionalmente, essa análise contribui para o mapeamento do comportamento de entidades suspeitas, permitindo e facilitando a predição e resolução de crimes.

## 3.2. Conceitos Fundamentais

Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos relacionados a dados geoespaciais, essenciais em todas as etapas da análise desses dados. Primeiramente, destacamos as características geográficas da Terra e como estas podem afetar diversas operações com dados geoespaciais (Seção 3.2.1). Em seguida, considerando um contexto mais amplo, discutimos o que são sistemas de referências (Seção 3.2.2). A manipulação de dados geoespaciais através de projeções espaciais é discutida na Seção 3.2.3. Por fim, abordamos a manipulação numérica de coordenadas, destacando as particularidades existentes no uso de operações matemáticas para o tratamento de dados geoespaciais (Seção 3.2.4).

Independentemente de como os dados geoespaciais são obtidos e registrados para criarmos uma base de dados, ao coletarmos esses dados continuamente precisamos assinalar o instante no tempo desse registro. Assim, dados geoespaciais têm também a dimensão temporal.

### 3.2.1. Geografia e suas propriedades

As ciências geodésicas são responsáveis pelo estudo da forma e da superfície da terra, considerando suas imperfeições e os objetos – naturais ou artificiais – existentes sobre (e sob) ela. Ela trata do levantamento das informações e da definição de representações e medidas. Segundo [Bolstad 2016], para usarmos de maneira efetiva dados geoespaciais e os sistemas que derivam deles, é preciso estabelecer um entendimento claro de como os sistemas de coordenadas são definidos para a Terra, como essas coordenadas são medidas sobre a superfície curva da mesma, e por fim como são convertidas em diversas projeções para seu uso, seja manual ou digital. Se esses fatores não forem levados em consideração, os dados geoespaciais coletados serão imprecisos e, conseqüentemente, as operações realizadas sobre eles poderão gerar resultados com erros. Enquanto tal imprecisão possa parecer pequena e irrelevante para alguns casos, aplicações de alto risco como o cálculo da trajetória de mísseis não podem permiti-la. Podemos definir dois fatores principais a serem considerados quanto à geografia da terra: o seu formato e a imprecisão das medidas.

São três os modelos comumente usados para representar a superfície terrestre: projeção plana, formato esférico e formato elíptico. Apesar de permitirem e facilitarem a

visualização de mapas em superfícies 2D, projeções planas da Terra distorcem sua geometria curva. Um exemplo disso é a projeção de uma linha reta entre dois pontos quaisquer em um mapa plano, resultando na omissão ao leitor da curvatura existente na superfície terrestre entre os dois extremos da linha. Por sua vez, o modelo de formato esférico assume a Terra como uma esfera, isto é, todos os pontos de sua superfície estão a uma mesma distância do seu centro. Apesar de eliminar as limitações existentes na projeção plana, o modelo esférico ignora o achatamento da Terra em seus polos, podendo levar a medidas imprecisas sobre essas regiões. Finalmente, o modelo elíptico adota essa propriedade, sendo o mais semelhante à geometria da Terra. Na medida em que se tornam mais precisos, os modelos também se tornam mais complexos, requerendo medições e cálculos mais avançados. Isso pode afetar a eficiência da solução proposta quanto ao tempo de execução e ao espaço (memória), o que deve ser levado em consideração durante a escolha do melhor modelo.

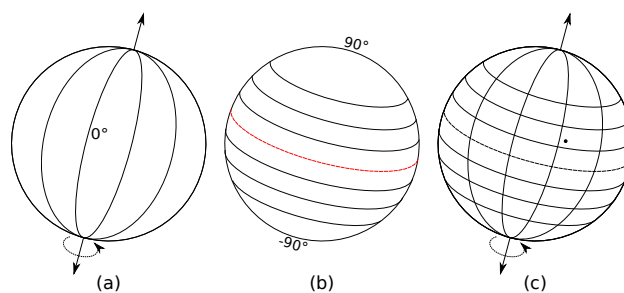
É válido ressaltar que os modelos existentes são representações simplificadas do formato real da terra e, portanto, sempre terão imperfeições. Capturar todas as variações geográficas – naturais e artificiais – da superfície terrestre em um dado instante não é viável, mesmo se considerarmos um modelo perfeito do formato da Terra. Medições imprecisas ocorrerão devido aos limites dos sensores utilizados para realizar suas coletas. Sensores GPS de *smartphones*, por exemplo, possuem acurácia de aproximadamente 5 m, podendo diminuir na presença de obstáculos como montanhas, túneis e prédios.

Na prática, escolhemos o modelo de acordo com a resolução espacial do problema a ser tratado. Visualizações em pequena escala costumam ser feitas através de projeções planas, devido à baixa interferência da curvatura da Terra sobre as mesmas. Já os sistemas de recomendação de rotas, que realizam cálculos de distâncias precisas, utilizam de modelos esféricos ou elípticos simples. Por fim, sistemas bélicos que envolvem o cálculo de trajetórias de projéteis necessitam de modelos elípticos que considerem a geografia local, ou seja, a presença de vales, montanhas, prédios, entre outros.

### 3.2.2. Sistemas de coordenadas

Sistemas de coordenadas usam coordenadas para determinar a posição de objetos em um espaço. Esse espaço pode ser composto de uma ou mais dimensões, e cada dimensão pode conter propriedades particulares como limites inferiores e superiores, notações e escalas. Assim, para um sistema de coordenadas cartesianas de duas dimensões, podemos definir a localização de um objeto sobre o plano cartesiano pelo par de coordenadas  $P = (x, y)$ , onde cada valor representa a posição em uma das dimensões. De maneira análoga, sistemas de coordenadas geográficas permitem representar a localização de objetos sobre a superfície terrestre através de coordenadas geográficas. Essas podem ter duas ou mais dimensões e assumir diferentes modelos para o formato da Terra. A seguir, discutiremos sobre o sistema de coordenadas geográficas e suas propriedades, e apresentaremos outros sistemas de referências frequentemente encontrados em dados geoespaciais, como registros de telefonia celular, registros de encontros e registros de *check-in*.

O modelo mais usado de coordenadas geográficas se baseia em um sistema de coordenadas esféricas para permitir a localização de objetos em uma superfície que se assemelhe ao formato da Terra. Esse sistema utiliza de dois ângulos de rotação para



**Figura 3.2. Sistema de coordenadas geográficas usado para localizar objetos sobre a Terra. (a) Eixo longitudinal varia de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$ , sendo o ponto zero o meridiano de Greenwich. As linhas representam pontos de longitude constante e são denominadas de meridianos. (b) Eixo latitudinal varia de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , sendo o ponto zero a linha do Equador (em vermelho). As linhas representam pontos de latitude constante e são denominadas de paralelos. (c) A combinação de uma longitude com uma latitude fornece a localização precisa de um objeto.**

especificar posições na superfície modelada. O primeiro ângulo de rotação, denominado longitude (Figura 3.2a), é calculado ao redor do eixo imaginário sobre o qual a Terra realiza o seu movimento de rotação. Esse eixo atravessa o centro da Terra e tem como extremidades os Polos Norte e Sul. A variação posicional sobre o eixo é medida em graus, com a posição zero ( $0^\circ$ ) localizada sobre uma linha imaginária (um meridiano) que passa próximo ao Observatório Real de Greenwich, na Inglaterra. A variação é positiva no sentido leste e negativa no sentido oeste, atingindo o valor máximo de  $180^\circ$  (ou  $-180^\circ$ ) exatamente no ponto oposto à posição zero sobre a superfície terrestre. O segundo ângulo de rotação, denominado latitude (Figura 3.2b), é calculado sobre a linha do Equador, que representa a metade da distância entre o Polo Norte e o Polo Sul. Sua posição zero ( $0^\circ$ ) está localizada exatamente sobre a linha do Equador, com variações no sentido Norte tendo sinal positivo e variações no sentido Sul tendo sinal negativo, atingindo valores máximos nos Polos Norte e Sul de  $90^\circ$  e  $-90^\circ$ , respectivamente. Desta forma, podemos definir a posição de um objeto sobre a Terra através de um par de ângulos latitude e longitude (Figura 3.2c). Por sua vez, cada grau pode ser dividido em 60 minutos e cada minuto em 60 segundos, o permite às coordenadas geográficas de latitude e longitude especificarem a localização de um objeto com precisão abaixo de 1 m. Por convenção, os ângulos sempre são especificados na ordem (*latitude, longitude*).

### 3.2.2.1. Registros de Telefonia Celular

Os registros de telefonia celular (*Call Detail Records – CDR*) são coletados pelas operadoras de redes de telefonia celular para realizar o faturamento dos planos de seus clientes. A cada ligação realizada, mensagem SMS enviada ou sessão de dados terminada, um registro é produzido, contendo informações como identificação do remetente e do destinatário, horário, duração e localização. Quanto à localização, os registros possuem acurácia limitada, pois a posição reportada indica somente em qual célula da rede móvel o usuário se encontra. As células na rede cobrem regiões de milhares de metros quadrados, e não é possível estimar a localização real do usuário na célula. Outro fator é a granularidade temporal dos registros, que só são criados quando um usuário realiza uma das ações

apresentadas acima. Sendo assim, usuários com perfil reduzido de uso terão grandes lacunas entre seus acessos, ou seja, intervalos de tempo onde não se têm informação sobre o comportamento dos mesmos.

### **3.2.2.2. Registros de *Check-In***

Os registros de *check-in* (visitas) representam a presença de um usuário em algum local de interesse (*Point of Interest – PoI*) em um determinado instante. Os PoIs podem ser locais públicos, como restaurantes, lojas e mercados, como também locais privados e específicos de cada usuário, como casa e local de trabalho. Os registros de *check-in* são obtidos através de LBSNs como *Facebook*, *Twitter* e *Foursquare* que capturam as informações sobre o usuário, o local visitado e o horário da visita, podendo ou não conter as coordenadas geográficas do local. Assim como os registros de telefonia celular, os registros de *check-in* possuem granularidade temporal grossa, pois as visitas feitas por um usuário durante o dia só são registradas se o mesmo inseri-las voluntariamente através de suas LBSNs, o que nem sempre ocorre devido a questões como privacidade (o usuário não deseja que outros saibam o local onde se encontra) e segurança (o usuário teme que reportar sua localidade irá colocar em risco sua segurança).

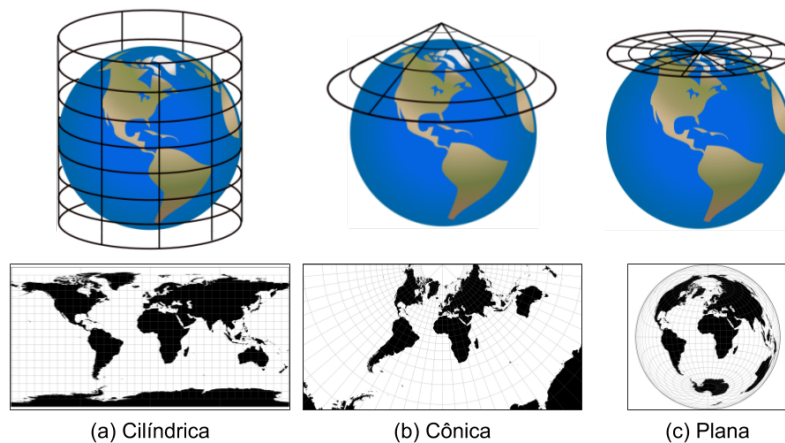
### **3.2.2.3. Registros de Encontros**

Os registros de encontros, também chamados de registros de contatos, representam a ocorrência de um encontro entre duas ou mais entidades de acordo com uma regra pré-estabelecida. Essa regra varia conforme as características dos dados analisados e o objetivo da análise a ser feita. A distância entre as localizações atuais das entidades, a presença simultânea em um mesmo local e a conexão simultânea em uma mesma rede são critérios comumente adotados para caracterizar os encontros. De maneira similar, são definidos critérios para o encerramento de um encontro. O encontro se inicia no momento no qual a regra de ocorrência passa a ser atendida pelas entidades, e termina quando a regra de encerramento é atendida.

Os registros de encontros podem ser gerados tanto a partir de outros tipos de registros (coordenadas GPS, de telefonia celular e de *check-ins*) quanto a partir da coleta por proximidade (*bluetooth*, *beacons*). Assim, são aplicáveis em diversos tipos de análises, como a validação de algoritmos de transmissão, modelos de contágio, estudos de interações sociais, entre outros.

### **3.2.3. Projeções Espaciais**

Dados geoespaciais nos fornecem a localização precisa de objetos sobre a terra através de ângulos de latitude e longitude. Porém, às vezes precisamos representar esta posição sobre superfícies com formatos diferentes, como um mapa plano. Mapas cobrem superfícies maiores ao mesmo tempo, facilitam a visualização em papel e *displays*, e sua produção é simples. Por outro lado, é impossível aplicarmos diretamente a posição de objetos em uma superfície esférica sobre uma superfície plana. Para isso, utilizamos de projeções



**Figura 3.3. Tipos de projeções quanto a geometria de conversão.**

espaciais, que realizam, através de fórmulas matemáticas, a renderização das localizações sobre a superfície original para a nova superfície.

Existem diversas projeções diferentes para o globo terrestre e, apesar de terem como fator comum a representação em uma superfície plana, elas variam quanto ao tipo e quanto às suas propriedades. O tipo da projeção se refere à forma geométrica utilizada para converter o globo em uma superfície plana (Figura 3.3). Essa forma pode ser cilíndrica, cônica, plana, ou alguma combinação dessas. Quanto às propriedades, elas representam as características que a projeção preserva em relação à superfície real da Terra, podendo ser conformal (preserva ângulos e formatos), equivalente (mantém as medidas de áreas reais), de compromisso (um meio termo entre conformal e equivalente) e equidistante (preserva a distância real entre pontos no mapa). A Tabela 3.3 apresenta a comparação das principais projeções encontradas na literatura quanto ao seu tipo e suas propriedades.

Diferentes projeções distorcem o globo terrestre de diferentes maneiras. Para se ajustar a um mapa plano é necessário criar distorções que podem comprimir ou alongar regiões do mapa. De fato, distorções do globo são inevitáveis em projeções planas. É o caso da projeção de *Mercator*, que para projetar os continentes em seu formato correto distorce as regiões próximas aos polos, que apresentam tamanho muito superior às suas áreas reais, o que pode gerar inconsistência entre as visualizações e os resultados numéricos obtidos das análises. Variante da projeção de *Mercator*, a projeção UTM (*Universal Mercator Transverse*) preserva os ângulos e formatos de regiões, porém ao custo da distorção de distâncias e áreas. Por outro lado, a projeção de *Gall-Peters* apresenta as superfícies com proporção exata a suas áreas, ao custo de distorcer o formato das mesmas. Por fim, a projeção *equidistante* preserva a distância real entre dois pontos quaisquer sobre a superfície, ao custo de distorções menores no formato e na área das regiões.

#### 3.2.4. Manipulação Numérica de Coordenadas

Por fim, é necessário discutir a manipulação numérica de dados geoespaciais, que apesar de serem representados como números, não possuem o mesmo significado. Em razão

**Tabela 3.1. Comparação das principais projeções encontradas na literatura quanto ao seu tipo e suas propriedades**

Projeção	Tipo	Propriedades
Mercator	Cilíndrica	Conformal
UTM	Cilíndrica	Conformal
Gall-Peters	Cilíndrica	Área igual
Equidistante	Cilíndrica	Equidistante
Equidistance Cônica	Cônica	Equidistante
Azimuthal Equidistante	Plana	Equidistante

disso, diversas operações precisam ser modificadas para se adequarem à representação dos dados geoespaciais. O cálculo da média de coordenadas, por exemplo, pode resultar em valores inesperados devido à forma com a qual as coordenadas são distribuídas sobre o globo. Considere como exemplo a média de dois pontos localizados sobre os ângulos de longitude  $179^\circ$  e  $-179^\circ$ . Ao realizarmos a operação, obtemos o ângulo médio de longitude de  $0^\circ$ , porém o resultado correto é  $180^\circ$ , devido ao encontro dos extremos longitudinais.

Além disso, é necessário considerar as diferentes formas de representação de coordenadas latitude e longitude – as variações podem ser representadas em graus, minutos e segundos ou em decimais – para realizar cálculos aritméticos e arredondamentos. Enquanto que os intervalos em minutos variam de 0 a 60 e os intervalos em segundos de 0 a 3600, os intervalos em decimais seguem a variação tradicional dos números reais.

Podemos citar também o cálculo do centro de polígonos formados por dados geoespaciais. Se utilizamos da média dos pontos que representam os extremos do polígono, o resultado poderá tender para alguma região na qual existam muitos pontos limítrofes. Assim, é necessário calcular o centroide do polígono, i.e., o seu centro de massa, que é constante para um mesmo formato e não depende da concentração dos pontos.

### 3.3. Coleta

Dados geoespaciais representam uma visão simplificada da relação de uma ou mais entidades físicas, como pessoas e veículos, em localidades, como rodovias, cidades, coordenadas geográficas, pontos de interesse, entre outros. Ao capturarmos um *check-in* de um usuário de uma LBSN em um restaurante, extraímos as informações necessárias para representar esse evento como um dado geoespacial, como horário em que o *check-in* foi feito, nome e coordenadas geográficas do local (quando disponíveis). A definição das informações a serem coletadas deve ocorrer de acordo com a análise a ser feita, considerando também as limitações da tecnologia utilizada para realizar a coleta. Adicionalmente, questões como a privacidade dos usuários sensorados e a ética das análises feitas devem ser levadas em consideração.

De forma geral, existem duas abordagens para a coleta de dados geoespaciais de entidades. A primeira delas ocorre através de medições locais e manuais, se deslocando para a localização da entidade a ser sensorada e realizando as medições com o uso de ferramentas manuais e sensores, derivando dados geoespaciais precisos e ricos em contexto.

No entanto, esse método possui algumas ressalvas. Primeiramente, as localizações das entidades podem ser de difícil acesso, como regiões remotas ou de perigo elevado, colocando em risco a segurança do indivíduo responsável pelo mapeamento. Adicionalmente, a medição local pode violar a privacidade da entidade sensoreada ao realizar coletas em locais como sua casa ou local de trabalho. Aliam-se a esses fatores o alto custo de realizar as coletas, devido aos deslocamentos e ao tempo necessário, e a escalabilidade, dado a necessidade de realizar a coleta da localização de entidades em larga escala de maneira simultânea. O segundo método ocorre através de medições automáticas e é o mais utilizado devido a sua escalabilidade. Nele, as posições das entidades são obtidas através do uso de sensores e armazenadas para acesso posterior. Os sensores podem estar de posse das entidades sensoreadas, como *smartphones*, ou não, como satélites de captura de imagem e *drones*.

Nesta seção, discutimos sobre o processo de coleta de dados geoespaciais, fornecendo ao leitor os conceitos e ferramentas necessárias para realizá-lo. As fontes de dados existentes e suas propriedades são apresentadas na Seção 3.3.1 e, em seguida, discutimos diferentes aspectos relacionados à qualidade da coleta na Seção 3.3.2.

### 3.3.1. Fontes de dados

Coletar dados geoespaciais é uma atividade complexa e de alto custo. Portanto, é preciso ter um escopo bem definido para obter os resultados desejados sem que ocorram custos desnecessários com a coleta e processamentos posteriores. Uma das etapas da coleta é a escolha da fonte de dados, que deve considerar o compromisso entre a qualidade dos dados obtidos e o custo de aplicação da tecnologia de sensoriamento. Podemos considerar um exemplo em que se deseja mapear os pontos de interesse de uma região da cidade. Neste caso, dados de redes sem fio não possuem acurácia semelhante a de dados GPS, porém dados de endereços postais coletados através de LBSNs podem obter resultados semelhantes aos dados GPS e com custo inferior de coleta. Estas suposições também são válidas para o uso de dados geoespaciais coletados por terceiros que podem apresentar custos de aquisição.

#### 3.3.1.1. Sensores de Sistemas de Navegação por Satélite

Sistemas de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite Systems – GNSS*) são tecnologias baseadas em satélite que fornecem informação precisa sobre a localização de objetos sobre a superfície terrestre, através do uso de receptores. Para isso, é necessário o uso de um receptor, que capta os sinais dos satélites para calcular a sua posição em ângulos de latitude e longitude. Esses sistemas são robustos, sendo capazes de operar ininterruptamente, independente de condições climáticas e em qualquer lugar na superfície da Terra, em ambientes externos. O GNSS mais utilizado na atualidade é o GPS (*Global Positioning System*, ou Sistema de Posicionamento Global), administrado pelo governo dos Estados Unidos. Além dele, está em operação o GLONASS (Rússia), e estão em desenvolvimento o Galileo (União Européia) e o Beidou (China). A seguir, referências feitas no texto ao Sistema GPS podem ser consideradas para qualquer GNSS genérico.

Os receptores GPS (ou sensores GPS) são classificados quanto à precisão de suas

medições em três categorias: geodésico, topográfico e de navegação. Enquanto os receptores geodésicos e topográficos possuem precisão em milímetros e centímetros, respectivamente, os receptores de navegação possuem precisão em metros, porém apresentam custo reduzido, o que os tornam preferenciais para o uso em *smartphones* e computadores portáteis. Para obter sua posição, um receptor capta o sinal de três satélites, obtendo também o tempo real ao captar o sinal de mais um satélite, totalizando quatro.

Por um lado, os sensores GPS são dispositivos de coleta de dados geoespaciais de melhor desempenho, obtendo localizações acuradas com alta frequência. Adicionalmente, estão presentes em grande parte dos dispositivos móveis encontrados na atualidade, como *smartphones*. Por outro lado, questões como privacidade dos usuários, eficiência energética dos sensores e perda de sinal dos satélites devem ser levadas em consideração. Em primeiro lugar, a acurácia e a frequência do sensoriamento da posição de um usuário permitem a obtenção de informações pessoais como a localização de sua casa e local de trabalho [Kang et al. 2004], como também de seus horários [Gu et al. 2016]. Em seguida, deve-se considerar o impacto do consumo elevado de energia dos sensores GPS em dispositivos móveis que têm fontes de energia limitadas, o que restringe a frequência de sua atualização. Além disso, a existência de barreiras como túneis, montanhas e *canyons* urbanos interrompe a captação de sinal dos satélites por parte dos sensores, gerando lacunas espaciais e temporais no sensoriamento [Silva et al. 2015]. Finalmente, erros de posição devido à precisão dos sensores causam inconsistências nas análises de trajetórias e pontos de interesse, demandando etapas de calibragem e limpeza dos dados antes de realizar as análises [Celes et al. 2017].

### 3.3.1.2. Redes sem fio

As redes de telefonia móvel e os pontos de acesso à internet via *Wi-Fi* compreendem o conjunto de redes sem fio. Capazes de serem usadas em dispositivos móveis, computadores e até veículos, as redes sem fio podem ser usadas como fontes de baixo custo de dados geoespaciais. As redes de telefonia móvel obtêm informações de localização de um usuário através das estações bases mais próximas, mesmo que o usuário não esteja realizando um acesso no momento. A posição reportada corresponde ao raio de alcance da torre contactada e, no caso onde duas ou mais torres estejam sob alcance do dispositivo, pode-se estimar uma posição mais precisa através de triangulações e ângulos de recepção de sinal [Naboulsi et al. 2016]. Por sua vez, a localização de dispositivos conectados a pontos de acesso à Internet (*Access Points*) é dada pelo identificador do ponto de acesso e o horário no qual o acesso foi iniciado. Assim como nas redes móveis, a precisão da posição informada corresponde ao raio de alcance do ponto de acesso, e múltiplos pontos de acesso podem ser usados para obter uma localização mais precisa.

Existem algumas vantagens no uso de redes sem fio para a coleta de dados geoespaciais. Primeiro, podemos destacar o consumo de energia deste método, dado que as coletas dependem somente da conexão dos dispositivos à rede, atividade fundamental para o seu uso. Além disso, por possuir menor precisão, é menos invasiva que a coleta através de sensores GPS, o que reduz a rejeição à coleta por parte dos indivíduos sensorizados. Por fim, podemos destacar também o número maior de dispositivos capazes de se



conectar às redes sem fio em comparação ao número de dispositivos com sensores GPS. Porém, é válido ressaltar a precisão inferior da coleta através das redes móveis, fator que influencia na utilidade dos dados coletados.

### 3.3.1.3. Dispositivos *beacons*

Os dispositivos *beacons* são transmissores de curto alcance que permitem monitorar a presença de dispositivos móveis (como *smartphones* e *tags* eletrônicas) através de sinais de proximidade, que podem variar de 5 a 100 m, dependendo da aplicação desejada. Assim, é possível afirmar a posição do dispositivo, com precisão relativa ao raio de alcance do transmissor. Adicionalmente, múltiplos *beacons* podem ser usados para aumentar a precisão da posição reportada.

Os *beacons* são pequenos, portáteis e de alta eficiência energética, devido ao uso de tecnologias de transmissão de baixo consumo, o que permite a sua instalação em diversos locais, sem a necessidade de infraestruturas adicionais. Graças a sua característica de detectar dispositivos com base na proximidade e ao raio de alcance, eles são comumente usados para localização em ambientes internos, como shoppings, supermercados e escritórios, permitindo mapear a presença em andares, salas e corredores. Um número maior de *beacons* significa, portanto, um sensoriamento mais detalhado. A principal desvantagem de seu uso para a coleta de dados geoespaciais está no custo dos dispositivos, que somado à quantidade elevada de dispositivos necessários para o sensoriamento detalhado dos ambientes torna a sua implementação difícil.

### 3.3.1.4. Endereços postais

Os endereços postais são uma forma detalhada de representar localizações como residências, locais de trabalho e outros locais de interesse. Eles são especificados de acordo com as normas de apresentação de cada país e, no Brasil, por exemplo, são compostos por logradouro (rua ou avenida), número da residência, complemento, nome do bairro, da cidade e do estado e código de endereçamento postal (CEP). Sua precisão é diretamente proporcional à menor unidade (número, rua, bairro, etc) do endereço coletado. Além disso, são mapeáveis para coordenadas em latitude e longitude aproximadas (e vice-versa) através de bibliotecas e APIs como *Google Maps Geocoding*<sup>5</sup>. Este tipo de dado geoespacial está presente em uma variedade de sistemas gerenciais e comerciais, especialmente aqueles que envolvem o cadastro de pessoas e a necessidade de serviços postais. Nos últimos anos, eles têm sido usados para mapear os locais de interesses reportados por usuários em *LBSNs*, gerando como resultados registros de *check-in*.

Comparados às outras fontes de dados, os endereços postais têm como vantagem a sua facilidade de leitura e interpretação e o fato de não precisarem de dispositivos sensores específicos para a coleta da localização. Porém, por outro lado, os dados de endereços postais são úteis somente para reportar localizações fixas relacionadas ao usuário (como residência e local de trabalho), não servindo para reportar posições específicas sem en-

<sup>5</sup><https://cloud.google.com/maps-platform/places>

dereço definido (como um ponto remoto na superfície da Terra) e posições instantâneas entre dois locais definidos (e.g., os pontos que compõem a trajetória de um usuário).

### 3.3.2. Qualidade da coleta

Além das tecnologias utilizadas e das fontes de dados geoespaciais, outras questões devem ser levadas em consideração durante a definição do escopo da coleta dos dados. A seguir, definimos essas questões e discutimos como as mesmas podem afetar, não somente a coleta dos dados, mas também o processamento e os resultados das análises.

#### 3.3.2.1. Acurácia e Precisão

A acurácia, no âmbito da coleta de dados geoespaciais, diz respeito à proximidade da medida de localização coletada de um valor aceitável para a posição real de uma entidade. Portanto, quanto maior a acurácia, mais próximo a medida está do valor correto. A acurácia dos tipos de dados varia de alguns milímetros (sensores GPS de alta capacidade) a quilômetros (sensores de redes móveis em áreas remotas), portanto é fundamental compreender o conceito de acurácia para que se possa escolher o tipo de dado geoespacial que mais se ajusta à análise a ser feita.

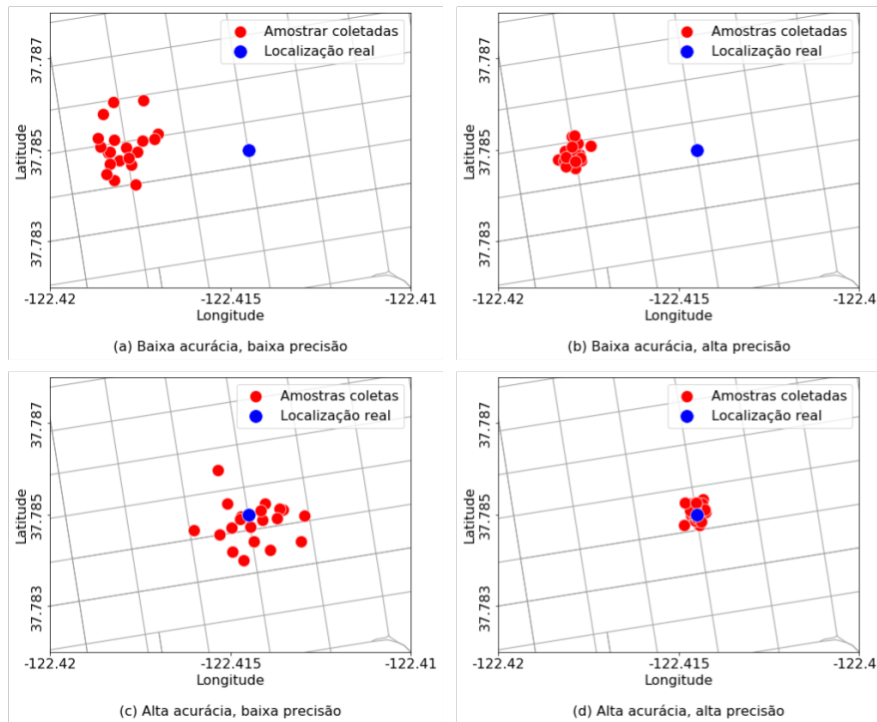
Por sua vez, a precisão representa a variação das amostras coletadas e, quanto maior o seu valor, mais centrados estão as amostras em torno de um ponto. Para obter medidas mais precisas, sensores mais potentes podem ser aplicados, resultando porém em um maior consumo de energia e um custo maior da infraestrutura de coleta.

A Figura 3.4 apresenta o significado de acurácia e precisão (e suas variações) quando tratamos de dados geoespaciais. Nota-se que obter uma alta precisão não necessariamente implica em resultados acurados. Adicionalmente, uma alta acurácia pode produzir resultados nem sempre confiáveis se a precisão for baixa.

Na presença de dados com baixa acurácia ou de sensores imprecisos, duas abordagens podem ser aplicadas. A primeira delas é fazer o uso de sensores mais potentes – quando possível. A segunda é através de técnicas que podem ser aplicadas para corrigir as medidas sensoreadas. Isto pode ocorrer durante a coleta, como no caso do uso de sinais adicionais no sistema GPS e nas redes sem fio, e também durante o pré-processamento dos dados. Quanto a este último, existem abordagens para a correção de dados com baixa acurácia [Newson e Krumm 2009, Hoteit et al. 2016].

#### 3.3.2.2. Privacidade

Dados geoespaciais são utilizados para reportar a localização de várias entidades, com destaque para aquelas capazes de se locomover, como humanos e veículos. Assim, ao fornecer sua posição, um indivíduo permite o acesso a uma informação real e de grande validade. Por um lado, são inúmeros os benefícios provindos das análises de dados de mobilidade. Por outro lado, essas informações podem ser utilizadas por agentes mal-intencionados para diversos ataques à privacidade dos usuários sensoreados, o que pode desmotivá-los a compartilhar seus dados. O compromisso entre a utilidade dos dados



**Figura 3.4. Variações de acurácia e precisão de dados geospaciais coletados e os seus significados**

geospaciais e o risco à privacidade dos usuários deve ser considerado ao realizar a coleta dos dados.

Para que os usuários possam compartilhar suas informações de localização, é preciso garantir a sua privacidade com o uso de técnicas que reduzem os detalhes dos dados compartilhados ou que dificultam o seu acesso. Podemos destacar duas técnicas: a anonimização e a obfusão dos dados. Quanto à primeira, substitui-se os identificadores dos usuários por pseudônimos gerados aleatoriamente, o que pode ocorrer tanto durante o processamento dos dados quanto diretamente nos dispositivos coletores [Krumm 2009]. Porém, mesmo com a anonimização, ataques podem reidentificar usuários a partir de seus locais de interesse [Maouche et al. 2017]. O papel da obfusão é impedir que esse tipo de ataque seja possível, realizando pequenas distorções nas posições reportadas, sem alterar a qualidade dos dados [Duckham e Kulik 2005a, Duckham e Kulik 2005b].

### 3.3.2.3. Frequência

O intervalo entre duas coletas consecutivas de dados também é um importante aspecto a ser discutido. Chamamos esse intervalo de frequência de amostragem, de forma que dados com alta frequência são aqueles com um menor intervalo de tempo entre duas amostras, e dados com baixa frequência são aqueles com um maior intervalo de tempo entre duas amostras. Portanto, durante um mesmo intervalo de tempo, frequências maiores produzem uma quantidade maior de dados. Quanto mais dados, mais detalhes existem e maior é a sua utilidade, podendo ser empregados para estudar trajetórias detalhadas de desloca-

mento, por exemplo. Por outro lado, coletar dados com alta frequência leva a um consumo maior de recursos como energia e armazenamento, que são limitados em dispositivos portáteis. Ao implementar um processo de coleta de dados geoespaciais, é preciso especificar a frequência da coleta de modo a garantir a cobertura das atividades ou comportamentos de interesse da análise.

Enquanto alguns tipos de dados permitem a definição da frequência da coleta (e.g., sistemas GPS), outros dependem da interação do usuário sensorado com o sistema, e portanto sua frequência de coleta não pode ser controlada diretamente. Com isso, surgem lacunas espaciais e temporais, que são intervalos extensos de espaço e tempo, respectivamente, onde não se têm conhecimento das atividades do usuário. Essas lacunas podem ser preenchidas utilizando técnicas como interpolação e extrapolação [Hoteit et al. 2016], algoritmos baseados em dados históricos [Silva et al. 2015] e aprendizado de máquina [Chen et al. 2017]. O enriquecimento dos dados geoespaciais transforma dados esparsos em dados densos de forma artificial, sem que mudanças nos métodos e ferramentas de coleta sejam necessárias.

#### 3.3.2.4. Escala

Por fim, discutimos a escala dos dados geoespaciais. Para representar o ambiente simulado e produzir resultados significativos, é necessário que o conjunto de entidades presentes nos dados seja suficiente. A escala pode se referir ao número de usuários distintos monitorados, ao número de intervalos de tempo (horas, dias ou semanas) e às dimensões da região física monitorada. As escalas destas dimensões devem compreender um ambiente de simulação no qual os resultados não sofram viés devido a limitações de usuários (o conjunto de indivíduos não representa a população), de tempo (o período coberto não engloba todas as situações esperadas pelo experimento) e de espaço (as dimensões da região coletada não se assemelham àquelas do ambiente real).

Quando os dados geoespaciais coletados não são suficientes para produzir resultados, algumas abordagens são usadas para aumentar o volume dos dados. A fusão de dados [Rettore et al. 2020] é uma técnica que permite a junção de dois ou mais conjuntos de dados, gerando como saída um único conjunto contendo todos os dados. Em conjuntos de dados com estrutura semelhante, sua implementação é simples. Porém em casos onde a interseção entre as partes é pequena ou inexistente, a sua aplicação demanda processamento elevado. Já a geração de dados sintéticos faz uso de métodos estatísticos [Kosta et al. 2012] e de aprendizado de máquina para gerar dados sintéticos realísticos, i.e., que se aproximam do comportamento real. Apesar de demandar uma modelagem precisa dos dados reais, essa técnica tem como benefício a capacidade de gerar dados sintéticos sob demanda e em alta escala.

### 3.4. Armazenamento

Esta seção irá abordar os conceitos, técnicas e as ferramentas existentes para o armazenamento de dados geoespaciais, que, como outros tipos de dados, devem ser armazenados após a coleta para serem utilizados posteriormente. É importante discutir sobre esse assunto pois, muitas vezes, as formas de armazenamento tradicionais, como bancos de

dados relacionais, não são as mais apropriadas para este tipo de dado. Isso ocorre devido às diferentes formas de representação existentes para dados geoespaciais que não são compatíveis com o armazenamento de dados tabulares. Além disso, deve-se levar em consideração o propósito da manipulação dos dados, com informações sobre a frequência de consultas e inserções, a necessidade de realizar filtros geoespaciais de forma eficiente e o volume de dados que será armazenado.

### 3.4.1. Estrutura de Componentes Espaciais

O mundo real é muito complexo para ser representado completamente por uma estrutura de dados, sendo necessária a escolha das feições (e.g., águas, estradas, árvores, etc.) relevantes para cada caso. Para a representação digital de dados geoespaciais, existem duas estruturas primárias: a vetorial e a matricial (também chamada de *raster*). A estrutura vetorial baseia-se na utilização de pontos, linhas e polígonos para definir a localização e os limites de um objeto. Por sua vez, a estrutura matricial utiliza uma grade regular de células para definir os objetos. Cada estrutura possui suas vantagens e desvantagens na modelagem de dados. Ademais, pode-se combinar as duas abordagens em um único projeto visando extrair as vantagens de ambas. A Tabela 3.2 apresenta uma comparação entre os dois tipos.

**Tabela 3.2. Comparação entre os Modelos Vetorial e Matricial (adaptado de [Marino 2012] )**

Característica	Vetorial	Matricial
Estrutura de Dados	Geralmente Complexo	Geralmente Simples
Requisito de Armazenagem	Pequena, para maior parte dos dados	Grande para a maioria dos dados sem compressão
Conversão de Sistema de Coordenadas	Simple	Pode ser lenta, devido ao volume, e requerer reamostragem
Precisão Posicional	Limitado pela quantidade posicional de levantamento	Degraus contornando células; depende da resolução adotada
Acessibilidade	Frequentemente complexo	Fácil para modificar através do uso de programas
Visualização e Saída	Parecido com mapas, com curvas contínuas; pobre para imagens	Bom para imagens, mas para feições discretas, pode mostrar efeito escada
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Análise e Modelagem	Álgebra de mapas é limitada	Superposição e modelagem mais fáceis

As escolhas na construção de uma estrutura impactam diretamente nos detalhes que elas são capazes de capturar. Na Figura 3.5 são apresentadas as transformações de uma representação do mundo real para as estruturas vetorial e matricial. Nela, é possível

ver as características de modelagem de cada uma das estruturas. É possível notar que a estrutura vetorial representa as entidades existentes considerando suas dimensões e seu formato. Para isso, deve-se escolher quais as formas geométricas que serão utilizadas na representação. Por sua vez, a estrutura matricial reduz todas as feições contidas em uma única célula a uma identificação básica de acordo com um critério de codificação. Na Figura 3.5 utilizou-se o critério de área dominante, no qual o rótulo corresponde à feição que ocupa a maior parte da célula, podendo haver um identificador no caso de combinações de feições. Podemos destacar também o método de centro da célula, no qual o rótulo é proveniente da feição presente no centro da célula. Por fim, o método de cobertura percentual constrói uma matriz para cada feição, e o rótulo da célula é definido pela porcentagem daquele elemento.



**Figura 3.5. Estrutura Vetorial vs. Matricial (baseada na Figura 5.5 de Lisboa Filho e Lochpe 2001)**

Levando em consideração as características que foram citadas anteriormente, podemos perceber que uma estrutura não é melhor que a outra. A estrutura matricial, além de ser mais simples para armazenar, possui a facilidade na aplicação de operações entre camadas. Outros motivos para escolher esta estrutura seria para o armazenamento, visualização e manipulação de imagens digitais, como fotografias aéreas e imagens de satélites, por exemplo. Já a estrutura vetorial é, de um modo geral, mais parecida com os mapas e com isso, na maioria das vezes, possui os dados mais acurados. Por estes motivos, a estrutura vetorial permite uma visualização mais harmoniosa e um cálculo mais eficiente de operações topológicas. Por fim, a estrutura vetorial armazena somente os elementos essenciais enquanto a matricial codifica cada célula, o que às vezes é desnecessário. Existem várias outras estruturas, como a Rede Triangular Irregular (*Triangulated Irregular Network – TIN*) [Longley et al. 2005], por exemplo. Apesar de ser mais complexa que as outras, a estrutura TIN é melhor para representar superfícies, como elevações, por meio da junção de triângulos.

### 3.4.2. Compactação dos Dados

Como pode ser notado, os conjuntos de dados geoespaciais tendem a representar uma grande quantidade de informação e, portanto, necessitam de capacidades de armazenamento consideráveis. Assim como para os conjuntos de dados tradicionais, algoritmos de compactação de dados podem ser aplicados nos conjuntos de dados geoespaciais, resultando em um armazenamento mais eficiente. Existem vários algoritmos para comprimir os mais diversos tipos de arquivos, podendo ser classificados em compactação com perdas e compactação sem perdas. Por um lado, a compactação com perdas obtém altos níveis de compactação, porém ao custo de perdas na qualidade dos dados. Por outro lado, a compactação sem perdas não afeta a qualidade dos dados, mas tem menor eficiência.

Embora para certas aplicações a perda de informação é aceitável, quando se trata de dados geoespaciais ela pode impactar gravemente na qualidade da amostragem. Assim, não se recomenda utilizar qualquer tipo de compactação que gere perdas quando se deseja processar ou analisar os dados. Por este motivo, é mais comum aplicar algoritmos de compactação em dados matriciais discretos [Longley et al. 2005].

Um método comum para compactação de dados matriciais é o *Run-length code*. Essa técnica de compressão se baseia em codificar a sequência de células a fim de otimizar o espaço quando há grandes repetições de células com mesmo valor. Essa codificação é representada por dois números, sendo que o primeiro indica a quantidade de células com a mesma identificação e o segundo a identificação comum em si. A Figura 3.6 ilustra um exemplo do uso do *Run-length code*, onde é possível ver a redução que pode ser alcançada com essa técnica.

<i>Raster</i>					<i>Run-length code</i>
8	8	8	7	7	3:8, 2:7
6	6	6	6	6	5:6
9	9	8	7	7	2:9, 1:8, 2:7

Figura 3.6. Codificação *Run-length code* de um *raster*

Outra codificação bastante conhecida é uma versão bidimensional da *Run-length code*, a *Quad tree* [Finkel e Bentley 1974]. Neste método, áreas que possuem os mesmos valores são representadas com um único identificador. Para isso, a matriz é dividida recursivamente em blocos quadrados, de tamanho sempre crescente, até que não seja mais possível dividi-la, resultando em quadrados em que todos os identificadores que o compõem são iguais. A Figura 3.7 mostra como seria a aplicação desta codificação em um dado matricial.

<i>Raster</i>								<i>Compactação Quad tree</i>						
1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	
1	1	1	1	2	2	2	2							
1	1	1	1	1	1	2	2			1	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2							
1	1	1	1	2	2	2	2		1	1	2	2	2	
1	1	1	1	2	2	2	2							
1	1	1	1	2	2	2	2		2	2	2	2	2	
1	1	1	1	2	2	2	2							

Figura 3.7. Codificação *Quad tree* de um *raster*

Os métodos apresentados reduzem a redundância para um armazenamento mais eficiente. Contudo, existem métodos como *wavelet* que permite perdas, já que parte dos dados são descartados durante a compactação. Apesar deste tipo de técnica resultar em altas taxas de compressão, dada a perda de informação, sua utilização é limitada a projetos que não utilizam dados brutos para análise. Também por causa da perda, normalmente, não se aplica este tipo de compressão em estruturas vetoriais. Isso porque, esta estrutura

já trabalha com os dados na forma reduzida, descartando elementos irrelevantes já no processo de coleta [Longley et al. 2005]. Entretanto, é possível diminuir a redundância ao utilizar a estrutura vetorial quando a área mapeada é pequena. Isso pode ser feito armazenando somente um ponto no mapa com as coordenadas completas, enquanto o restante, ao invés de possuírem coordenadas absolutas, seriam mapeados utilizando como referência este ponto base [Claudia Dolci 2010].

### 3.4.3. Bancos de Dados

Um dos componentes mais importantes para Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Geográficos (SGBDGs). Além de possuírem as funcionalidades de armazenamento encontradas em sistemas de gerenciamento de banco de dados tradicionais, os SGBDGs aceitam diferentes sistemas de referência geoespacial, provendo funções próprias para realização de busca e manipulação desse tipo de dado. Adicionalmente, são capazes de indexar dados geoespaciais tanto em formato de coordenadas quanto em formato de polígonos, aprimorando a eficiência geral do sistema. No entanto, sem o uso de indexação, tanto a busca por localizações quanto o filtro de regiões serão muito ineficientes, principalmente na presença de grandes volumes de dados.

A Tabela 3.3 apresenta três SGBDGs que são comumente usados para o armazenamento de dados geoespaciais: MySQL [mys 2020], Postgree com a extensão PostGis [Developers 2020] e Oracle Spatial [Oracle 2020]. Podemos observar que todos utilizam o mesmo padrão de tipo espacial, o *Simple Feature Specification - Structured Query Language* (SFS-SQL), que descreve um modelo comum de armazenamento e acesso de geometrias (pontos, linhas e polígonos). O SFS-SQL é um padrão definido pela *Open Geospatial Consortium* (OGC) [ogc 2020] e que, além de descrever as geometrias utilizadas pelos SIGs, apresenta definições de operações como *touches*, *equals*, *overlaps*, *disjoints*, *intersects*, dentre outras. Quanto à transformação de sistemas de coordenadas, somente o MySQL não a fornece, sendo necessário realizar as conversões entre sistemas antes do armazenamento dos dados. Quanto à indexação dos dados geoespaciais, os três sistemas analisados fazem uso da indexação *R-Tree*. Por fim, somente o Oracle Spatial possui custos de utilização, o que é compensado pela robustez do sistema, mas mesmo assim [Shukla et al. 2016] mostra que para a maioria das operações o PostGIS é mais otimizado que o Oracle Spatial. Portanto, para escolha do SGBDG a ser utilizado, deve-se considerar os objetivos do projeto e suas características.

**Tabela 3.3. Comparação entre os SGBDs com extensão SIG. (Adaptado de [Casanova et al. 2005])**

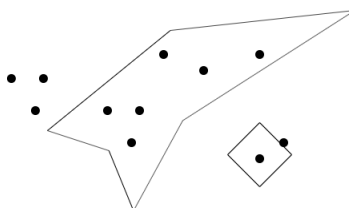
<b>Característica</b>	<b>MySQL</b>	<b>PostGIS</b>	<b>Oracle Spatial</b>
Tipos Espaciais	SFS-SQL	SFS-SQL	SFS-SQL
Transformação de sistemas de coordenadas	Não	Sim	Sim
Indexação	R-Tree	R-Tree sobre Gist	R-Tree e QuadTree
Custo	Gratuito	Gratuito	Pago



### 3.4.4. Indexação

Índices são estruturas de dados usadas para aumentar o desempenho de consultas em sistemas de banco de dados, permitindo a localização de dados de forma mais eficiente do que buscas lineares. A indexação (isto é, a criação de índices) em bancos de dados espaciais é útil não somente para a recuperação eficiente de dados, mas também para diversas operações espaciais. Podemos citar a identificação dos  $k$  pontos mais próximos (*k-Nearest Neighbors*), a geocodificação (obtenção das coordenadas a partir de informações como endereço) e a geocodificação reversa (obtenção de informações a partir de uma coordenada). A seguir, utilizaremos o problema da geocodificação reversa como estudo de caso para demonstrar as estruturas de indexação de dados geoespaciais presentes na literatura.

O problema de múltiplos pontos em múltiplos polígonos é importante no processo de geocodificação reversa, ilustrado na Figura 3.8. Podemos descrevê-lo da seguinte maneira: Dado um conjunto  $N = \{n_0, n_1, \dots, n_I\}$  de polígonos e um conjunto  $M = \{m_0, m_1, \dots, m_J\}$  de pontos em um plano, deseja-se saber em qual polígono  $n_i$  cada um dos  $m_j$  pontos está contido. Para um conjunto pequeno de dados, a solução por força bruta é suficiente: para cada polígono, verificamos se cada um dos pontos está contido nele. Como um ponto só pode estar em uma região por vez (assumindo polígonos sem interseção), os pontos que já foram encontrados podem ser retirados da busca.



**Figura 3.8. Problema do ponto em polígono: Dado um conjunto de pontos e polígonos, deseja-se saber em qual polígono cada ponto está contido.**

Algoritmos clássicos de geometria computacional, como o chamado *raycasting* [Shimrat 1962], resolvem esse problema quando é necessário determinar se somente um ponto está contido em um polígono. Dessa forma, sucessivas aplicações do algoritmo resultarão na resolução do problema completo. Entretanto, essa abordagem possui custo computacional alto, o que inviabiliza sua utilização para grandes volumes de dados.

A estrutura de dados mais aplicada na resolução desse problema é a chamada R-Tree [Guttman 1984], que permite a indexação de geometrias através de uma estrutura de árvore balanceada. Essa estratégia tem como vantagem a busca com complexidade logarítmica de tempo ( $O(\log_{|M|} |N|)$ ), o que justifica o seu uso nas implementações de diversos bancos de dados e ferramentas de análises geoespaciais, como PostGIS, Oracle e GeoPandas. Por outro lado, é preciso levar em consideração o alto custo de tempo e espaço para a construção da árvore, fator que pode limitar o seu uso. Além da geocodificação reversa, a R-Tree também é utilizada para resolver outros problemas, como o *k-Nearest Neighbors*. A R-Tree acelera a geocodificação reversa indexando as caixas delimitadoras de cada polígono. Com a indexação das caixas delimitadoras é possível verificar em qual polígono algum ponto está contido. Isso se deve ao fato de um ponto não poder estar contido em um polígono, se não estiver contido em sua caixa delimitadora.

Além da R-Tree, podemos utilizar os sistemas de grades como o chamado *Geohash* [Morton 1966] e o H3 [Uber 2015] para esse problema. Os sistemas de grade permitem analisar grandes conjuntos de dados espaciais através da divisão de áreas maiores em células unicamente identificáveis. O H3 provê um índice espacial hierárquico baseado em hexágonos, que permite agrupar pontos em hexágonos de diversos tamanhos, conforme a necessidade de precisão da análise. O nível do índice H3 determina a área dos hexágonos e sua escolha é essencial para uma melhor precisão na indexação. Por um lado, hexágonos muito grandes agruparão pontos mais distantes em uma mesma célula. Por outro lado, hexágonos muito pequenos resultarão em um número muito grande de índices, afetando o desempenho. Para isso, os desenvolvedores dessa tecnologia disponibilizam uma tabela com a média da área de um hexágono de acordo com a precisão necessária<sup>6</sup>.

O *GeoHash*, ao invés de utilizar hexágonos, utiliza retângulos. Porém, o princípio para a indexação é o mesmo do H3, com a desvantagem de existirem oito vizinhos para cada retângulo em comparação com seis no caso do hexágono. Além disso, no caso dos hexágonos, os pontos centrais de todos os vizinhos são equidistantes do hexágono central.

Para resolver o problema de geocodificação reversa, é preciso criar uma tabela de pesquisa com uma coluna contendo índices H3 ou GeoHash, em uma precisão adequada para os tamanhos dos polígonos, e outra coluna contendo um identificador único para cada polígono. Esse identificador pode ser o número de uma cidade ou setor censitário fornecido pelo IBGE, por exemplo. Com essa tabela, um ponto pode ser mapeado em um polígono ao se consultar na tabela o índice H3 ou GeoHash desse ponto.

Semelhante ao H3, o Appel [Coimbra et al. 2019] é um sistema que apresenta uma estratégia de geocodificação reversa baseada em uma estrutura de dados hierárquica de polígonos. Nele, cada nível da árvore representa um tipo de subdivisão geográfica do Brasil (e.g., estados, mesorregiões e microrregiões). As regiões em um mesmo nível são disjuntas, isto é, não possuem interseção entre si e, portanto, os pontos pertencentes a uma região estariam contidos em somente um polígono. Cada nó, com exceção dos nós folha, contém uma lista de polígonos que compõem a região no nível superior. Esta lista, por sua vez, é ordenada de acordo com a população residente em cada polígono, com o intuito de acelerar a busca linear dentro de um nó.

Finalmente, o *Elastic Search* é um sistema de pesquisa e análise de dados que tem atraído bastante atenção recentemente. Além de outras aplicações, o *Elastic Search* permite a análise de dados geoespaciais, como por exemplo as operações de junção espacial. Nesse caso, ele cria os índices de formas geométricas decompondo-as em uma malha de triângulos, e indexando cada triângulo como um ponto de sete dimensões em uma árvore KBD (*K-Dimensional B-Tree*). Essa abordagem de tesselação permite uma precisão elevada, enquanto o desempenho dependerá do número de vértices dos polígonos.

A Tabela 3.4 compara o tempo necessário para localizar uma quantidade de pontos em polígonos de setores censitários brasileiros. É importante notar que o PostGIS utiliza a R-tree otimizada para atuar em memória secundária, enquanto que o GeoPandas utiliza a R-tree em memória. Os códigos H3 e GeoHash foram carregados em um servidor Redis, que os mantém em memória. Já a Tabela 3.5 apresenta outras métricas de comparação,

---

<sup>6</sup><https://h3geo.org/#/documentation/core-library/resolution-table>

como a memória gasta para armazenar o modelo de consulta e o tempo necessário para gerar os modelos.

**Tabela 3.4. Comparação de tempo de consulta para a geocodificação reversa nas ferramentas de indexação. Adaptada de [Coimbra et al. 2019]**

Pontos	APPEL (s)	PostGIS (s)	GeoPandas (s)	H3	GeoHash
10 <sup>4</sup>	0,82 ± 0,01	4,30 ± 0,24	4,52 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,23 ± 0,01
10 <sup>5</sup>	2,80 ± 0,01	44,21 ± 0,92	7,59 ± 0,06	1,80 ± 0,04	2,05 ± 0,11
10 <sup>6</sup>	20,92 ± 0,02	439,77 ± 10,73	72,47 ± 0,57	18,140 ± 0,59	21,29 ± 0,69

**Tabela 3.5. Comparação nos tempos e tamanhos dos modelos gerados para as consultas.**

Métrica	APPEL	PostGIS	GeoPandas)	H3	GeoHash
Geração do modelo (min)	156,50	0,01	1,73	23,59	80,08
Tamanho do Modelo (MB)	7,34	19,56	2,34	5,10	5,30

### 3.5. Preparação e Extração de Conhecimento

Esta seção apresenta o núcleo do processo de análise de dados geoespaciais, que compreende as etapas de preparação dos dados e extração de conhecimento.

#### 3.5.1. Preparação

A preparação de dados geoespaciais envolve cinco etapas: formatação, amostragem, limpeza, filtragem e agregação. Apesar de todas possuírem papel essencial na preparação dos dados para a análise, a necessidade de aplicação de cada uma é definida pelas condições iniciais dos dados de entrada e pelas características definidas para o escopo do trabalho. Ademais, múltiplas iterações de preparação dos dados podem acontecer com o intuito de refinar ou validar os resultados obtidos.

##### 3.5.1.1. Formatação

Ao trabalhar com dados geoespaciais, uma vez que estes sejam recuperados, é essencial atentarmos à sua formatação, já que dados geoespaciais podem ser representados de diversas formas. No que compete à representação de coordenadas geográficas (latitude e longitude), existem três formatos básicos em que estes podem ser encontrados: a utilização de graus, segundos e minutos; graus, minutos e decimais do minuto; e graus e decimais do grau. A escolha de qual formato utilizar dependerá do propósito da aplicação, dado que um número maior de casas decimais permite representar localizações com maior precisão.

A formatação que utiliza graus, minutos e segundos (DDD° MM' SS'') é normalmente utilizada para representação de coordenadas em mapas, porém é mais difícil de ser trabalhada em sistemas computacionais. Já a utilização de graus, minutos e decimais do minuto (DDD° MM.MMM') se dá principalmente em equipamentos de navegação eletrônica. Apesar da existência dos formatos anteriores, boa parte das ferramentas e bibliotecas

mais frequentemente utilizadas em sistemas computacionais trabalha com o terceiro formato, que trata as coordenadas como graus e decimais do grau (DDD.DDDDD°). Entre estas ferramentas estão SGBDGs, softwares SIG, além de diversas fontes de dados oficiais disponibilizadas em formato de arquivo. Isso acontece porque este formato já está pronto para utilização, não necessitando de qualquer conversão. Vale lembrar também que cada fonte de dados pode utilizar um padrão diferente no que compete à ordem na qual latitude e longitude são apresentadas, sendo necessária atenção a este fator para a representação correta dos pontos.

Outra representação possível é a de conjuntos de coordenadas, representando polígonos ou linhas. O formato adotado para este fim dependerá da ferramenta utilizada ou da fonte dos dados. Por exemplo, um dado obtido de uma plataforma como *OpenStreetMaps* pode representar um polígono simplesmente como uma sequência de coordenadas, enquanto que um polígono representado pela biblioteca *Shapely* utiliza o formato *Well-Known Text* (WKT) para representar formas geométricas como uma sequência de coordenadas. Para isso, o WKT define um conjunto de palavras para representar objetos distintos, tais como '*POINT()*', '*LINestring()*' e '*POLYGON()*'.

É válido ressaltar que algumas fontes de dados os disponibilizam em forma de *Shapefiles* ou ainda como imagens. Alguns sistemas SIG podem trabalhar com ambas as abordagens, sendo que a leitura de imagens normalmente se dá para análise de dados matriciais. Já bibliotecas como *Geopandas* e *Fiona* trabalham somente com formatos textuais, como *Shapefiles*, planilhas, *JSON* e *WKT*.

Além de se certificar que os dados possuam os formatos corretos, é importante também verificar se todos os dados utilizam o mesmo tipo de projeção ou se estão no mesmo *datum*, pois dados que utilizam de projeções diferentes podem levar a análises espaciais incorretas. Se esse for o caso, a biblioteca *Geopandas* e outros sistemas SIG, como o QGIS, por exemplo, possuem meios para que a correção possa ser feita.

### 3.5.1.2. Limpeza

Além de localizações indesejadas, a utilização de dados comprovadamente em área urbana pode trazer alguns desafios, tais como a imprecisão das coordenadas geográficas. Isso acontece devido ao grande número de edifícios que obstruem a visão dos satélites, fazendo com que estes não consigam atribuir uma localização com a exatidão requerida. Esse fenômeno é denominado *urban canyons*, e pode ocorrer não somente devido a edifícios como também a túneis e trincheiras [Johnson e Watson 1984]. Por este motivo, é importante que se analise o impacto das localizações afetadas nos dados coletados e, caso seja necessário, que seja feita a exclusão desses dados.

Uma das consequências do uso de dados com baixa acurácia de localização é a impossibilidade de se utilizar algoritmos que trabalham com a distância entre pontos ou a densidade de regiões. Isso acontece porque a localização geográfica dos pontos será de vital importância para que os resultados sejam computados da forma correta. Ou seja, se um ponto está referenciado a uma região que não corresponde à sua posição no mundo real, o resultado produzido pelo algoritmo não retratará a realidade. Podemos observar o problema com maior clareza ao analisarmos um sistema para mobilidade urbana. Se um

passageiro solicita um transporte de sua casa até o trabalho mas o local de origem (ou destino) está georreferenciado de maneira errônea, o sistema tenderá a cobrar um preço diferente daquele que seria o correto, causando prejuízo para uma das partes.

É válido ressaltar que, mesmo que não se refira a dados geoespaciais, é necessária a atenção durante a limpeza às outras dimensões dos dados coletados. Essas, apesar de não serem afetadas pelas questões presentes nos dados geoespaciais (como precisão dos sensores), podem conter irregularidades como valores nulos ou fora do intervalo esperado (*outliers*). Sendo assim, a sua limpeza é essencial para garantir que as análises sejam feitas somente com dados válidos.

### 3.5.1.3. Filtragem

Enquanto a etapa de limpeza dos dados tem como foco a remoção de informações sensoreadas erroneamente, a etapa de filtragem visa selecionar, dado um conjunto de dados limpos, um subconjunto que atenda a regras especificadas para a análise. Neste capítulo nos referimos às regras aplicáveis às dimensões geoespaciais dos dados, mas é válido ressaltar que a filtragem pode contemplar as diversas dimensões presentes no conjunto. Assim, de acordo com a aplicação dos dados, podemos considerar dispensável o uso de dados localizados em regiões ermas (e.g., oceanos, desertos, florestas, entre outras), ou ainda pontos que estejam fora de uma área específica (fora dos limites de uma cidade ou estado, por exemplo). Aqui, ressaltamos que muitas vezes a representação geométrica do dado vem na forma de um ponto, ou seja, um registro com latitude e longitude. Para realizar a filtragem de registros somente em locais de interesse, podemos considerar uma representação geométrica da área de interesse. Se desejamos coletar somente os dados de usuários em uma avenida, por exemplo, podemos utilizar a representação geométrica de tal avenida, que poderá ser uma linha ou um polígono, para filtrar os pontos. Já para um estado, por sua vez, podemos utilizar o polígono que representa suas delimitações.

Para isso, várias operações geográficas podem ser aplicadas para testar o relacionamento entre geometrias, sendo cada uma mais indicada para um tipo de aplicação. Tais operações estão disponíveis em SIG e em bancos de dados com extensão para dados geográficos, além de bibliotecas como *Shapely* e *GeoPandas*. A seguir, detalhamos as principais operações, sendo que cada uma retorna como saída um valor *booleano* (verdadeiro ou falso) para o relacionamento entre as representações geométricas [Longley et al. 2005]. Além disso, cada tipo de operação pode ser válida ou não para a combinação de elementos geométricos analisados. A Figura 3.9 ilustra casos onde cada operação irá retornar VERDADEIRO ou FALSO, sendo que cada uma recebe como parâmetro duas geometrias (A e B). Para melhor visualização, as representações em preto dizem respeito à geometria A, e as demais à geometria B. Além disso, os resultados são obtidos através da expressão A.OPERACAO(B), onde OPERACAO representa as operações abaixo.

- **CONTAINS:** Verifica se uma representação contém completamente a outra. Inválida para a combinação ponto-linha, pois uma linha não pode estar completamente contida dentro de um ponto; porém a combinação inversa é válida.
- **CROSSES:** Analisa se as representações se sobrepõem em algum lugar, ou seja,

se as geometrias possuem pontos interiores em comum, mas não todos (uma não está contida na outra). Vale ressaltar que esta operação pode ser usada para representações com quantidade de dimensões diferentes, por exemplo uma linha e um polígono.

- **DISJOINT:** Verifica se as representações utilizadas são disjuntas, ou seja, não compartilham nenhum ponto em comum.
- **EQUALS:** Verifica se as duas geometrias são iguais.
- **INTERSECTS:** Analisa se as geometrias se interceptam em algum ponto, ou seja, compartilham qualquer porção de espaço. Retorna FALSO se as geometrias forem disjuntas.
- **OVERLAPS:** Analisa se representações de mesma dimensão se sobrepõem, mas uma não está contida na outra.
- **RELATE:** Verifica de forma mais geral se duas representações se relacionam através de interseções nos limites, interiores ou exteriores desta, mas não são disjuntas. Esta operação é útil para verificar de uma só vez se há interseção ou se as geometrias se cruzam ou se tocam, por exemplo.
- **TOUCHES:** Analisa se há interseção entre os limites das geometrias, mas seus interiores não se intersectam.
- **WITHIN:** Verifica se uma geometria está dentro da outra. Representa a relação inversa de *CONTAINS*.


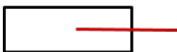








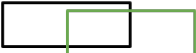






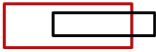
Operação	Verdadeiro	Falso
CONTAINS		
CROSSES		
DISJOINT		
EQUALS		
INTERSECTS		
OVERLAPS		
RELATE		
TOUCHES		
WITHIN		

Figura 3.9. Exemplos envolvendo operações que verificam se existe uma relação entre duas geometrias.

Existem ainda outras operações que não analisam somente a relação entre duas geometrias, retornando VERDADEIRO ou FALSO, mas realizam operações espaciais, retornando valores ou novas geometrias como saída, como pode ser visto na Figura 3.10. Tais operações são:

- **BUFFER:** Dada uma distância especificada pelo usuário, a operação irá gerar e retornar uma nova geometria resultante da adição de uma silhueta à geometria original.
- **CONVEXHULL:** Retorna o envoltório convexo da geometria especificada.
- **DIFFERENCE:** Retorna uma geometria que contém todos os pontos que estão na representação de base mas não na geometria de comparação.
- **DISTANCE:** Retorna a menor distância possível entre duas geometrias.
- **INTERSECTION:** Retorna a geometria que pode ser observada em ambas as representações utilizadas.
- **SYMDIFFERENCE:** Retorna a geometria que contém todas aquelas que não se intersectam nas representações utilizadas.
- **UNION:** Retorna a geometria obtida com a união de todas aquelas presentes nas duas representações













Operação	Geometria Base	Geometria Resultante
<i>BUFFER</i>		
<i>CONVEXHULL</i>		
<i>DIFFERENCE</i>		
<i>INTERSECTION</i>		
<i>SYMDIFFERENCE</i>		
<i>UNION</i>		

Figura 3.10. Exemplos do resultado obtido quando aplicamos algumas operações à geometrias.

As operações explicitadas acima podem ser encontradas tanto em SGBDs habilitados para uso de dados geoespaciais, quanto em bibliotecas específicas para este fim, como *GeoPandas* e *Shapely*.

#### 3.5.1.4. Amostragem

Uma vez que os dados estão formatados, limpos e filtrados, podemos considerar a utilização de amostras dos dados. Muitas vezes a amostragem dos dados é a primeira etapa a ser concluída, facilitando a limpeza e filtragem dos dados, já que seria necessário lidar com uma quantidade reduzida de dados. Porém, ao realizarmos a amostragem antes destes passos, corremos o risco de os dados da amostra não serem representativos.

Quando analisamos uma grande quantidade de dados, nem sempre possuímos capacidade computacional ou interesse em todos os dados. Muitas vezes, ter uma pequena amostra é suficiente para entendermos e gerarmos conhecimento sobre todos os dados. Entretanto, nem sempre a amostra coletada é representativa, ou seja, possui características semelhantes às da população. Uma amostra ruim pode apresentar viés, o que tornará o conhecimento obtido através dela praticamente descartável. Isto acontece porque não poderemos saber ao certo se a informação obtida é válida para todos os dados ou não.

Em uma amostra válida, os dados são escolhidos aleatoriamente, garantindo que nenhum dado enviesado seja escolhido de forma proposital. Para isso, devemos garantir algumas características. Primeiramente precisamos verificar se a distribuição dos seus dados é originária da distribuição da população, utilizando algum método estatístico, como a estatística de *Kolmogorov-Smirnov* [Massey Jr 1951], por exemplo. Vale lembrar que a distribuição abordada aqui diz respeito à distribuição de todas as informações presentes no conjunto de dados, e não somente dos dados geoespaciais especificamente. Outra opção é recolher diversas amostras e calcular a média de cada uma, pois por definição, a média das amostras irá se acumular em torno da média da população. Dessa forma, se torna mais intuitivo a escolha da amostra adequada.

No que concerne aos dados geoespaciais, devemos observar também se a amostra representa as variações existentes quanto ao tempo e ao espaço. Quanto às variações temporais, o conjunto de dados pode cobrir um intervalo de tempo que compreenda feriados, períodos de férias e até diferentes estações do ano. Tendo em vista as mudanças na rotina dos usuários, é preciso considerar na amostragem a separação de intervalos de tempo que possam necessitar de análises específicas. Por sua vez, a variação espacial deve ser considerada devido a possíveis diferenças no comportamento dos indivíduos em cada região. Por exemplo, se o conjunto possui dados em 10 estados brasileiros, devemos nos certificar que a amostra coletada também possua dados em todos os 10 estados e não apenas em um. Se aplicável, pode-se também produzir amostras de cada região analisada separadamente, apresentando os resultados para cada uma.

Existem algumas técnicas relacionadas à amostragem orientada a dados geoespaciais, como a amostragem simples orientada a feições ou a área. Tais abordagens têm como propósito garantir a qualidade das amostras geradas [Tong et al. 2011] e, portanto, não são focadas na análise de dados propriamente dita.

#### 3.5.1.5. Agregação

Com os dados já prontos para utilização, devemos analisar se as informações que obtivemos já são suficientes para o propósito esperado, pois pode ser que uma última etapa



para enriquecimento dos dados seja necessária. Esta etapa visa agregar dados provenientes de outras fontes aos dados originais. Informações acerca de setores censitários, clima, criminalidade, dentre outros, podem ser incorporadas à sua aplicação, sendo que o seu uso dependerá unicamente dos objetivos do projeto. Entretanto, o uso exacerbado de tais fontes pode acarretar em problemas relacionados à memória e ao tempo de resposta. Vale lembrar ainda, que a alta dimensionalidade dos dados, em casos relacionados ao aprendizado de máquina, pode levar o modelo a não generalizar bem, tornando seu uso pouco atrativo em casos reais. Portanto é sempre bom verificar quais variáveis agregadas realmente fazem a diferença e quais podem ser descartadas.

Para realizar a agregação dos próprios dados com os de outras fontes, podemos utilizar a mesma estratégia adotada durante a filtragem, identificando primeiramente a representação geométrica de ambas as representações. Se nossos dados estão no formato de pontos e queremos adicionar informações da região demográfica onde cada um está localizado, devemos obter os polígonos de cada região, com as devidas características de cada uma e, para cada ponto, verificar em qual polígono ele está contido. Apesar desta estratégia poder ser utilizada para a maior parte das agregações baseadas em informações geográficas, devemos nos atentar ao desempenho, lançando mão de abordagens como a indexação, discutida anteriormente. Se usarmos como exemplo os setores censitários mapeados pelo IBGE, o custo de se mapear milhares de pontos em um dos mais de 300 mil setores é uma operação muito custosa computacionalmente.

Outro caso possível é a agregação de dados com representação de pontos ou linhas. Neste cenário, podemos utilizar a operação de *BUFFER* para obtermos um polígono que representa a área daquela região com uma margem adequada ao propósito. Por exemplo, para uma aplicação relacionada ao tráfego com o intuito de indicar ao usuário qual região tem trânsito pesado. Neste caso, ao localizarmos pontos referentes ao usuários, dificilmente estes estarão exatamente sobre a linha que representa a via, sendo necessário considerar uma pequena margem.

Vale lembrar também que várias agregações são possíveis ao se analisar o próprio conjunto de dados como, por exemplo, inferências de laços sociais, localização de locais como casa e trabalho do usuário, identificação de pontos de interesse, dentre outros. Essas agregações envolvem algoritmos e implementações que podem ser integradas ao projeto ou desenvolvidas com o propósito específico.

### **3.5.2. Extração de Conhecimento**

A seguir, introduzimos algumas das aplicações possíveis para a extração de conhecimento de dados geoespaciais. Para cada uma, apresentamos exemplos de seu funcionamento e destacamos a sua importância na análise de dados.

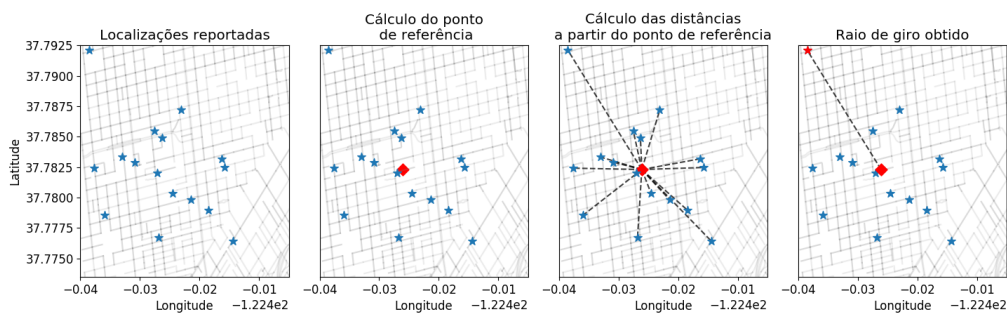
Para alguns dos tópicos abordados, o cálculo da distância entre duas coordenadas requer um cuidado especial. Isso porque o formato elipsoidal da Terra faz com que métodos como o da distância Euclidiana contenham erro que pode ser inconcebível. Nesta situação, outros dois métodos se destacam: a fórmula de Haversine e a fórmula de Vincentys. Apesar dos erros, os três métodos podem ser utilizados, dependendo da aplicação.

O fato de o método Euclidiano inferir que a distância entre dois pontos é uma

reta, faz com que este tenha o maior erro dentre os três. Isso porque, para calcular a distância entre coordenadas distantes, este erro se agrava, impactando negativamente a aplicação. Por outro lado, se os dados utilizados foram projetados em um plano, ou se a distância esperada é muito pequena, a distância Euclidiana pode ser utilizada. Já a fórmula de Haversine considera a distância entre dois pontos como uma curva, fazendo com que seja mais adequado ao formato da Terra. Entretanto, por considerar a Terra como uma esfera e não uma elipse, este método também apresenta erros, apesar de mais brandos, fazendo com que o método seja um dos mais utilizados em aplicações para dados georreferenciados. Por último, o método de Vincentys calcula a distância entre dois pontos com base em uma elipse, fazendo com que este seja o método mais acurado dentre os três. Por outro lado, este é um método computacionalmente custoso.

### 3.5.2.1. Raio de Giro

Quando trabalhamos com dados geoespaciais, é comum assumirmos que os usuários analisados possuem uma localização de referência, que pode ser sua casa, seu local de trabalho ou algum outro ponto de interesse. Com base nesse princípio, podemos calcular o raio de giro de um usuário, que pode ser definido como a distância máxima entre a localização de referência da entidade e as outras localidades visitadas por ela. O raio de giro fornece informações quanto à mobilidade dos usuários, permitindo, por exemplo, a classificação das entidades quanto ao valor de seus raios. A Figura 3.11 apresenta os passos para o cálculo do raio de giro de um usuário a partir de suas localizações reportadas, destacando a identificação do ponto de referência e o cálculo das distâncias.



**Figura 3.11. Cálculo do raio de giro de um usuário com base nas suas localizações reportadas.**

Para calcular o raio de giro de um usuário, é preciso definir primeiramente o critério para a identificação da sua localização de referência através dos dados geoespaciais. Algumas abordagens encontradas na literatura são a escolha de um ponto aleatório [Kosta et al. 2012], a média de todos os pontos reportados, o local mais visitado e o primeiro local reportado no dia [Ekman et al. 2008]. É preciso levar em conta as características do conjunto de dados, como a granularidade das amostras e os sensores usados, para escolher um critério que identifique localizações de referência que façam sentido. Adicionalmente, deve-se escolher uma função de distância (como haversine ou euclidiana) para realizar o cálculo entre os pontos.

Conhecer o raio de giro de usuários tem ajudado em pesquisas sobre mobilidade

urbana já que, uma vez que espera-se que com o passar do tempo uma pessoa explore áreas cada vez maiores [González et al. 2008], permitindo assim antecipar ações necessárias. Análises de mobilidade em contextos mais específicos, como locais visitados por usuários de redes sociais, como o Twitter por exemplo, também são possíveis [Jurda et al. 2015]. Além disso, o uso do raio de giro auxilia em diversas outras áreas como, por exemplo, o entendimento de rotas de fuga durante desastres naturais [Wang e Taylor 2014] e estudos de alcance de ações aplicadas mundialmente [Morales et al. 2017].

### 3.5.2.2. Agrupamentos Espaciais

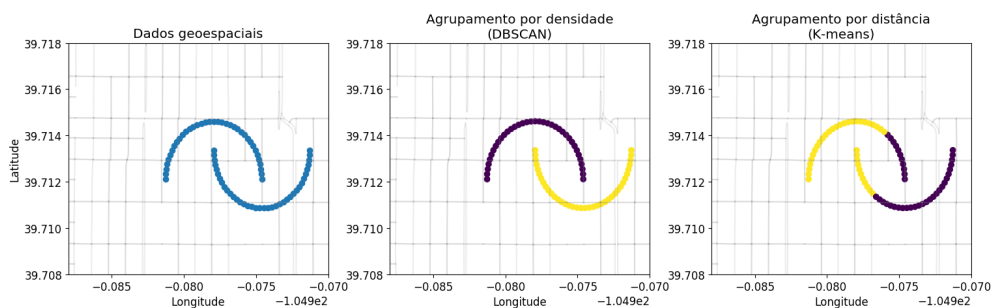
Outra atividade comum ao lidar com dados geoespaciais é a necessidade de se identificar grupos que possuam padrões de comportamento semelhantes. Tais padrões podem ser representados por usuários que frequentam a mesma região [Sakai et al. 2014], identificação de regiões de maior demanda de serviços, locais com focos de disseminação de uma doença, dentre outros.

Existem diversos algoritmos de agrupamento na literatura, utilizando-se de diversas abordagens para obter os grupos, como algoritmos com base em distância (*K-means*), em densidade (*DBScan*) e em distribuição (*GMM*). Apesar de serem algoritmos amplamente utilizados para conjuntos de dados comuns, o seu uso indiscriminado em dados referentes à localização pode gerar erros. Algoritmos baseados em distância muitas vezes trabalham com distância euclidiana, que não representa bem a distância entre pontos no globo terrestre. Isso porque a distância euclidiana comporta-se melhor quando aplicada sobre planos e não sobre uma forma elipsoide como a da Terra [Ingole e Nichat 2013]. Uma medida de distância adequada, apesar de não perfeita, para este tipo de agrupamento seria a distância de *Haversine*, pois considera a distância entre dois pontos como um arco. Já os algoritmos baseados em distribuição dependem da inferência de que os dados seguem algum tipo de distribuição, podendo não ser verdade para o conjunto de dados.

Assim, os algoritmos mais populares para agrupamento espacial seriam os baseados em densidade, já que esta pode ser aplicada para os mais diversos dados. Entretanto, estes algoritmos têm de ser bem ajustados para que os grupos sejam representativos. Como vemos na Figura 3.12, os grupos obtidos com a utilização dos algoritmos *DBScan* e *K-Means* diferem entre si. Isso mostra que a utilização de determinado algoritmo dependerá dos dados e sua projeção, além da necessidade da aplicação, já que nem sempre teremos as condições ideais para uma escolha clara.

### 3.5.2.3. Pontos de Interesse

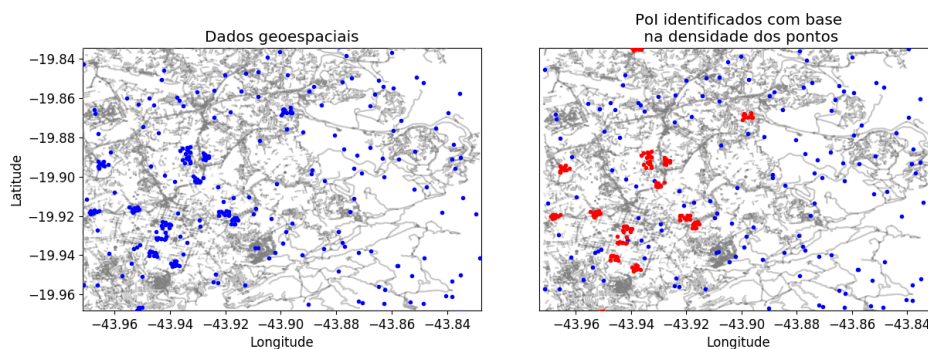
Os pontos de interesse (POIs) representam localizações visitadas pelas entidades com certa frequência. Esses locais podem ser restaurantes, estacionamentos, escritórios de trabalho, dentre outros. Detectar os pontos de interesse existentes em uma região é tarefa fundamental para melhor compreender a mobilidade dos indivíduos, pois permite identificar a motivação, a frequência e a duração das visitas. Com essa informação em mãos, redes podem ser ajustadas para atender a demanda necessária, sistemas de recomendação podem sugerir locais semelhantes àqueles visitados, e campanhas de marketing e publicidade



**Figura 3.12. Dados geoespaciais podem ser agrupados de acordo com as relações existentes entre os pontos, como densidade e distância.**

podem ser personalizadas de acordo com o local visitado [Tran et al. 2013].

Existem vários algoritmos para a detecção de PoIs, os quais utilizam diferentes estratégias de detecção dependendo do tipo de dado geoespacial e características da coleta, como granularidade. Os dados de *check-in* e LBSN, por exemplo, são comumente reportados com dados de PoIs, necessitando pouco ou nenhum processamento. No caso de dados de sensores GPS, faz-se necessário o processamento dos pontos, considerando a formação de grupos em torno de áreas de raio reduzido (Figura 3.13). Nesse cenário, algoritmos de agrupamento espacial – como o DBSCAN e o GMM – são capazes de produzir resultados satisfatórios. Por fim, pode-se também realizar fusões de dados para adicionar ao conjunto de dados analisado a localização dos PoIs em uma região.



**Figura 3.13. Detecção de pontos de interesse (PoIs) a partir de dados geoespaciais**

### 3.5.2.4. Características sociais

A inferência de relações sociais entre indivíduos de uma base de dados pode nos auxiliar a entender melhor diversas atividades do nosso cotidiano, como padrões de mobilidade que se alteram devido a outras pessoas [Cho et al. 2011], análise da adesão a programas de prevenção [Choi et al. 2017] ou ainda a possibilidade de se projetar a propagação de doenças em uma epidemia [Firestone et al. 2011]. Para que isso seja possível, a identificação do laço social correto entre dois usuários é de vital importância, fazendo com que tenhamos cuidado ao decidir quais tipos de relação iremos mapear.

Os laços sociais derivados de uma análise podem dizer se duas pessoas são amigas, conhecidas, vizinhas, colegas de trabalho ou se moram juntas, por exemplo. Porém, a inferência de tais laços não é uma atividade simples, pois não conseguimos medir com clareza quantos encontros entre usuários são necessários para que estes evoluam de desconhecidos para amigos, por exemplo. Para este fim, uma abordagem bastante utilizada é a construção de grafos de contatos, onde cada vértice representa um usuário e uma aresta indica o encontro entre eles (as arestas podem conter pesos para identificar quantas vezes os usuários se encontraram ou a duração dos encontros, por exemplo).

No que compete aos dados geoespaciais em si, existem trabalhos na literatura que utilizam as informações de grafos de contatos para identificar probabilidades de usuários possuírem gostos em comum através da ocorrência de rotas similares [Hung et al. 2009]. Já outros trabalhos também analisam a ocorrência de comunidades, porém a partir de informações espaço-temporais [de Melo et al. 2015, Li et al. 2008].

### 3.6. Visualização

A visualização de dados geoespaciais é parte essencial em todas as etapas de sua utilização em uma análise. Ela começa a ser aplicada logo após a coleta, para fins de validação e verificação dos dados coletados, onde falhas podem ser detectadas e corrigidas através de novas coletas ou etapas de pré-processamento. Em seguida, diversas visualizações são criadas para retratar a distribuição das informações, permitindo a detecção de *outliers* e o mapeamento das características da população analisada. Durante o desenvolvimento da análise, as visualizações auxiliam nas tomadas de decisão e na apresentação de resultados parciais. Por fim, os resultados finais da análise também são apresentados através de visualizações, que facilitam o entendimento das ideias propostas.

Sendo assim, é fundamental que os gráficos criados sejam de fácil leitura e que sua construção não demande tempo considerável. Esses dois fatores garantem que a utilização de gráficos seja uma solução para o processo, e não mais um problema a ser resolvido. Para que isso aconteça, é preciso conhecer as diferentes formas de visualização dos dados geoespaciais e os resultados que elas oferecem. Diferente de dados numéricos e categóricos, em que gráficos tradicionais como de Barra, Pizza, Linhas, dentre outros, são suficientes para transmitir o conteúdo, a visualização de dados geoespaciais geralmente envolve a necessidade de um mapa sobre o qual as localizações serão desenhadas. Adicionalmente, precisamos considerar estratégias de agregação devido ao grande volume de dados. Desenhar quantidades massivas de dados pode não ser eficiente computacionalmente, além de produzir resultados poluídos. Além disso, por vezes estamos mais interessados na visualização dos padrões existentes nos dados do que no comportamento de indivíduos específicos.

Nesta seção, discutimos sobre as técnicas e ferramentas necessárias para gerar visualizações eficazes. Primeiramente, a Seção 3.6.1 apresenta as formas possíveis de visualização de dados geoespaciais, suas vantagens e desvantagens, e quais critérios levar em consideração para escolher uma forma. Em seguida, a Seção 3.6.2 discute algumas ferramentas que facilitam a construção destas visualizações.

### 3.6.1. Tipos de visualização e suas propriedades

Os tipos de visualização apresentados, a seguir, são as estruturas básicas para a construção de gráficos para a análise de dados geoespaciais. A partir dessas abordagens, é possível desenvolver novas visualizações, adaptando e adicionando características para atender aos requisitos da visualização desejada. Ao realizar os primeiros esboços, o leitor notará que modificações serão necessárias para tornar o gráfico proposto o mais claro possível, o que é essencial para o seu entendimento. Assim, podemos citar o formato do mapa, o nível de *zoom*, a escala de cores usadas, legendas visuais e textuais, e a localização central.

Para auxiliar no entendimento dos gráficos de dados geoespaciais, utilizamos os mapas das regiões representadas para aproximar a figura do ambiente real. Para desenhar um mapa, devemos primeiro definir o seu tipo e a sua projeção. O tipo do mapa define as características que ele apresenta, como relevo, divisas territoriais e ruas e rodovias. Já a projeção compreende à representação dos dados em duas ou três dimensões. Ambos os fatores devem ser escolhidos de forma a fornecer um melhor entendimento do gráfico gerado, ao mesmo tempo em que características não essenciais devem ser desconsideradas para evitar a sua poluição. Por exemplo, desenhar um conjunto de dados geoespaciais de duas dimensões em uma projeção de três dimensões não adicionará informação à figura, podendo inclusive gerar incertezas quanto ao seu significado.

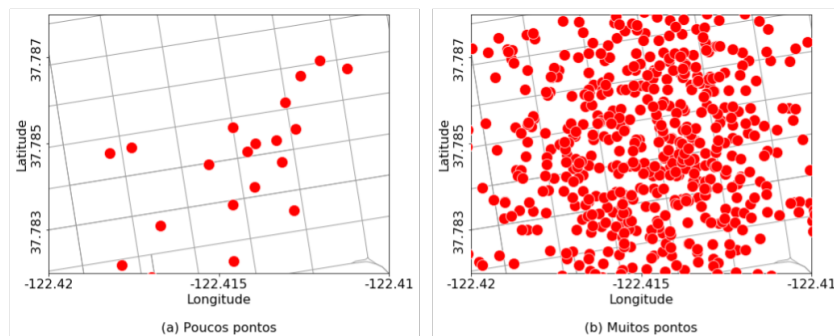
O nível de *zoom* se refere à ampliação da região coberta pela figura, podendo se aproximar (*zoom in*) ou se distanciar (*zoom out*). Um gráfico deve cobrir toda a área em que os dados geoespaciais estão localizados, a menos que o objetivo seja enfatizar alguma região específica. Porém, na presença de *outliers* podemos gerar visualizações afastadas da grande região de interesse e, assim, nesses casos a aproximação pode ser considerada.

A escala de cores de um gráfico não possui função apenas estética, podendo ser usada para auxiliar na indicação de níveis de intensidade (como altitude) e na separação de classes existentes nos dados (como tipo de rede ou dispositivo). Quando for o caso, deve-se optar pela escolha de escalas de cores com alto contraste (de fácil identificação também ao visualizar a figura em escala de cinza) e que remetam aos valores das classes representadas (por exemplo, usar tons de azul e vermelho para indicar a temperatura). Na presença de um número elevado de classes ou de escalas de variação complexas, as escalas de cores podem produzir visualizações confusas e, portanto, podem ser substituídas por legendas textuais (valores escritos ao invés de indicados por cores) e visuais (uso de símbolos para separar as categorias de dados).

#### 3.6.1.1. Ponto-a-ponto

O gráfico ponto-a-ponto constitui a forma mais simples de visualização de dados geoespaciais. Nele, os dados são desenhados como pontos sobre o mapa de acordo com as suas coordenadas. Os pontos podem ter diferentes tamanhos, cores e formatos para retratar diferentes características dos dados. Por um lado, é um tipo de visualização facilmente compreensível, de implementação e modificação simples (Figura 3.14(a)). Por outro lado, a visualização de grandes quantidades de dados em gráficos ponto-a-ponto causa a sobreposição dos pontos (Figura 3.14(b)) o que leva a perda de detalhes, sem mencionar o consumo de memória para que seja construído. Sendo assim, os gráficos ponto-a-ponto

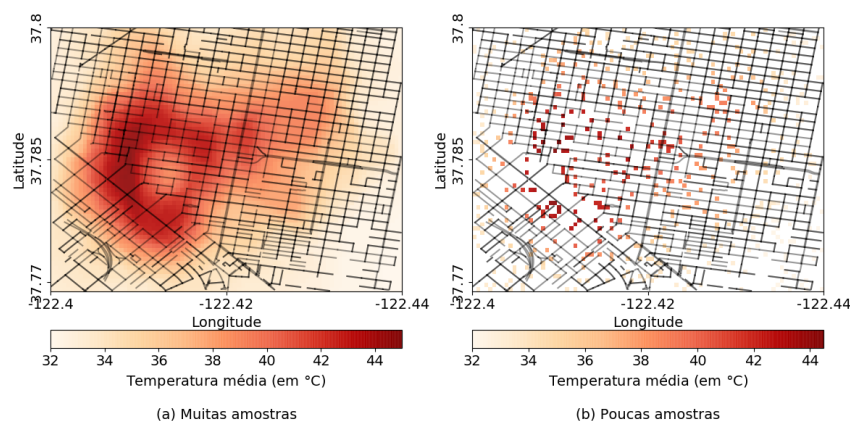
devem ser utilizados para visualizar a dispersão dos dados coletados, e evitados quando se deseja explorar os detalhes presentes no conjunto.



**Figura 3.14.** O gráfico ponto-a-ponto para poucos dados permite uma distinção clara entre os pontos (a); o mesmo não ocorre para um conjunto de muitos dados (b), onde é infactível obter uma separação entre os pontos desenhados.

### 3.6.1.2. Mapa de calor

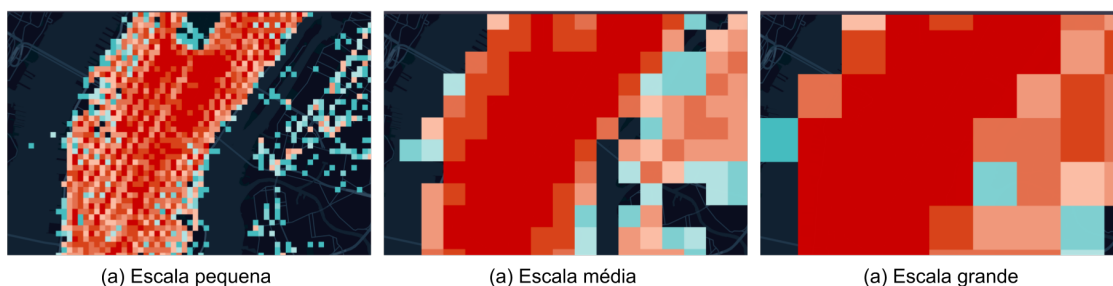
Os gráficos de mapa de calor representam a densidade de uma variável dos dados geo-espaciais através de curvas de intensidade e escalas de cores. Isto leva à formação de regiões de alta densidade, que podem representar uma topologia ou pontos de interesse, por exemplo (Figura 3.15(a)). Os gráficos de mapa de calor são recomendados quando os dados não possuem uma distribuição de localizações uniforme, o que leva a existência de regiões de maior intensidade. Por serem baseados na densidade dos pontos, os gráficos de mapa de calor tendem a ser pouco informativos para conjuntos de dados de localização esparsa (Figura 3.15(b)).



**Figura 3.15.** Os mapas de calor permitem detectar variações na intensidade dos pontos (a), porém perdem sua utilidade se o volume de dados coletados é esparsa (b).

### 3.6.1.3. Grade

A visualização em grade é feita através da divisão da região analisada em uma grade com dimensões definidas, onde a unidade mínima de posição são as células que compõem a grade. Para cada célula, os dados localizados nas coordenadas contidas dentro dela são agregados através de uma função de agregação (por exemplo, a soma, a média, o valor mínimo ou o valor máximo) e o resultado da função representa a célula. Além da função de agregação, outro parâmetro a ser definido é o tamanho da célula, isto é, a área coberta por ela. Células menores são capazes de exibir mais detalhes (Figura 3.16(a)) enquanto células maiores perdem informações que podem ser relevantes (Figura 3.16(c)). Eventualmente, uma solução de compromisso pode ser necessária (Figura 3.16(b)).



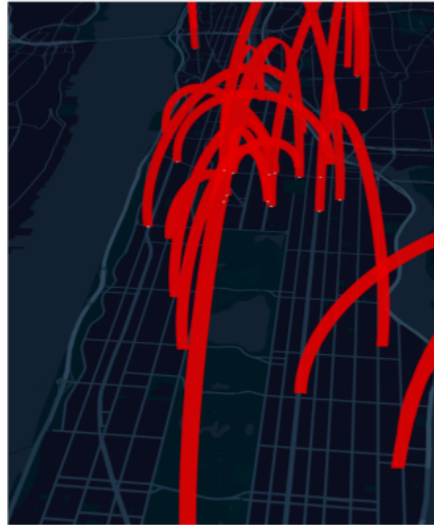
**Figura 3.16. A visualização através de grade permite observar as variações na densidade dos pontos (e também de outras informações presentes nos dados), porém mudanças no tamanho da grade ocasionam na perda de detalhes devido ao agregamento.**

### 3.6.1.4. Fluxo

O gráfico de fluxo tem como papel representar o fluxo de entidades (que podem ser pessoas, veículos ou outros) entre duas ou mais regiões. Esse deslocamento é representado por arcos que conectam as regiões de origem e de destino, juntamente com a indicação de sua intensidade, que pode ocorrer através das dimensões dos arcos (e.g., um arco mais largo indica um fluxo maior) ou através de escalas de cores. É válido ressaltar que os arcos podem não ser simétricos, isto é, a intensidade do fluxo a partir da origem até o destino pode ser diferente daquela obtida partindo do destino até a origem. Sendo assim, múltiplos gráficos podem ser desenhados para que todos os casos sejam cobertos.

Existem outras formas encontradas na literatura para representar fluxos entre regiões, como grafos de transição e matrizes de transição. Em relação ao primeiro, os nós representam as regiões, as arestas representam uma conexão entre regiões e o peso da aresta representa a intensidade desse fluxo (Figura 3.17). De maneira similar, as matrizes de transição contêm em seus eixos as regiões analisadas, e os termos individuais representam o fluxo correspondente à linha e à coluna aos quais o termo está contido.





**Figura 3.17.** Os gráficos de fluxo representam a intensidade das interações entre regiões diferentes. Para isso, conectam arcos entre as regiões de origem e de destino e utilizam de elementos visuais (como as dimensões da curva, etiquetas textuais ou escalas de cores) para indicar sua intensidade.

### 3.6.1.5. Em barras

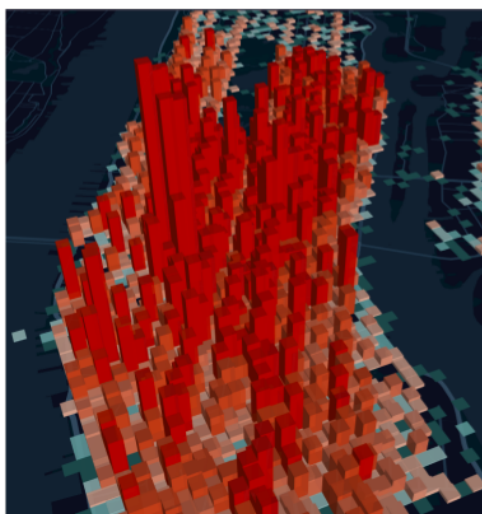
Estes gráficos utilizam uma terceira dimensão para representar barras que indicam o impacto de uma variável sobre regiões de tamanho definido que compõem a área analisada. Assim como os gráficos em grade, são úteis quando os dados geoespaciais possuem informações sensíveis à localização. Por sua vez, estes gráficos permitem observar regiões de destaque com maior facilidade, devido à projeção das barras em uma terceira dimensão. Porém, como pode ser notado no exemplo de gráfico da Figura 3.18, é preciso considerar os limites de se representar dados em três dimensões através de imagens não interativas. Devido à projeção das barras, algumas regiões podem deixar de ser visíveis, causando perda de informação.

## 3.6.2. Ferramentas

Nesta seção, serão discutidas as principais bibliotecas e ferramentas existentes para visualização de dados geoespaciais. Esses recursos facilitam a aplicação das visualizações apresentadas na Seção 3.6.1 pois proveem interfaces para leitura dos dados, criação e personalização dos gráficos, e sua exportação para diversos formatos. Por fim, ressaltamos que as bibliotecas e ferramentas apresentadas são de uso livre e possuem código aberto e, portanto, podem ser aplicadas em análises sem custo e alteradas de acordo com as necessidades de uso.

### 3.6.2.1. Bokeh

Bokeh [Bokeh Development Team 2019] é uma biblioteca para construção e visualização de gráficos e figuras. Ela tem uma interface Web e sua implementação é feita na lingua-



**Figura 3.18.** Os gráficos em barras são uma versão em três dimensões dos gráficos em grade, permitindo visualizar as variações existentes entre regiões demarcadas. Entretanto, é preciso considerar que a sua visualização em duas dimensões pode ser prejudicada pelas estruturas presentes.

gem Python. A sua principal vantagem é a interatividade de suas visualizações, permitindo ao usuário alterar valores e escalas, e inserir novos dados em um gráfico existente, tudo feito em tempo real. Isso faz com que a biblioteca seja uma alternativa interessante para a publicação de resultados de análises em websites. Outro ponto é o suporte para a carga de grandes volumes de dados, que podem ser importados através da biblioteca *Pandas*. Por fim, destaca-se também a extensa coleção de visualizações disponíveis para uso, que contemplam diversas áreas de estudo de dados comuns e geoespaciais.

### 3.6.2.2. Kepler

Kepler [Vis.gl 2018] é uma ferramenta de análise de dados geoespaciais desenvolvida pela *Uber*. Ela possui interface Web de uso simples, que permite carregar os dados geoespaciais desejados, realizar agregações e filtragens de dados, e projetá-los sobre um mapa detalhado do globo terrestre usando diversas visualizações diferentes, como ponto-a-ponto, mapas de calor, gráficos de fluxo e de barra. Além disso, o usuário pode escolher a projeção do mapa (duas ou três dimensões), desenhar figuras geométricas para auxiliar na construção das visualizações e exportar as figuras para diversos formatos. Porém, por utilizar um mapa de coordenadas latitude e longitude para prover suas visualizações, a ferramenta não possibilita que outros tipos de coordenadas sejam usadas como entrada.

### 3.6.2.3. Leaflet

Leaflet [Agafonkin 2010] é uma biblioteca para a construção de mapas interativos e *mobile-friendly* desenvolvida na linguagem Javascript. Ela usa os dados do *OpenStreetMaps* para construir a projeção de mapas detalhados contendo informações de vias e

demarcações de locais e transportes públicos. Os mapas criados possuem funções interativas de visualização e edição, podendo também enviar e receber informações em tempo real. Assim como Kepler, Leaflet só é capaz de criar visualizações de dados que utilizam coordenadas de latitude e longitude.

#### 3.6.2.4. OSMnx

OSMnx [Boeing 2017] é uma biblioteca implementada em Python para visualização de dados geoespaciais focada em mapas rodoviários. Usando dados vindos do *OpenStreet-Maps*, ela é capaz de gerar visualizações personalizadas da malha viária de uma determinada região desejada, sobre a qual o usuário pode desenhar seus dados geoespaciais. Além disso, ela constrói a rede das vias através de grafos, permitindo o mapeamento de pontos às vias mais próximas, o cálculo de distâncias e caminhos mínimos considerando as vias, e a aplicação de métricas e métodos de redes complexas.

#### 3.6.2.5. QGis

QGis [QGIS Development Team 2009] é um software multiplataforma que permite a visualização e a edição de dados georreferenciados para análise. É um sistema robusto, capaz de carregar grandes volumes de dados e que suporta diversos tipos de dados de entrada. Devido às suas capacidades avançadas, consegue produzir visualizações com alta qualidade. Por outro lado, isso implica em uma curva de aprendizado maior. Finalmente, a sua disponibilidade como uma ferramenta “isolada” torna complexa a sua interação com os demais processos da análise de dados geoespaciais, o que pode desfavorecer o seu uso para a construção de visualizações rápidas.

### 3.7. Tópicos em Aberto

Conforme apresentado anteriormente na Figura 3.1, o campo de pesquisa em dados geoespaciais ainda é recente e muito mais precisa ser feito. Nesse cenário, considerando as etapas que compõem o processo de análise de dados geoespaciais, existem linhas de pesquisa pouco exploradas. Dessa maneira, com o objetivo de investigar as questões em aberto, apresentamos nesta seção alguns dos desafios existentes referentes aos mecanismos de privacidade para anonimização de dados, detecção e classificação de pontos de interesse, preenchimento de lacunas espaciais e temporais nos dados e a fusão de dados heterogêneos. Esperamos que, com as informações e as referências introduzidas, o leitor possa vislumbrar potenciais projetos de pesquisa e desenvolvimento.

#### 3.7.1. Mecanismos de privacidade

A análise de dados geoespaciais envolve a extração de conhecimento das localizações reportadas pelos usuários, as quais podem ser aplicadas na detecção de pontos de interesse, no mapeamento de fluxos de mobilidade e na predição da demanda de recursos de rede, por exemplo. Essas aplicações fazem uso das informações obtidas dos dados agregados e, portanto, não necessitam do conhecimento do comportamento individual de cada usuário. Porém, ao compartilhar dados geoespaciais é necessário considerar a presença de agen-

tes mal-intencionados – denominados atacantes – que desejam utilizar os dados para fins próprios que violam a privacidade dos usuários – denominados vítimas – colocando os mesmos em risco [Krumm 2009]. Como exemplo da atuação de atacantes, podemos citar os ataques de re-identificação pessoal, de identificação de pessoas próximas (através da análise de localizações e rotinas), de identificação de pontos de interesse, de rastreamento da localização em tempo real e de confirmação da presença (ou ausência) do indivíduo em um determinado local e momento. Com essas informações em mãos, o atacante pode planejar ações na vida real, como roubos e sequestros.

Portanto, é fundamental garantir a segurança dos usuários sensoreados sem que haja a interrupção do compartilhamento dos dados geoespaciais, os quais são essenciais para o funcionamento de diversos sistemas baseados em localização. Para isso, existem os mecanismos de proteção à privacidade de localização (*Location Privacy Protection Mechanisms* ou LPPM) que atuam na anonimização dos dados geoespaciais sem que suas características sejam perdidas. É válido ressaltar que existem LPPMs específicos para prevenir diferentes tipos de ataque, sendo necessário, assim, a composição de LPPMs quando há a necessidade de prevenir múltiplos ataques. Por outro lado, o uso de múltiplos LPPMs pode acarretar na perda da qualidade dos dados, tornando ineficaz o conhecimento gerado.

A utilização de LPPM para a anonimização de dados geoespaciais é um conceito recente na literatura, o que implica na dificuldade de reprodução dos trabalhos apresentados. Um problema recorrente é a falta de padronização no que diz respeito às definições formais de LPPMs e seus possíveis ataques. Isso dificulta a comparação entre os mecanismos, devido a diferenças quanto aos dados usados como entrada e produzidos como saída e quanto as métricas e métodos utilizados para avaliação da qualidade dos resultados produzidos. Outro problema recorrente compete na difícil utilização de LPPMs encontrados na literatura, visto que possuem alta complexidade de implementação e aplicam muitas vezes técnicas de aprendizado profundo, as quais demandam grande volume de dados. Por fim, destacamos também a necessidade de explorar as variações do compromisso entre a qualidade dos resultados obtidos pelos dados anonimizados e o nível de privacidade preservado.

### **3.7.2. Detecção de Pontos de Interesse**

A detecção de pontos de interesse é questão fundamental no estudo da mobilidade humana e sua evolução com o tempo. Pontos de interesse em dados geoespaciais podem representar residências, lojas, escritórios de trabalho e até semáforos e regiões de congestionamento frequente. Para isso, é necessário desenvolver algoritmos que entendam os padrões de movimentação dos usuários para extrair os pontos de interesse desejados. Tais padrões podem ser modelados de acordo com os tempos mínimos e máximos de permanência em um local, o seu raio de cobertura e a frequência de visitação. Esses parâmetros variam de acordo com as entidades analisadas (humanos ou veículos) e com os costumes culturais – padrões de rotina e meios de transporte – da região analisada.

Podemos destacar dois desafios quanto à extração de pontos de interesse. O primeiro é a anonimização dos dados geoespaciais, que ocorre, como visto na Seção 3.7.1, devido à necessidade de proteger as informações latentes dos usuários sensoreados. Ao

utilizar dados anonimizados, o conjunto de localizações de um mesmo usuário (identificável antes da etapa de anonimização) é dividido em identificadores diferentes e não relacionados. Devido a isso, a contagem da frequência de visitas de um usuário para a detecção de seus pontos de interesse se torna infactível, levando à necessidade de desenvolver novos métodos para tal. Nesse caso, é possível identificar pontos de interesse coletivos, como pontos turísticos, que são comuns a vários usuários.

O segundo desafio quanto à detecção de pontos de interesse é a escassez de dados, seja devido a uma quantidade reduzida de usuários ou à existência de lacunas espaciais e temporais na coleta. No primeiro caso, é possível agregar mais usuários à região analisada através da fusão de dados. Quanto ao segundo, é preciso a aplicação de algoritmos de detecção que considerem a existência de lacunas, inclusive considerando-as como possíveis pontos de interesse. Adicionalmente, é possível realizar o preenchimento das lacunas existentes, resultando em trajetórias mais detalhadas e completas no tempo e espaço, tornando os resultados da detecção mais completos e acurados.

### 3.7.3. Preenchimento de lacunas

Como visto anteriormente, a capacidade dos sensores e as estratégias de coleta de dados adotadas podem levar à existência de lacunas espaciais e temporais nos dados. Essas lacunas causam uma caracterização errônea da mobilidade dos usuários e suas interações, afetando os resultados das análises baseadas nessas informações [Silva et al. 2015, Cunha et al. 2016].

As abordagens atuais para preenchimento de lacunas espaciais e temporais podem ser divididas em dois grupos: aquelas que usam métodos puramente matemáticos, como interpolação e extrapolação [Hoteit et al. 2016], e aquelas que usam algoritmos baseados em dados históricos [Chen et al. 2019, Celes et al. 2017]. Enquanto as soluções do primeiro grupo são capazes de produzir resultados satisfatórios para lacunas pequenas, suas estimativas são pouco precisas para grandes lacunas. Por sua vez, as estratégias do segundo grupo tendem a obter melhores resultados em lacunas maiores, porém ao custo da necessidade de dados históricos nem sempre disponíveis.

Quando consideramos dados de extrema esparsidade, como trajetórias em que somente os pontos de origem e destino estão disponíveis, ainda são poucas as abordagens capazes de gerar resultados [Domingues et al. 2018]. Nesse caso, é preciso definir as possíveis rotas a serem tomadas, a velocidade na qual elas serão percorridas, entre outros fatores.

### 3.7.4. Fusão de dados heterogêneos

Com os crescentes avanços no desenvolvimento de aplicações para a computação urbana, torna-se cada vez mais necessário o sensoriamento e a coleta de dados de diversas fontes diferentes, como mídias sociais, tráfego, mobilidade humana, meteorologia, pontos de interesse e outros [Zheng et al. 2014]. Mais do que servirem a propósitos isolados, os diferentes tipos de dados serão combinados e aplicados na construção de sistemas ubíquos e cientes de contexto, capazes de fornecer um vasto conjunto de serviços aos usuários, como rotas veiculares otimizadas que consideram o tráfego e o clima e recomendações personalizadas de pontos de interesse.

Para que isso ocorra, métodos de fusão de dados precisam ser utilizados. A fusão de dados pode ser homogênea, isto é, quando os dados se assemelham em suas características essenciais (e.g., dois conjuntos de dados de trajetórias de táxis), ou heterogênea, onde os conjuntos de dados descrevem eventos diferentes (e.g., um conjunto de trajetórias de táxis e um relatório de índices de tráfego). Enquanto que a fusão de dados homogênea possui implementação simples, a fusão de dados heterogênea é de complexidade elevada devido às diferentes dimensões dos dados e a assincronia dos eventos [Rettore et al. 2020]. Até o presente momento, não existem abordagens consolidadas para a fusão heterogênea de dados geoespaciais que apresentem os conceitos, métodos e ferramentas necessários.

### 3.8. Conclusão

Este capítulo apresentou um estudo aprofundado sobre dados geoespaciais e sua aplicação na extração de conhecimento e geração de valor por meio de novos produtos e serviços, permitindo a captação de novas receitas, além de avançar o estado da arte em áreas relacionadas à mobilidade, internet das coisas, computação urbana, dentre outras. Para isso, foram apresentados os conceitos teóricos e as principais técnicas e ferramentas aplicadas às etapas de coleta, armazenamento, tratamento, extração de conhecimento e visualização de dados geoespaciais.

Inicialmente, foi destacada a importância da mobilidade para o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias aplicadas a questões como controle e previsão de fluxo de trânsito, modelos de contágio, otimização de recursos de rede, dentre outras. Nesse cenário, o interesse pelo estudo e a aplicação de dados geoespaciais têm sido cada vez maior, devido à sua capacidade de representar o comportamento de mobilidade de entidades, tais como seres humanos e veículos. Porém, apesar da crescente demanda por pesquisas envolvendo esse tipo de dado, ainda não há um consenso em relação às metodologias adequadas para sua análise, devido à escassez de referências que apresentem, de forma clara, os conceitos e técnicas a serem aplicados.

Dessa maneira, visando preencher essa lacuna, a Seção 3.2 introduziu os principais conceitos relacionados aos dados geoespaciais, como as características geográficas da Terra, os sistemas de referência, as projeções espaciais e a manipulação numérica de coordenadas. A Seção 3.3 discutiu o processo de coleta de dados, com destaque para as principais fontes existentes (dispositivos GPS, *smartphones* e redes sociais baseadas em localização). Além disso, foram destacadas as características inerentes aos dados coletados, como privacidade das entidades sensoradas, granularidade, acurácia e precisão. Em seguida, a Seção 3.4 apresentou as particularidades do armazenamento de dados geoespaciais, os quais necessitam de sistemas de gerenciamento de bancos de dados, formas de representação, métodos de compactação e estruturas de indexação específicos para serem armazenados de forma eficiente. A Seção 3.5 apresentou as etapas de preparação dos dados e a extração de conhecimento. Na preparação, destacam-se as sub-tarefas de formatação, amostragem, limpeza, filtragem e agregação dos dados. Na etapa de extração de conhecimento foram detalhadas algumas aplicações, como o cálculo do raio de giro e a detecção de agrupamentos espaciais, pontos de interesse e características sociais. As técnicas de visualização de dados, juntamente com as bibliotecas e ferramentas utilizadas para a sua criação foram discutidas na Seção 3.6. Por fim, a Seção 3.7 discutiu algumas

questões em aberto no estudo e na aplicação de dados geoespaciais, com o intuito de elevar o interesse do leitor quanto a potenciais projetos de pesquisa e desenvolvimento.

## Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio da CAPES, CNPq, Cinnecta e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processos 15/24494-8 & 18/23064-8.

## Referências

- [mys 2020] (2020). MySQL :: MySQL 8.0 Reference Manual :: 11.4 Spatial Data Types. [Online; accessed 15. Apr. 2020].
- [ogc 2020] (2020). The Home of Location Technology Innovation and Collaboration | OGC. [Online; accessed 19. Apr. 2020].
- [Agafonkin 2010] Agafonkin, V. (2010). *Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*.
- [Aji et al. 2013] Aji, A., Wang, F., Vo, H., Lee, R., Liu, Q., Zhang, X., e Saltz, J. (2013). Hadoop gis: A high performance spatial data warehousing system over mapreduce. *Proc. VLDB Endow.*, 6(11):1009–1020.
- [Balasubramanian e Sugumaran 2012] Balasubramanian, L. e Sugumaran, M. (2012). A state-of-art in r-tree variants for spatial indexing. *International Journal of Computer Applications*, 42(20):35–41.
- [Barbosa et al. 2018] Barbosa, H., Barthelemy, M., Ghoshal, G., James, C. R., Lenormand, M., Louail, T., Menezes, R., Ramasco, J. J., Simini, F., e Tomasini, M. (2018). Human mobility: Models and applications. *Physics Reports*, 734:1–74.
- [Blondel et al. 2015] Blondel, V. D., Decuyper, A., e Krings, G. (2015). A survey of results on mobile phone datasets analysis. *EPJ data science*, 4(1):10.
- [Boeing 2017] Boeing, G. (2017). Osmnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. *Computers, Environment and Urban Systems*, 65:126–139.
- [Bokeh Development Team 2019] Bokeh Development Team (2019). *Bokeh: Python library for interactive visualization*.
- [Bolstad 2016] Bolstad, P. (2016). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. Eider Press, 5 edition.
- [Casanova et al. 2005] Casanova, M. A., Câmara, G., Davis, C., Vinhas, L., e Queiroz, G. R. (2005). *Banco de dados geográficos*. MundoGEO Curitiba.
- [Castro et al. 2012] Castro, P. S., Zhang, D., e Li, S. (2012). Urban traffic modelling and prediction using large scale taxi gps traces. In *International Conference on Pervasive Computing*, pages 57–72. Springer.

- [Celes et al. 2017] Celes, C., Silva, F. A., Boukerche, A., d. C. Andrade, R. M., e Loureiro, A. A. F. (2017). Improving vanet simulation with calibrated vehicular mobility traces. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 16(12):3376–3389.
- [Chen et al. 2019] Chen, G., Viana, A. C., Fiore, M., e Sarraute, C. (2019). Complete trajectory reconstruction from sparse mobile phone data. *EPJ Data Science*, 8(1):30.
- [Chen et al. 2017] Chen, G., Viana, A. C., e Sarraute, C. (2017). Towards an adaptive completion of sparse call detail records for mobility analysis. In *2017 IEEE international conference on pervasive computing and communications workshops (PerCom workshops)*, pages 302–305. IEEE.
- [Cho et al. 2011] Cho, E., Myers, S. A., e Leskovec, J. (2011). Friendship and mobility: user movement in location-based social networks. In *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pages 1082–1090.
- [Choi et al. 2017] Choi, H. J., Hecht, M., e Smith, R. A. (2017). Investigating the potential impact of social talk on prevention through social networks: The relationships between social talk and refusal self-efficacy and norms. *Prevention Science*, 18(4):459–468.
- [Claudia Dolci 2010] Claudia Dolci, Dante Salvini, M. S. R. W. (2010). [Online; accessed 19. Apr. 2020].
- [Coimbra et al. 2019] Coimbra, G. T., Capanema, C. G. S., Silva, F. A., e Silva, T. R. B. (2019). Appel: Uma extensao do kepler para enriquecimento de dados geoespaciais. *GEOINFO, 20 Years After!*, page 176.
- [Cunha et al. 2016] Cunha, F. D., Silva, F. A., Celes, C., Maia, G., Ruiz, L. B., Andrade, R. M. C., Mini, R. A. F., Boukerche, A., e Loureiro, A. A. F. (2016). Communication analysis of real vehicular calibrated traces. In *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pages 1–6.
- [de Melo et al. 2015] de Melo, P. O. V., Viana, A. C., Fiore, M., Jaffrès-Runser, K., Le Mouël, F., Loureiro, A. A., Addepalli, L., e Guangshuo, C. (2015). Recast: Telling apart social and random relationships in dynamic networks. *Performance Evaluation*, 87:19–36.
- [De Montjoye et al. 2013] De Montjoye, Y.-A., Hidalgo, C. A., Verleysen, M., e Blondel, V. D. (2013). Unique in the crowd: The privacy bounds of human mobility. *Scientific reports*, 3:1376.
- [Developers 2020] Developers, P. (2020). PostGIS — Documentation. [Online; accessed 15. Apr. 2020].
- [Domingues et al. 2018] Domingues, A. C. S. A., Silva, F. A., e Loureiro, A. A. F. (2018). Space and time matter: An analysis about route selection in mobility traces. In *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, pages 00958–00963.



- [Duckham e Kulik 2005a] Duckham, M. e Kulik, L. (2005a). A formal model of obfuscation and negotiation for location privacy. In *International conference on pervasive computing*, pages 152–170. Springer.
- [Duckham e Kulik 2005b] Duckham, M. e Kulik, L. (2005b). Simulation of obfuscation and negotiation for location privacy. In *International conference on spatial information theory*, pages 31–48. Springer.
- [Ekman et al. 2008] Ekman, F., Keränen, A., Karvo, J., e Ott, J. (2008). Working day movement model. In *Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE workshop on Mobility models*, pages 33–40.
- [Finkel e Bentley 1974] Finkel, R. A. e Bentley, J. L. (1974). Quad trees a data structure for retrieval on composite keys. *Acta informatica*, 4(1):1–9.
- [Firestone et al. 2011] Firestone, S. M., Ward, M. P., Christley, R. M., e Dhand, N. K. (2011). The importance of location in contact networks: Describing early epidemic spread using spatial social network analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 102(3):185 – 195. Special Issue: GEOVET 2010.
- [Gao 2015] Gao, S. (2015). Spatio-temporal analytics for exploring human mobility patterns and urban dynamics in the mobile age. *Spatial Cognition & Computation*, 15(2):86–114.
- [González et al. 2008] González, M. C., Hidalgo, C. A., e Barabási, A.-L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453(7196):779–782.
- [Gu et al. 2016] Gu, Y., Yao, Y., Liu, W., e Song, J. (2016). We know where you are: Home location identification in location-based social networks. In *2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*, pages 1–9. IEEE.
- [Guttman 1984] Guttman, A. (1984). R-trees: A dynamic index structure for spatial searching. In *Proceedings of the 1984 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, pages 47–57.
- [Hess et al. 2015] Hess, A., Hummel, K. A., Gansterer, W. N., e Haring, G. (2015). Data-driven human mobility modeling: a survey and engineering guidance for mobile networking. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 48(3):1–39.
- [Hoteit et al. 2016] Hoteit, S., Chen, G., Viana, A., e Fiore, M. (2016). Filling the gaps: On the completion of sparse call detail records for mobility analysis. In *Proceedings of the Eleventh ACM Workshop on Challenged Networks*, pages 45–50. ACM.
- [Hung et al. 2009] Hung, C.-C., Chang, C.-W., e Peng, W.-C. (2009). Mining trajectory profiles for discovering user communities. In *Proceedings of the 2009 International Workshop on Location Based Social Networks*, pages 1–8.
- [Ingole e Nichat 2013] Ingole, P. e Nichat, M. M. K. (2013). Landmark based shortest path detection by using dijkstra algorithm and haversine formula. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(3):162–165.

- [Johnson e Watson 1984] Johnson, G. T. e Watson, I. D. (1984). The determination of view-factors in urban canyons. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23(2):329–335.
- [Jurdak et al. 2015] Jurdak, R., Zhao, K., Liu, J., AbouJaoude, M., Cameron, M., e Newth, D. (2015). Understanding human mobility from twitter. *PloS one*, 10(7):e0131469–e0131469.
- [Kang et al. 2004] Kang, J. H., Welbourne, W., Stewart, B., e Borriello, G. (2004). Extracting places from traces of locations. In *Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Wireless mobile applications and services on WLAN hotspots*, pages 110–118. ACM.
- [Kolar et al. 2014] Kolar, V., Ranu, S., Subramanian, A. P., Shrinivasan, Y., Telang, A., Kokku, R., e Raghavan, S. (2014). People in motion: Spatio-temporal analytics on call detail records. In *2014 Sixth International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS)*, pages 1–4. IEEE.
- [Kosta et al. 2012] Kosta, S., Mei, A., e Stefa, J. (2012). Large-scale synthetic social mobile networks with swim. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 13(1):116–129.
- [Krumm 2009] Krumm, J. (2009). A survey of computational location privacy. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(6):391–399.
- [Li et al. 2008] Li, Q., Zheng, Y., Xie, X., Chen, Y., Liu, W., e Ma, W.-Y. (2008). Mining user similarity based on location history. In *Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems*, pages 1–10.
- [Li et al. 2016] Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., Pettit, C., Jiang, B., Haworth, J., Stein, A., et al. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115:119–133.
- [Lisboa Filho e Iochpe 2001] Lisboa Filho, J. e Iochpe, C. (2001). Modelagem de bancos de dados geográficos. In *Apostila do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre*.
- [Liu et al. 2016] Liu, K., Wang, H., e Yao, Y. (2016). On storing and retrieving geospatial big-data in cloud. In *Proceedings of the Second ACM SIGSPATIAL International Workshop on the Use of GIS in Emergency Management, EM-GIS '16*, pages 16:1–16:4, New York, NY, USA. ACM.
- [Longley et al. 2005] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., e Rhind, D. W. (2005). *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons.
- [Maouche et al. 2017] Maouche, M., Mokhtar, S. B., e Bouchenak, S. (2017). Ap-attack: a novel user re-identification attack on mobility datasets. In *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*, pages 48–57. ACM.

- [Marino 2012] Marino, T. (2012). [Online; accessed 15. Apr. 2020].
- [Marques-Neto et al. 2018] Marques-Neto, H. T., Xavier, F. H., Xavier, W. Z., Malab, C. H. S., Ziviani, A., Silveira, L. M., e Almeida, J. M. (2018). Understanding human mobility and workload dynamics due to different large-scale events using mobile phone data. *Journal of Network and Systems Management*, 26(4):1079–1100.
- [Massey Jr 1951] Massey Jr, F. J. (1951). The kolmogorov-smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American statistical Association*, 46(253):68–78.
- [Montazeri et al. 2017] Montazeri, Z., Houmansadr, A., e Pishro-Nik, H. (2017). Achieving perfect location privacy in wireless devices using anonymization. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 12(11):2683–2698.
- [Morales et al. 2017] Morales, A. J., Vavilala, V., Benito, R. M., e Bar-Yam, Y. (2017). Global patterns of synchronization in human communications. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(128):20161048.
- [Morton 1966] Morton, G. M. (1966). A computer oriented geodetic data base and a new technique in file sequencing.
- [Motlagh et al. 2016] Motlagh, N. H., Taleb, T., e Arouk, O. (2016). Low-altitude unmanned aerial vehicles-based internet of things services: Comprehensive survey and future perspectives. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(6):899–922.
- [Naboulsi et al. 2016] Naboulsi, D., Fiore, M., Ribot, S., e Stanica, R. (2016). Large-scale mobile traffic analysis: a survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1):124–161.
- [Newson e Krumm 2009] Newson, P. e Krumm, J. (2009). Hidden markov map matching through noise and sparseness. In *Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information systems*, pages 336–343.
- [Oracle 2020] Oracle (2020). Spatial and Graph features in Oracle Database | Oracle. [Online; accessed 15. Apr. 2020].
- [Praveen et al. 2016] Praveen, P., Babu, C. J., e Rama, B. (2016). Big data environment for geospatial data analysis. In *2016 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, pages 1–6.
- [QGIS Development Team 2009] QGIS Development Team (2009). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation.
- [Rettore et al. 2020] Rettore, P. H., Santos, B. P., Lopes, R. R. F., Maia, G., Villas, L. A., e Loureiro, A. A. (2020). Road data enrichment framework based on heterogeneous data fusion for its. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(4):1751–1766.
- [Sakai et al. 2014] Sakai, T., Tamura, K., e Kitakami, H. (2014). Extracting attractive local-area topics in georeferenced documents using a new density-based spatial clustering algorithm. *IAENG International Journal of Computer Science*, 41(3):185–192.

- [Santos et al. 2018] Santos, B. P., Rettore, P. H., Ramos, H. S., Vieira, L. F., e Loureiro, A. A. (2018). Enriching traffic information with a spatiotemporal model based on social media. In *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, pages 00464–00469. IEEE.
- [Shavitt e Zilberman 2011] Shavitt, Y. e Zilberman, N. (2011). A geolocation databases study. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 29(10):2044–2056.
- [Shimrat 1962] Shimrat, M. (1962). Algorithm 112: position of point relative to polygon. *Communications of the ACM*, 5(8):434.
- [Shukla et al. 2016] Shukla, D., Chirag Shivnani, C., e Shah, D. (2016). Comparing oracle spatial and postgres postgis. *IJCSE*, 7:95–100.
- [Silva et al. 2015] Silva, F. A., Celes, C., Boukerche, A., Ruiz, L. B., e Loureiro, A. A. (2015). Filling the gaps of vehicular mobility traces. In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, pages 47–54.
- [Song et al. 2010] Song, C., Qu, Z., Blumm, N., e Barabási, A.-L. (2010). Limits of predictability in human mobility. *Science*, 327(5968):1018–1021.
- [Takbiri et al. 2017] Takbiri, N., Houmansadr, A., Goeckel, D. L., e Pishro-Nik, H. (2017). Limits of location privacy under anonymization and obfuscation. In *2017 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)*, pages 764–768.
- [Teixeira et al. 2019] Teixeira, D. d. C., Viana, A. C., Alvim, M. S., e Almeida, J. M. (2019). Deciphering predictability limits in human mobility. In *Proceedings of the 27th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, pages 52–61.
- [Tong et al. 2011] Tong, X., Wang, Z., Xie, H., Liang, D., Jiang, Z., Li, J., e Li, J. (2011). Designing a two-rank acceptance sampling plan for quality inspection of geospatial data products. *Computers & geosciences*, 37(10):1570–1583.
- [Tran et al. 2013] Tran, K. A., Barbeau, S. J., e Labrador, M. A. (2013). Automatic identification of points of interest in global navigation satellite system data: A spatial temporal approach. In *Proceedings of the 4th ACM SIGSPATIAL international workshop on geostreaming*, pages 33–42.
- [Uber 2015] Uber (2015). *H3: A hexagonal hierarchical geospatial indexing system*.
- [Vis.gl 2018] Vis.gl (2018). *Kepler.gl: a powerful open source geospatial analysis tool for large-scale data sets*.
- [Wang e Song 2015] Wang, D. e Song, C. (2015). Impact of human mobility on social networks. *Journal of Communications and Networks*, 17(2):100–109.
- [Wang e Taylor 2014] Wang, Q. e Taylor, J. E. (2014). Quantifying human mobility perturbation and resilience in hurricane sandy. *PLoS one*, 9(11).

- [Whitman et al. 2014] Whitman, R. T., Park, M. B., Ambrose, S. M., e Hoel, E. G. (2014). Spatial indexing and analytics on hadoop. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, pages 73–82. ACM.
- [Yu et al. 2015] Yu, J., Wu, J., e Sarwat, M. (2015). Geospark: A cluster computing framework for processing large-scale spatial data. In *Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, page 70. ACM.
- [Zhang et al. 2020] Zhang, J., Yang, C., Yang, Q., Lin, Y., e Zhang, Y. (2020). Hgeohashbase: an optimized storage model of spatial objects for location-based services. *Frontiers of Computer Science*, 14(1):208–218.
- [Zheng et al. 2014] Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O., e Yang, H. (2014). Urban computing: concepts, methodologies, and applications. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 5(3):1–55.

## Capítulo

# 4

## Groupware 4.0: Avanços e Desafios da Computação Social

Ana Cristina B. Garcia, Vaninha Vieira, Adriana S. Vivacqua, Juliana B. S. França, e Angelica F. S. Dias

### *Abstract*

*Social Computing refers to studies of the social dynamics of interaction and collaboration and their computational support. In a globalized world, people interact and collaborate frequently, with different, heterogeneous groups, geographically dispersed, of varying size and nature. The fourth industrial revolution introduces ways of working that directly impact intra- and inter-organizational collaboration: more fluidity in organizational processes, intelligent robots, sophisticated sensors (including human sensors) and analysis of large volumes of data, increase the possibilities for group formation and diversity, and expand the perception of the group's work. In this course we present concepts and technologies related to Social Computing, advances and research opportunities in the area. We introduce the concept of Groupware 4.0 as an evolution of collaboration technologies, connected to new demands of collaborative work and learning.*

### *Resumo*

*A Computação Social abrange estudos sobre dinâmicas sociais de interação e colaboração, e o suporte computacional às mesmas. No mundo globalizado, as pessoas interagem e colaboram cada vez mais, com grupos heterogêneos, geograficamente dispersos, de tamanho e natureza variáveis. A quarta revolução industrial introduz formas de trabalho que impactam diretamente na colaboração intra e inter organizacionais: maior fluidez nos processos, robôs inteligentes, sensores sofisticados (incluindo sensores humanos) e análises de grandes volumes de dados ampliam as possibilidades de formação e diversidade dos grupos, e a percepção da colaboração. Nesse curso apresentamos conceitos e tecnologias relacionados à Computação Social, avanços e oportunidades de pesquisa na área, e introduzimos o conceito de Groupware 4.0 como a evolução das tecnologias de colaboração conectadas às novas demandas de trabalho e aprendizagem em grupo.*

In the long history of humankind (and animal kind, too) those who learned to collaborate and improvise most effectively have prevailed

---

*The Origin of Species*  
Charles Darwin

#### 4.1. Introdução

As novas tecnologias de informação e comunicação têm viabilizado, cada vez mais, a interação e colaboração entre pessoas. Torna-se comum a formação de grupos produtivos de trabalho compostos por participantes dispersos geograficamente, sujeitos a diferenças culturais e trabalhando em fusos horários distintos. Já são realidade soluções que envolvem a coletividade e participação dos cidadãos, de forma identificada ou anonimamente, e que permitem trabalhos cada vez mais criativos. Sistemas computacionais inteligentes também surgem como parte integrante dos grupos. Atualmente, qualquer grupo, pequeno ou grande, formal ou informal, trabalhando nas tarefas mais diversas, pode colaborar em diferente tempo e espaço, com o suporte de ferramentas populares como *Whatsapp*, *Zoom*, *Google Drive*, e/ou usando mídias sociais como *Instagram* ou *Twitter*. No entanto, mesmo com os muitos avanços tecnológicos, ainda existem desafios e oportunidades de pesquisa relacionadas à área da Computação Social.

*Computação Social* refere-se às aplicações onde o software é intermediário ou o foco de um relacionamento social [Schuler 1994, Erickson 2013]. Esta definição é suficientemente abrangente para incluir desde a comunicação entre pessoas em ambientes compartilhados (e.g., jogos, fóruns, salas de aula), até o desenvolvimento colaborativo de software, indo do trabalho formal ao entretenimento. O estudo em Computação Social envolve não apenas conhecimentos da área da Computação, mas também de áreas como Ciências Sociais, Psicologia, Administração, entre outras. Ao estudar tecnologias que conectam pessoas e desenvolver sistemas computacionais que apoiam e fortalecem a interação social, faz-se necessário também compreender melhor o ser humano e como ele se (inter-) relaciona em grupos.

A Computação Social considera dois níveis de tratamento da informação: indivíduos e coletivos sociais [Erickson 2013]. No nível individual, temos as informações que caracterizam pessoas, revelam suas “identidades”, não no sentido de expor a sua privacidade, mas, ainda que anonimamente, tratam de informações que distinguem os seres uns dos outros, e tornam um determinado indivíduo único. Os indivíduos se associam uns aos outros em coletivos sociais, que podem ser equipes, comunidades, organizações, mercados, cooperativas, consórcios, entre outros. Nesse caso, importa quem está associado com quem, e como e porque estas pessoas se relacionam, ainda que não se conheçam pessoalmente. Esta associação pode ser indireta, ocasionada por interesses em comum. Como forma de descrever como as pessoas se unem em coletivos sociais, em [Erickson 2013], Elizabeth Churchill destaca 8Cs: *cooperação*, *colaboração*, *comunicação*, *conversa*, *competição*, *congregação* e *coletivo*, e a palavra inventada *coopetição*, uma mistura de cooperação e competição. Além destas, o modelo 3C [Fuks et al. 2008] traz um nono C: *coordenação*.

Nas pesquisas relacionadas à Computação Social, podemos encontrar duas grandes vertentes: (i) o estudo e desenvolvimento de tecnologias (sistemas) de apoio a atividades inerentemente sociais (que envolvem a interação entre pares), e (ii) a geração de valor através da agregação do trabalho de grande número de pessoas [Wang et al. 2007], por vezes também chamada de *Inteligência Coletiva*. No primeiro caso, a construção de sistemas computacionais contempla e visa atender a diferentes formas de interação social, em diferentes domínios, localidades, culturas e configurações do trabalho em grupo, para problemas diversos. No segundo caso, o produto é a coleta e análise de dados gerados pelo uso em grande escala das tecnologias, permitindo compreender melhor o comportamento da sociedade, e levantar padrões de interação social. Ambas estão calcadas em conceitos fundamentais de sistemas colaborativos, como a comunicação, coordenação e cooperação. Além destes elementos de base, técnicas como a inteligência artificial e a computação ubíqua se mostram muito valiosas neste cenário, e aparecem com frequência em estudos e sistemas de Computação Social. Essas técnicas são usadas tanto para entender/estudar os comportamentos de grupos quanto para processar o trabalho do grupo, chegando a resultados melhores do que poderia ser feito de forma individual.

Na vertente de desenvolvimento de sistemas, podemos, ainda, subdividir em sistemas colaborativos de propósito geral ou de propósito específico. Os de propósito geral apoiam grupos em tarefas essenciais relacionadas à comunicação, cooperação, e coordenação do grupo. Nesse caso, abstrai-se as características internas de um grupo particular, o negócio ou objetivo em comum que visam alcançar. Por exemplo, para apoiar a *comunicação* existem os sistemas de mensagem instantânea (e.g. *Whatsapp*, *Telegram*, *Facebook Messenger*) ou de vídeo conferência (e.g. *Zoom*, *Skype*, *Google Meets*); para apoiar a *coordenação*, existem sistemas de gestão de tarefas e fluxo de trabalho (e.g. *Asana*, *Slack*) ou de gestão de projetos (e.g. *Trello*, *Basecamp*, *Jira*); e para apoiar a *cooperação* existem sistemas de edição compartilhada (e.g. *Google Docs*, *Microsoft Office 365*), geração compartilhada de conteúdo (e.g. *Wikipedia*), ou criação colaborativa de software (e.g. *GitHub*). Os sistemas colaborativos de propósito específico são aqueles desenvolvidos tendo em mente um determinado grupo ou domínio particular, e que atendem àquele negócio específico, por exemplo o sistema *Uber*, que apoia a conexão entre motoristas e passageiros para realizar caronas colaborativas, ou o *Waze*, que conecta diferentes motoristas, que se apoiam informando a situação das vias por onde trafegam. A Computação Social surge em resposta a estes avanços tecnológicos, para estudar e entender essas novas tecnologias e suas implicações na sociedade, e trazendo teorias para embasar a construção de novos sistemas.

Em relação à segunda vertente, um exemplo clássico é o ranqueamento de páginas (*PageRank*) [Brin and Page 1998], algoritmo de classificação de páginas web, que tornou a *Google* uma das gigantes do mercado de tecnologia da informação, há 20 anos. O *PageRank* avalia a importância de uma página web em função do número de páginas que apontam para ela (considerando como peso, também, a importância dessas páginas). Considerando o aspecto humano, *PageRank* interpreta o ato de criar um link para uma página como um indicador de que o usuário dá importância a esta página [Erickson 2013]. Assim, ao extrair e agregar resultados de um grande volume de julgamentos humanos de importância (expressos através da criação de links), *PageRank* determina a ordem em que as páginas devem ser exibidas. Embora simples enquanto ideia, o resultado é im-



pressionante, ao ponto do *PageRank* ter revolucionado os mecanismos de busca na Web. Você se lembra como funcionavam esses mecanismos antes do surgimento da *Google*? Outro exemplo clássico é o sistema de recomendação da *Amazon*, que usa mecanismos da Computação Social para recomendar um produto, com base no padrão de compras de usuários similares, por meio de filtragem colaborativa. A filtragem colaborativa é uma técnica que permite filtrar itens nos quais um usuário possa se interessar, com base na reação de usuários similares.

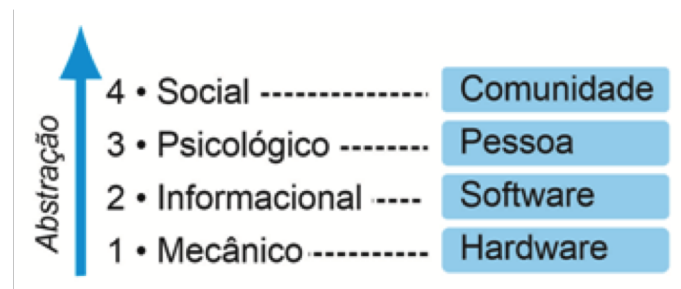
A revolução da maneira de definir e trabalhar em grupo aliada às tecnologias de colaboração amplamente disponíveis trazem a necessidade de entender o estado da arte das ferramentas, modelos e processos de trabalho em grupo nessa nova configuração da sociedade. Torna-se, ainda, necessário aprender e validar métodos de pesquisa nessa área. Este curso tem por objetivo apresentar o estado da arte da área de Computação Social, discutir o que caracteriza uma pesquisa nessa área, no que tange a aspectos tecnológicos e das interações sociais, apresentar características e desafios para o trabalho em grupo à luz das demandas de dois estudos de caso: a Indústria 4.0 e a Educação 4.0. Por fim, fundamentar o que chamamos de *Groupware* 4.0, como a evolução das tecnologias de colaboração que visam acelerar a produtividade e criatividade dos grupos. Ao final do curso esperamos despertar nos participantes o interesse em atuar mais ativamente na comunidade brasileira de sistemas colaborativos, ajudando a alavancar pesquisas e inovação nesta área. Além dos objetivos conceituais do curso, esperamos fortalecer a rede de colaboração neste tema, identificando interesses relacionados ao contexto social dos pesquisadores da área.

## 4.2. Computação Social

Ao falar de Computação Social, pensamos em como os sistemas computacionais apoiam as interações sociais, que são fundamentais no nosso modo de vida, trabalho e diversão. Sistemas normalmente fazem isso ao prover mecanismos de comunicação através dos quais é possível interagir e trocar informações, e através da captura, processamento e apresentação de informações sobre interações e ações passadas para alavancar interações futuras [Erickson 2013]. A área de Computação Social dialoga com disciplinas como Sociologia, Educação, Psicologia, Comunicação, Inteligência Artificial e Tecnologias da Informação. Atualmente, é possível observar forte crescimento da Computação Social, movida pela popularização das mídias sociais e tecnologias colaborativas.

Conforme discutido em [Whitworth and Ahmad 2013], a base para o projeto de sistemas de Computação Social (também chamados de sistemas sócio-técnicos) é a teoria dos sistemas, que abrange sistemas de hardware (mecânico), software (informacional), pessoal (cognitivo, psicológico) e comunidade (social), conforme ilustra a Figura 4.1. Por essa perspectiva, a computação começa no nível mecânico, envolve o nível informacional, e então adquire níveis humanos e de comunidade.

A evolução computacional implica, também, em uma hierarquia de requisitos [Whitworth and Ahmad 2013], sumarizada na Tabela 4.1. Se o hardware funciona, então criar software torna-se a prioridade; se o software funciona, apoiar as necessidades cognitivas do usuário ganha mais importância; quando as necessidades do usuário são supridas, seguem os requisitos sociais, da comunidade. De forma concreta, quando pro-



**Figura 4.1. Níveis de abstração em Projetos Socio-Técnicos (extraído de [Whitworth and Ahmad 2013], Figura 24.4).**

blemas de super aquecimento de hardware são resolvidos, os problemas de bloqueio de dados passam a ser mais importantes; quando o tempo de resposta do software melhora, o tempo de resposta do usuário torna-se a grande questão e quando os requisitos de satisfação do usuário são atingidos, surgem os requisitos sociais, das comunidades de usuários, como justiça e sinergia. Assim, os níveis mais baixos da Figura 4.1 são essenciais para evitar falhas do sistema, enquanto que os níveis mais altos são essenciais para o sucesso do sistema. Redes sociais, por exemplo, dependem da formação de comunidades para serem bem sucedidas: se nenhuma comunidade se formar, não importa se o software é fácil, rápido e confiável, o sistema não alcançará o objetivo para o qual foi projetado.

**Tabela 4.1. Hierarquia de requisitos dos sistemas socio-técnicos (adaptado de [Whitworth and Ahmad 2013], Tabelas 24.1 e 24.2).**

Nível	Disciplina	Exemplos	Requisitos	Erros
Comunidade	Sociologia	Normas, cultura, leis, espírito do tempo, sanções, papéis	Reduzir a sobrecarga da comunidade e conflitos. Aumentar a produtividade, sinergia, justiça, liberdade, privacidade e transparência.	Injustiça, escravidão, egoísmo, apatia, corrupção, falta de privacidade.
Indivíduo	Psicologia	Semântica, atitudes, crenças, sentimentos, ideias	Reduzir a sobrecarga cognitiva e conflitos. Aumentar a eficiência da transferência de significado.	Usuário não entende, desiste, se distrai ou entra os dados incorretamente.
Informação	Ciência da Computação	Programas, dados, largura de banda, memória	Reduzir a sobrecarga de informações e conflitos. Aumentar a eficiência do processamento, armazenamento ou transferência dos dados	Interrupção do processamento, armazenamento de dados cheio, sobrecarga da rede, conflitos de dados.
Mecânico / Eletrônico	Engenharia	Hardware, placa mãe, telefone, FAX	Reduzir o calor físico ou sobrecarga de força. Aumentar a eficiência de calor ou força.	Superaquecimento, fraturas ou quebras mecânicas, vazamento de calor, engarrafamento.

#### 4.2.1. Evolução e Histórico

Ao longo do tempo, pesquisadores da área de Computação Social perceberam que a simples construção de sistemas computacionais não era suficiente para o desenho de soluções

apropriadas para apoiar a colaboração: era necessário entender como as pessoas trabalham em equipes e organizações e como a tecnologia afeta este trabalho [Grudin 1994]. Nesta seção, apresentamos algumas definições para conceitos básicos relacionados à Computação Social, bem como aspectos históricos. Discutimos a definição de Trabalho Colaborativo Apoiado por Computador (do inglês, *Computer Supported Cooperative Work*, ou CSCW), de onde surgiu, pesquisas originais, e as questões que a tornam uma área diferente de outras que estudam aspectos humanos e sociais, como Interação Humano Computador ou Sistemas de Informação. Cabe notar que Doug Engelbart é considerado precursor desta área, pois vinha trabalhando em sistemas de apoio à colaboração desde os anos 60, na Xerox PARC [Grudin 2008].

O desenvolvimento de tecnologias de apoio à colaboração antecede a criação do termo CSCW [Schmidt 2011]. Muitas das tecnologias fundamentais da computação (interconexão de computadores, processamento de transações em tempo real, computação interativa) foram desenvolvidas na década de 1950 para facilitar o trabalho cooperativo em larga escala. As primeiras aplicações destas tecnologias foram em domínios de defesa aérea ou reserva de companhia aérea, fornecendo a trabalhadores distribuídos acesso a uma representação digital compartilhada [O'Neill 1993]. Com base nessas tecnologias, pesquisadores como Murray Turoff construíram sistemas experimentais de “conferência por computador” no início dos anos 70 que, em aspectos fundamentais, anteciparam o Chat, os Blogs e outras formas de mídia social [Schmidt and Bannon 2013].

Ainda nos anos 70, observa-se a introdução de minicomputadores em empresas, o que criou novas possibilidades de apoio ao trabalho em equipe e maior interação. Da mesma forma, o correio eletrônico e a computação distribuída foram desenvolvidos em 1965 por técnicos de informática para apoiar seus próprios trabalhos no desenvolvimento de sistemas de compartilhamento de operações, e foram portados para a computação em rede assim que as primeiras conexões entre os computadores da ARPANET entraram em operação [Abbate 2000, Schmidt and Bannon 2013].

Nos anos 80 e 90, grande parte das pesquisas dava ênfase a equipes e grupos em organizações, e buscava aprimorar a comunicação, coordenação e cooperação entre as equipes. A maior parte destas equipes, além de trabalhar em proximidade, era constituída por poucas pessoas. Estas abordagens voltadas para tecnologias de apoio a pequenos grupos organizacionais também era chamada de *Workgroup Computing* [Koch et al. 2015]. Nessa época, já eram estudadas tecnologias de apoio ao trabalho remoto síncrono, via videoconferência e/ou compartilhamento de telas, à medida que a tecnologia de redes se desenvolvia. Um dos temas dominantes no final dos anos 90 foi o de percepção de contexto para apoiar o trabalho em equipes remotas [Gutwin and Greenberg 2002]. Com o fortalecimento das infraestruturas de rede e computação, novas formas de interação passaram a ser possíveis, e as pesquisas voltaram-se também para colaboração em jogos e entretenimento. Blogs e Wikis tornaram-se foco de pesquisas, enfatizando o aspecto de comunidade: construções coletivas, muitas vezes sem retorno claro aos autores ou objetivos de trabalho mostraram que comunidades e grupos semi-estruturados de pessoas também podem gerar valor, como no caso da *Wikipedia* e de software abertos. A colaboração nestas comunidades até hoje é objeto de muitos estudos na área.

A grande disseminação da internet e de sistemas de redes sociais a partir de mea-

dos dos anos 2000, levou a uma nova expansão na área: o acesso e conexão de um número muito grande de participantes em paralelo, conectando-se uns com os outros, viabilizou a formação de comunidades por amizade ou por afinidade temática, onde antes a localização e a proximidade eram determinantes. Na mesma época, o acesso a tecnologias móveis teve grande expansão, trazendo acesso e conectividade a pessoas que antes não o tinham. Hoje, sistemas baseados em conexões sociais, como *Facebook*, *Instagram* ou *Twitter*, e aplicativos de comunicação instantânea como o *Whatsapp* e o *Telegram* permitem que indivíduos se conectem e troquem informações de forma muito rápida. Por serem baseados em grupos de pessoas que têm alguma ligação pessoal ou afinidade por algum tema, estes grupos rapidamente se tornaram populares, e hoje têm forte impacto social, a ponto de interferir diretamente em questões de extrema importância para a sociedade, como o resultado de processos eleitorais [Garrett 2019]. Estas ferramentas impulsionaram novas estruturas de organização interpessoal, onde influenciadores e seguidores se comunicam em grupos formados espontaneamente, e não necessariamente voltados para o trabalho formal. Estas mudanças trouxeram consigo uma renovação da área de CSCW, e a discussão do termo Computação Social, em uma definição mais abrangente, que vai além da preocupação com trabalho colaborativo e passa a preocupar-se também com o estabelecimento de ligações interpessoais para diversão, socialização ou ativismo [Schmidt 2011] [Koch et al. 2015].

Ainda nos anos 2000, houve o surgimento de sistemas que não necessariamente envolvem interações sociais, mas múltiplas interações individuais em grande escala. Nestes, os resultados das atividades individuais, quando agregadas, formam uma base para novos serviços não apenas para os usuários, mas também para os sistemas. Exemplos dessa dinâmica pode ser observados na Amazon através do: (i) uso do histórico de compras do usuário para recomendação de novos produtos que rotineiramente são comprados por usuários com perfil semelhantes; e (ii) solicitação dos dados dos usuários para que o sistema possa usá-los para classificações da Amazon. Este tipo de processamento, por vezes chamado de Inteligência Coletiva [Malone et al. 2009] também cabe no escopo da Computação Social.

#### **4.2.2. Fundamentos de *Groupware***

A Computação Social se baseia no uso de tecnologias para interação e colaboração entre usuários [Chamoso et al. 2019], sistemas que têm por objetivo facilitar a comunicação e a cooperação entre usuários, estejam eles no mesmo local ou em locais diferentes [Beckmann and Gross 2014] e trabalhando ao mesmo tempo (trabalho síncrono) ou em diferentes momentos (trabalho assíncrono).

O termo *Groupware* descreve sistemas que apoiam processos de grupo, remotos ou não [Greif 1988, Grudin 1994]. São sistemas computacionais projetados para dar suporte ao trabalho em grupo [Johnson-Lentz and Johnson-Lentz 1982], também conhecidos como Sistemas Colaborativos. Dessa forma, *Groupware* refere-se à tecnologia que dá suporte às diferentes variações de trabalho em grupo, sistemas e aplicações que apoiam processos de grupo. Segundo [Ellis et al. 1991], o objetivo de *Groupware* é auxiliar na comunicação, colaboração e coordenação de atividades de grupos. Dessa forma, *Groupware* apoia grupos de pessoas engajadas numa tarefa (ou com um objetivo) comum e provê uma interface para um ambiente compartilhado. Exemplos de *Groupware* incluem ferramentas

de correio eletrônico, videoconferência, compartilhamento de arquivos, editores colaborativos e sites de relacionamentos.

Três grandes pilares viabilizam o trabalho em grupo (Colaboração): Comunicação, Coordenação e Cooperação [Ellis et al. 1991]. Esta classificação veio a ser conhecida como o Modelo 3C de Colaboração. Anos depois, o modelo foi estendido para incluir o papel da percepção (*Awareness*) do indivíduo das relações e do trabalho colaborativo [Fuks et al. 2005]. Para colaborar, os indivíduos precisam trocar informações, se organizar e operar em conjunto em um espaço compartilhado. As trocas de mensagens que ocorrem durante a Comunicação geram compromissos que são gerenciados pela Coordenação. Esta, por sua vez, organiza e dispõe as tarefas que são executadas na Cooperação. Ao cooperar, os indivíduos têm necessidade de se comunicar para negociar e para tomar decisões sobre situações inicialmente não previstas. A Percepção representa a transferência implícita de informações sobre o grupo, que por sua vez dá maior fluidez ao trabalho, ao facilitar a coordenação do grupo.

A Figura 4.2 apresenta as relações esquemáticas envolvidas no modelo 3C. A Comunicação pode tomar várias formas: troca de mensagens, argumentação e negociação entre pessoas; a Coordenação inclui o gerenciamento de pessoas, atividades e recursos e a Cooperação é a ação conjunta em espaço compartilhado para a produção de objetos e informações [Fuks et al. 2008, Fuks et al. 2011]. Este espaço pode ser um espaço virtual, pasta compartilhada, mesa digital ou qualquer outro tipo de espaço onde o trabalho seja realizado por um grupo de pessoas. Através da Percepção, o indivíduo se mantém informado sobre o andamento do trabalho do grupo: como está o andamento global, sobre o que as outras pessoas estão conversando, no que elas estão trabalhando, qual o objetivo de cada um e seu papel no contexto de trabalho e que informações são necessárias para seu trabalho [Gutwin and Greenberg 2002]. Cabe ressaltar que a percepção pode ter natureza informal, como perceber que um participante está demorando mais que o usual para responder ou entregar seu trabalho.

O Modelo 3C e o conceito de *Groupware*, se mantêm presentes no contexto da Computação Social. Os pilares da colaboração continuam existindo, mas os problemas aumentam dado o tamanho dos grupos (maiores dificuldades em todos os aspectos), a fluidez do trabalho (requer novas formas de organização e controle), e o fato de ser distribuído e remoto, o que gera problemas operacionais que demandam novos espaços para cooperação.

#### 4.2.3. Exemplos de *Groupware*

Duffy [Duffy 2019] apresenta um comparativo de aplicações de colaboração para 2020, disponíveis comercialmente, classificadas nas seguintes categorias:

- **Aplicativos de múltiplos propósitos:** Nesta categoria se encaixam os aplicativos que apoiam o grupo de múltiplas formas, e portanto, não servem apenas a um propósito no trabalho em grupo. Estas ferramentas integram funcionalidades diversas, como gestão de fluxo de trabalho, comunicação, kanban, gerência da equipe, e outras. *Podio* e *Asana* são exemplos desta categoria.
- **Gestão de Projetos e Recursos:** Nessa categoria estão ferramentas voltadas para

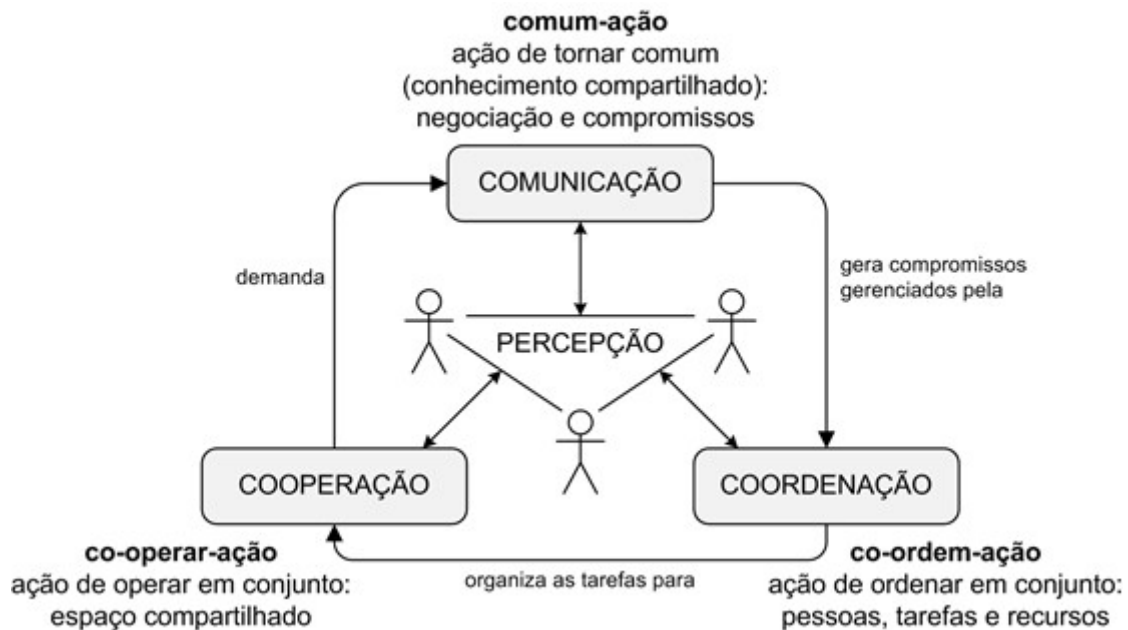


Figura 4.2. Modelo 3C [Fuks et al. 2011].

apoiar a Coordenação da equipe. Dentre as funcionalidades existentes, podemos citar gráficos de *Gantt* interativos, para gerenciar o cronograma e cumprimento de tarefas e prazos, numa visão integrada de todos os colaboradores da equipe, bem como relatórios integrados e sumarizados com desempenhos individuais e da equipe, ao longo do tempo. Como exemplos destes aplicativos, [Duffy 2019] destaca *Zoho Projects* e *Liquid Planner*, e também cita a *TeamWork Projects*.

- **Gestão de Tarefas e de Fluxos de Trabalho:** Essa categoria refere-se às ferramentas que apoiam a gestão das tarefas, e do fluxo de trabalho. Com isso, ajudam as equipes a gerenciar o que precisa ser realizado, quem está alocado a qual tarefa, em que estágio encontra-se o trabalho, e que atividade precisa ser realizada a seguir. A diferença destas para as ferramentas de apoio à gestão do projeto, é que a gestão do projeto foca no trabalho com datas e prazos bem estabelecidos, enquanto que a gestão de tarefas auxilia a gerência de atividades em andamento. Nesta categoria, [Duffy 2019] menciona os aplicativos *Airtable* e *Asana*.
- **Aplicativos de Kanban:** frequentemente adotado para gestão de projetos individuais ou realizados por equipes pequenas, esse método pode ser utilizado em várias linhas de trabalho, mas tornou-se muito popular nas equipes de desenvolvimento de software que adotam métodos ágeis. Em [Duffy 2019], *Asana* foi citado como o melhor aplicativo de kanban, além de *LeanKit*, *Volero*, e *Wrike*. Outro *kanban* bastante popular é o *Trello*, que não foi originalmente pensado como *kanban*, mas tem sido adaptado por equipes com esta finalidade.
- **Troca de Mensagens na Equipe:** permitem que um grupo de pessoas possa se comunicar em um ambiente, tanto em conversas públicas, quanto em conversas privadas. Quando a área de conversa está aberta, qualquer pessoa da equipe pode ler e

participar da conversa. Quando são privadas, o acesso é feito apenas via convite. O aplicativo *Slack* é listado nesta categoria, por oferecer mais customizações e opções de alerta, e a ferramenta *Glip* também é mencionada [Duffy 2019].

- **Aplicativos para Edição Colaborativa:** permitem que a equipe edite os mesmos artefatos simultaneamente. No domínio de ferramentas de escritório destaca-se a suíte do *Google*. *Samepage* e *Quip* são ferramentas de colaboração que focam na criação e edição colaborativa de documentos, embora tenham algumas diferenças em relação à popular *Google Docs*.

### 4.3. Colaboração na Indústria e Educação

Nesta seção, apresentamos dois cenários particulares que trazem oportunidades para pesquisas e aplicações em Computação Social, que surgem com a quarta revolução industrial: a Indústria 4.0 e a Educação 4.0.

#### 4.3.1. Colaboração na Indústria 4.0

O termo “Indústria 4.0” foi originalmente apresentado na Alemanha, como uma estratégia para lidar com a crescente competição global e para diferenciar as indústrias da Alemanha e da União Europeia de outros mercados internacionais [Pascall 2017]. Em 2016, no Fórum Econômico Mundial, o alemão Klaus Schwab lançou as ideias do que posteriormente nomeou em seu livro como a quarta revolução industrial [Schwab 2017], que é caracterizada pela fusão de diversas tecnologias que integram, de forma disruptiva, o mundo físico, digital e biológico, com o acesso móvel e ubíquo à internet, dispositivos e sensores cada vez menores, mais baratos e mais potentes, e com aprendizado artificial e de máquina. Outros termos relacionados são [Geissbauer et al. 2016] “Internet Industrial” e “Fábrica Digital”.

Enquanto a Indústria 3.0 tinha o foco na automação de máquinas e processos isolados, independentes uns dos outros, a Indústria 4.0 busca a digitalização ponto a ponto de todos os artefatos físicos e a sua integração em um ecossistema digital, incluindo parcerias em cadeias de valor [Geissbauer et al. 2016]. Assim, o termo Indústria 4.0 refere-se à interconexão inteligente de máquinas e processos produtivos, apoiado por tecnologias de informação e comunicação [Council 2019]. Algumas das possibilidades advindas dessa interconexão são:

- **Produção flexível:** A interconexão digital de fábricas significa que as etapas de produção e fabricação de um produto podem ser melhor planejadas, melhorando sua coordenação e carga de produção;
- **Fábrica conversível:** a modularização significa que linhas de produção futuras podem ser rapidamente montadas para novas tarefas, segundo a necessidade. Isso melhora a produtividade e eficiência; bem como a produção de produtos individualizados, em pequenas quantidades e a preços acessíveis;
- **Soluções orientadas ao cliente:** uma maior aproximação entre consumidores e produtores é esperada, onde os próprios clientes podem projetar produtos de acordo com os seus desejos e necessidades. Ao mesmo tempo, produtos inteligentes já

entregues e em uso podem enviar dados de volta ao fabricante, que por sua vez pode aprimorar seus produtos e oferecer novos serviços ao cliente;

- **Logística otimizada:** algoritmos podem computar rotas de entrega ideais, máquinas informam quando precisam de novos insumos de forma independente; uma rede inteligente viabiliza um fluxo de mercadorias otimizado;
- **Uso de dados:** dados sobre o processo de produção e condições de um produto são combinados e analisados. A análise de dados fornece insumos para a criação de produtos com mais eficiência, tornando-se a base para modelos de negócio e serviços completamente novos;
- **Economia circular eficiente:** utilizando dados, todo o ciclo de vida de um produto pode ser analisado. Durante o projeto, já será possível determinar que materiais podem ser reciclados, por exemplo.

Além disso, observa-se o crescimento da aplicação de sensores em iniciativas que facilitem a coleta de dados para tornar empresas mais competitivas no mercado [Ivanov et al. 2019]. Com isso, observa-se o crescimento de tecnologias que fomentem a análise de dados (*data analytics*) para o desenvolvimento dos mercados, gerando inovação ao segmento [Lee et al. 2014]. Vemos também a automação ganhando espaço, onde a colaboração homem-máquina tem papel fundamental, e leva à introdução do homem como protagonista em posições estratégicas para as organizações [Guerin et al. 2019].

Lee discute a necessidade de criação de novas formas de capitalização, uma vez que os novos negócios serão geridos por pessoas comuns, não necessariamente vinculados ao sistema financeiro formal [Lee et al. 2018]. Com isso, outras formas de economia solidária e colaborativa emergem, como *crowdfunding* e captação empoderada de recursos. Sistemas baseados em *Blockchain* surgem como tendência no suporte financeiro dos negócios.

Apesar de ter suas origens em processos industriais, a Indústria 4.0 engloba também as cadeias criativas e os ecossistemas de inovação. Ecossistemas são redes de colaboração interconectadas, onde a informação flui através de laços de co-criação de valor. Ecossistemas de inovação podem ser caracterizados segundo os conceitos de empreendedorismo, inovação, colaboração, criação, desenvolvimento de produtos e tecnologia [Etzkowitz and Leydesdorff 2000, Gomes et al. 2018]. Ecossistemas de inovação são sistemas interorganizacionais, políticos, ambientais e tecnológicos, onde ocorre o crescimento dos negócios [Russell et al. 2011, Wessner 2007].

Chesbrough discute produção e inovação em ecossistemas [Chesbrough 2003]: para o autor, os ecossistemas de inovação permitem que as empresas otimizem seus processos de produção e distribuição, desenvolvendo novos produtos e serviços através do modelo inovação aberta. Neste modelo, as empresas se comunicam com o ecossistema para a criação e implementação de novos produtos, recebendo insumos gerados por outras empresas e permitindo que seus resultados sejam usados por outras empresas. Dessa forma, o resultado global dos inter-relacionamentos implica no compartilhamento de conhecimentos e resultados interorganizacionais.



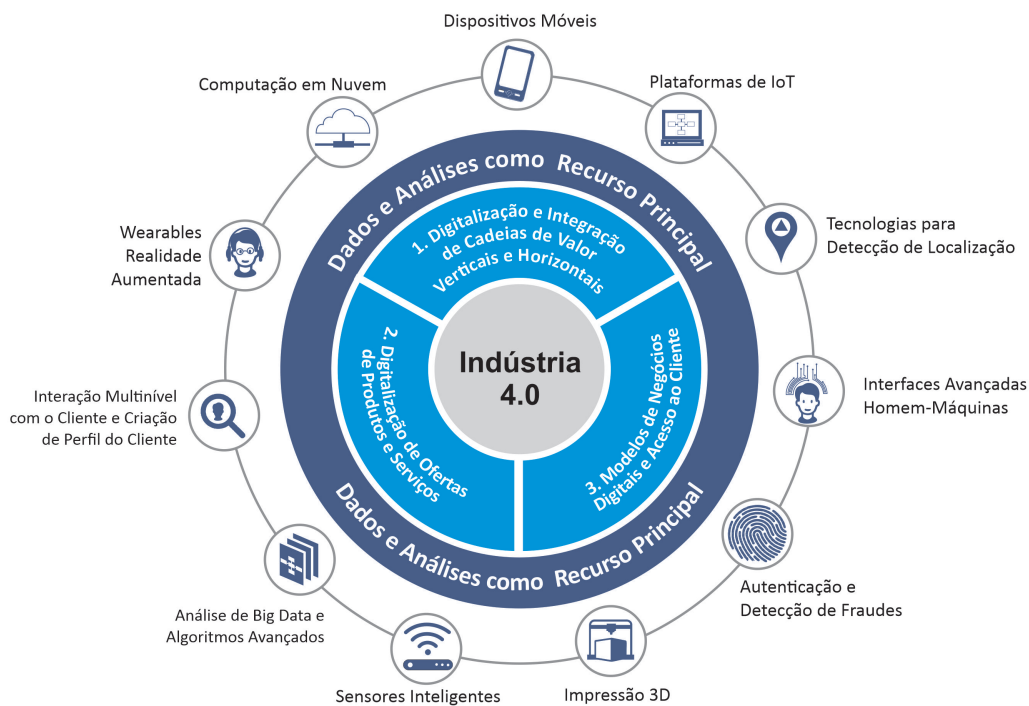
Assim, no contexto da quarta revolução industrial, destacamos duas mudanças fundamentais que guiam as diretrizes para o sucesso desta iniciativa: mudanças tecnológicas e mudanças humanas. Do ponto de vista tecnológico, temos a popularização dos sistemas ciberfísicos, que integram elementos do mundo físico, digital e biológico, e são capazes de comunicar-se uns com os outros, por meio de tecnologias como a internet das coisas, grandes volumes de dados, sensores cada vez mais poderosos, e mecanismos sofisticados de inteligência artificial. Algumas das tecnologias que apoiam a Indústria 4.0 são apresentadas na Figura 4.3, e incluem: computação em nuvem, dispositivos móveis, plataformas de internet das coisas, tecnologias de detecção de localização, interfaces humano computador avançadas, detecção de fraudes e autenticação, impressão 3D, sensores inteligentes, análises de *big data*, interação multinível e sensível ao perfil do consumidor, dispositivos de realidade aumentada e virtual. Essas tecnologias estão associadas, segundo [Geissbauer et al. 2016], a três eixos de atuação:

- I *Digitalização e integração de cadeias de valor verticais e horizontais*, em que todos os dados sobre os processos da organização, nos diferentes setores, são disponíveis em tempo real, apoiado por realidade aumentada, e otimizado em uma rede integrada, além de tecnologias de rastreamento e roteamento de dispositivos e planejamento com execução integrada e em tempo real;
- II *Digitalização de ofertas de produtos e serviços*, com a adição de sensores inteligentes e dispositivos de comunicação que podem ser utilizados com ferramentas de análise de dados, visando refinar os produtos a partir do seu uso pelos clientes; e
- III *Modelos de negócios digitais e acesso ao cliente*, que levam as empresas a expandir a oferta de soluções digitais disruptivas, integradas, em um ecossistema digital. Dessa forma os dados gerados por produtores e consumidores, e a análise dos mesmos com mecanismos sofisticados de inteligência artificial está no centro operacional das empresas.

Do ponto de vista humano, a Indústria 4.0 requer uma perspectiva nova sobre como a colaboração ocorre nas comunidades, incluindo como parte do grupo os robôs inteligentes. Cada vez mais as organizações irão investir em criar uma cultura de colaboração mais aberta à experimentação e à autogestão, com papéis menos rígidos, maior horizontalidade, e estratégias colaborativas de captação de recursos. Em [Lee et al. 2018], diversos especialistas discutem definições para a quarta revolução industrial, em particular do ponto de vista do impacto social. Um dos aspectos disruptivos é a capacidade de auto-adaptação das organizações, através da reconfiguração rápida das cadeias produtivas e aprendizado constante de pessoal. Um dos conceitos que viabiliza a Indústria 4.0 é o de *redes colaborativas* [Durugbo 2016, Camarinha-Matos et al. 2017]. Essas redes são constituídas por organizações e pessoas que têm por característica serem autônomas, geograficamente distribuídas e heterogêneas em termos de ambiente operacional, cultura, capital social e objetivos, e que colaboram para alcançar objetivos comuns [Camarinha-Matos and Afsarmanesh 2005].

Dentre os desafios para o avanço da quarta revolução industrial estão os impactos sociais do uso das novas tecnologias. Em [Schwab 2017], o autor discute a relação com

### Indústria 4.0 – Framework de Construção de Tecnologias Digitais



**Figura 4.3. Tecnologias Digitais que apoiam a Indústria 4.0 (adaptado de [Geissbauer et al. 2016]).**

os empregos e o trabalho e sinaliza que a automação e a inteligência artificial não irão acabar com o trabalho em si, mas alterar a forma de trabalho como conhecemos atualmente, formal e estável. A previsão é que a Indústria 4.0 trará muitas mudanças na forma de organização e de trabalho. Novos ecossistemas produtivos digitais e abertos devem enfatizar a diversidade e competitividade entre os múltiplos interessados. Os três pilares desses novos ecossistemas são [Plattform-i40 2019]:

- 1 *Autonomia*: liberdade para tomar decisões e interagir em condições iguais. A autonomia requer uma infraestrutura digital comum, proteção e segurança de dados, e requer pesquisa e desenvolvimento relacionados ao desenvolvimento de sistemas.
- 2 *Interoperabilidade*: a interoperabilidade é necessária para para a configuração destes ecossistemas complexos e descentralizados. Se considerarmos que todos os integrantes participam e contribuem, e que esses arranjos produtivos podem se reconfigurar em função de demandas do ambiente, a interoperabilidade se torna elemento importante. Padronização e integração, bem como um marco regulatório, sistemas descentralizados e inteligência artificial são essenciais.
- 3 *Sustentabilidade*: a sustentabilidade econômica, social e ambiental é outro elemento fundamental para os arranjos produtivos na Indústria 4.0. Aspectos chave para sustentabilidade dos ecossistemas de trabalho são boas condições de educação

e trabalho, economia circular, inclusão social e a mitigação das mudanças climáticas.

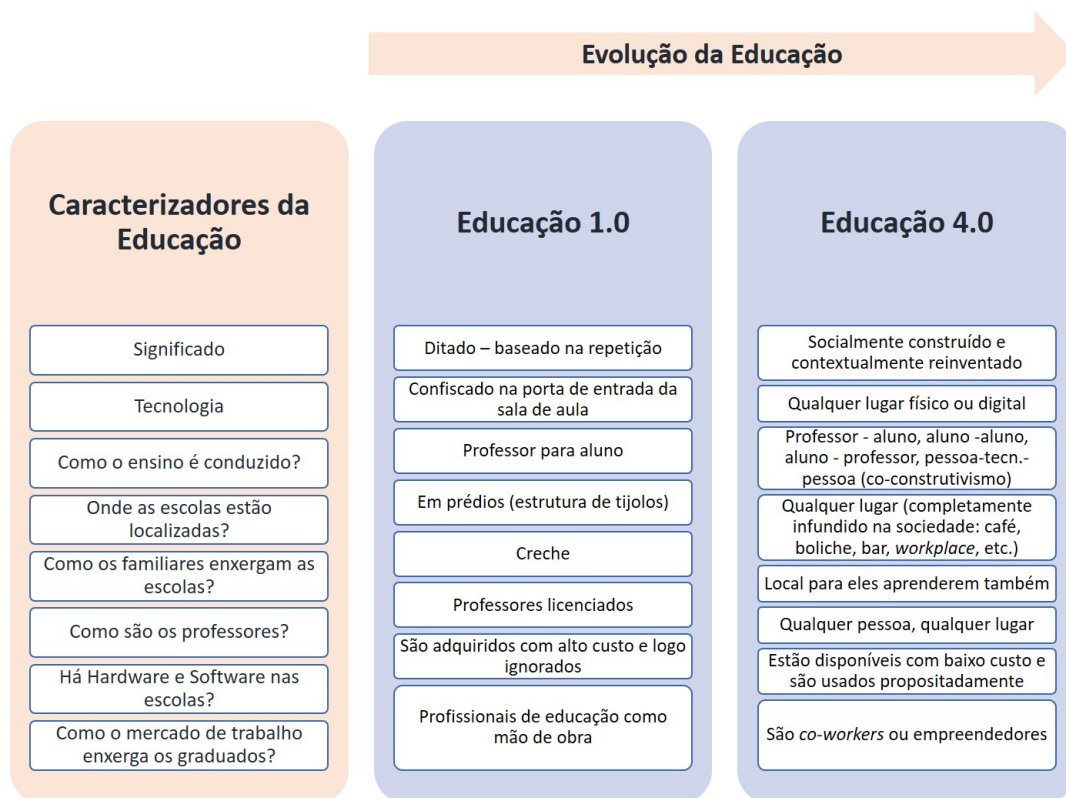
Considerando as relações sociais e a colaboração, Lee [Lee et al. 2018] destaca que serão mais bem sucedidas as organizações criativas e resilientes. As organizações criativas surgem como oportunidade de melhoria da qualidade de vida das pessoas, permitindo que trabalhem menos e melhor, e tenham suas necessidades atendidas de forma mais eficiente, por uma cadeia de produção automatizada, digital e inteligente. Com isso, trabalhos rotineiros e repetitivos irão desaparecer, sendo substituídos por robôs, e o trabalho humano passa a ser mais relacionado ao pensamento crítico e criativo. As organizações precisarão investir em estratégias de desenvolvimento humano, que promovam a formação de líderes, pautada em seis valores chave: experiência, emoções, energia, ética, ambiente, e engajamento.

Do ponto de vista da Educação e aprendizagem, a Indústria 4.0 traz novos requisitos que influenciarão o processo de aprendizagem de instituições públicas e privadas. Considerando todo o ecossistema de uma organização e, não apenas um sistema de produção, a Indústria 4.0 fomenta o uso de tecnologias transformadoras e capacitadoras em ambientes altamente complexos. Estes novos ambientes podem ser apoiados por grupos de trabalho voltados para o desenvolvimento de soluções capazes de atender em ritmo acelerado às demandas existentes. Com isso, surge um novo paradigma dos sistemas de aprendizagem, denominado Educação 4.0, que é discutido na próxima seção.

#### **4.3.2. Colaboração na Educação 4.0**

A Educação na era digital é marcada pela mudança de comportamento dos indivíduos, e de suas interações na vida pessoal, social e profissional. A necessidade de lidar com problemas complexos levou ao surgimento de novas habilidades práticas, conhecimentos, atitudes e a mudanças comportamentais [Gómez 2015]. Essas mudanças são respostas não apenas às necessidades da Indústria 4.0, mas também à introdução de novas tecnologias e paradigmas na educação, de forma que os humanos estejam melhor preparados para lidar com as demandas da sociedade moderna. Nesse modelo, o aprendizado é construído em torno de como aprender e acompanhar o seu desempenho, valendo-se do grupo e aprendendo uns com os outros. Os alunos devem aprender não apenas as habilidades e conteúdos predeterminados, mas também a identificar fontes para aprender essas e outras habilidades e conhecimentos de forma independente [Fisk 2017, Hussin 2018].

A Figura 4.4 mostra a evolução da educação, e seu impacto em alunos, professores e sociedade. Por exemplo, em termos de significado, este é apreendido na Educação 1.0 por meio de ditados, e baseado na repetição, enquanto na Educação 4.0 o significado é socialmente construído e contextualmente reinventado. Já em termos de tecnologia, enquanto na Educação 1.0 há o confisco dos equipamentos na porta das salas, na Educação 4.0 os conteúdos estão disponíveis e podem ser acessados de qualquer lugar físico ou digital. Podemos observar, então, que embora a educação mostre grande avanços na era 4.0, em termos do papel do professor em sala de aula, do uso de tecnologias e espaço destinado ao ensino, sabemos que muitas escolas no Brasil ainda enfrentam uma sistematização de ações pautadas na era 1.0, onde pouco se constrói coletivamente entre os papéis: profissionais de educação, alunos, pais e sociedade.



**Figura 4.4. Caracterizadores e Evolução da Educação 1.0 versus 4.0 (adaptado de [Moravec 2008].)**

Ainda existe um longo caminho a ser percorrido até que a Educação 4.0 seja bem difundida. As principais tendências atuais neste sentido são:

- 1 O uso de ferramentas de *e-Learning* (aprendizagem *online*), que oferecem oportunidades para aprendizado remoto e individualizado, que pode ser realizado a qualquer momento e em qualquer lugar;
- 2 A utilização de sala de aula invertida, onde o aprendizado interativo é realizado em sala de aula, enquanto o conteúdo teórico pode ser aprendido fora do horário da aula;
- 3 A liberdade aos alunos em escolher ferramentas ou técnicas de aprendizagem que preferem;
- 4 O incentivo ao aprendizado prático, por meio de experiências de campo, como estágios, projetos de orientação, e projetos colaborativos;
- 5 A literacia de dados (*Data Literacy*) em que os alunos são expostos à interpretação dos dados, e incentivados a aplicar seus conhecimentos teóricos a números, e usar suas habilidades de raciocínio para fazer inferências baseadas na lógica e nas tendências de determinados conjuntos de dados;
- 6 A avaliação diferenciada por aluno, utilizando plataformas computacionais;

- 7 A consideração sobre a opinião dos alunos ao projetar e atualizar o currículo pedagógico; e,
- 8 A responsabilidade compartilhada de aprendizado entre professores e alunos.

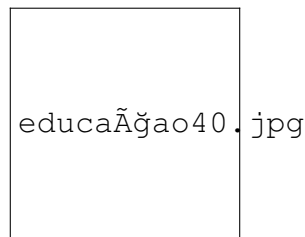
Assim como ocorre na Indústria 4.0, a tecnologia permeia a Educação 4.0. A utilização de sensores, inteligência artificial e coleta de dados passam a ser comuns nesse cenário [Ciolacu et al. 2018]. Assim, um grande desafio é repensar as formas de aprender nesse contexto digital. Segundo Fava [Fava 2014], o indivíduo assimila informações de maneira diferente diante das múltiplas mídias disponíveis no mundo digital e, para isso, o especialista precisa repensar as maneiras de transmitir o conhecimento.

Dunwill [Dunwill 2016] aponta mudanças no futuro próximo, advindas do uso intensivo de tecnologia. Entre elas estão as mudanças na configuração física das salas de aula, que se tornam mais flexíveis; a utilização de realidade virtual e aumentada como ferramentas educacionais; a adoção de diferentes modelos de tarefas, capazes de acomodar estilos distintos de aprendizagem. O avanço das tecnologias vem mudando e transformando métodos de ensino e a configuração do processo de aprendizagem, e o uso de aplicativos colaborativos para apoiar as tarefas em grupo.

Os ambientes de aprendizado digital têm gerado mudanças na maneira como as instituições constroem seus ecossistemas de aprendizagem, tanto para alunos quanto para os instrutores. As instituições cada vez mais precisarão de padrões abertos em aplicações de tecnologia educacional, para viabilizar experiências de aprendizado mais flexíveis para os alunos. Além disso, a coleta de dados, que ocorre de forma natural em ambientes digitais, traz novas possibilidades de análise de dados, no que é chamado de *Learning Analytics* [Zhang et al. 2019]: dados de estudantes e suas interações são analisados com o uso de tecnologias de Inteligência Artificial, e o ambiente de aprendizado pode ser adaptado para prover diferentes caminhos de ensino, com conteúdo e forma mais adequado às necessidades de cada aluno. Outras possibilidades nesse contexto são a adoção de sistemas de recomendação para a formação de grupos que potencializem o aprendizado; sistemas que apoiem a revisão ou correção de trabalho por pares [Yin et al. 2019]; e o uso de assistentes educacionais inteligentes para guiar e incentivar os estudantes [Zhang et al. 2019, Hernández-Lara et al. 2019, Dawson et al. 2019].

O mapa do conhecimento apresentado na Figura 4.5 explora o contexto da Educação 4.0 e suas inter-relações complexas entre diferentes habilidades e áreas das organizações. Neste contexto, a inovação educacional abre espaço para a disseminação e uso de tecnologias aplicadas em diferentes segmentos como: economia digital, sala de aula, alfabetização de dados (Literacia de Dados), educação online, sistemas computacionais, *Learning Analytics*, fatores humanos, Inteligência Artificial, desenvolvimento sustentável, indústria 4.0, inovação social, Inteligência Coletiva e ciências comportamentais. A influência da educação digital nas organizações tem apoiado no contexto da aprendizagem continuada preparando alunos e instrutores para o uso de diferentes tecnologias dentro do ecossistema de aprendizagem.

Instituições inseridas em ecossistemas de aprendizagem apresentam em sua estrutura ações constantes ligadas à colaboração, aprendizado e atualização de conhecimentos [Schwab and Davis 2018]. Estas organizações são voltadas para modelos de auto-



**Figura 4.5. Tecnologias e Habilidades presentes na Educação 4.0 (adaptado de [Forum 2020]).**

organização e, portanto, estão melhor preparadas para situações de tomada de decisão, pois a colaboração fica alinhada às necessidades dos *stakeholders*, integrando as tecnologias transformadoras. Nos últimos anos, temos observado uma crescente demanda por estratégias que viabilizam a colaboração entre pares, o surgimento de mentores para apoiar a transferência de conhecimento, a troca de informações para a construção de novos conhecimentos, o aprendizado personalizado e a diversidade entre tempo e espaço para fomentar o aprendizado dos estudantes, dentre outras ações [Chea et al. 2019].

As atividades para potencializar o aprendizado dos alunos têm surgindo na forma de interação entre humanos e *bots* [Schmulian and Coetzee 2019], e na proposta de tarefas que exijam a dinâmica de grupos. Atualmente, temos observado que as formações de grupos reconfiguráveis têm ganhado espaço na educação. Quando os alunos, ainda em seus níveis primários de educação, são orientados a trabalhar em grupo, e aprendem a construir novos saberes a partir de interações com perfis diferentes da sua configuração inicial de interação, estes apresentam mais chances de se adaptar em uma sociedade e, conseqüentemente, ao mercado de trabalho pautado nos ideais da Indústria 4.0.

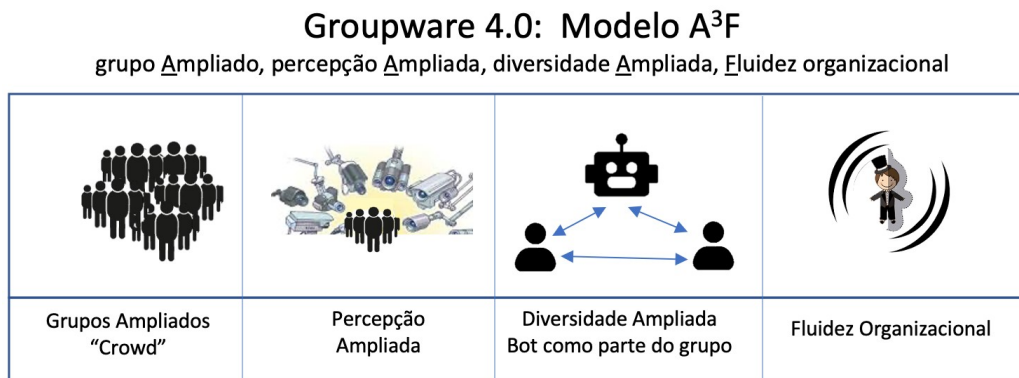
Com novas iniciativas e mudanças de paradigmas capazes de promover a colaboração no universo educacional, percebemos que a educação tem potencial para se tornar mais customizável, atendendo às necessidades individuais de cada aluno. Vemos também que o ensino perdeu a obrigatoriedade do modo presencial e agora se torna distribuído. São cada vez mais presentes ações remotas em cursos presenciais, disciplinas semi-presenciais e cursos totalmente a distância sendo oferecidos de acordo com as orientações de cada formato. Não há dúvidas de que o mundo está se desenvolvendo, novas necessidades estão surgindo e portanto, cada indivíduo precisa estar preparado para evoluir junto. O grande ensinamento que a Educação 4.0 nos oferece é o desenvolvimento do aprendizado constante. Ferramentas e métodos estão disponíveis e em constante evolução, mas ainda temos como desafio o desenvolvimento cultural da necessidade do aprender em cada indivíduo.

Com os rápidos avanços da tecnologia e com a globalização, os sistemas educacionais atuais se desconectam cada vez mais das realidades e necessidades das economias e sociedades globais. Novas estruturas são necessárias para implementar uma educação de qualidade nesse contexto econômico e social e compartilhado. Este novo modelo educacional deve equipar os indivíduos com as habilidades necessárias para gerar e atuar em grupos de trabalhos mais inclusivos, coesos e produtivos. Na próxima seção, apresentaremos as influências das tecnologias no trabalho em grupo, Groupware 4.0, e suas influências e oportunidades na Computação Social.

#### 4.4. Groupware 4.0 e Oportunidades na Computação Social

O conceito de *Groupware 4.0*, apresentado neste trabalho, tem por objetivo mapear oportunidades para o apoio computacional ao trabalho em grupo, dadas as demandas e requisitos dos cenários apresentados anteriormente. As novas tecnologias e modelos de negócios alteram o comportamento das pessoas e comunidades, e *Groupware 4.0* surge com a aplicação da Computação Social a esse contexto. Como sumarizado no modelo *A<sup>3</sup>F*, ilustrado na Figura 4.6, *Groupware 4.0* apoia uma colaboração ampliada em organizações cada vez mais fluidas. Às questões anteriores, que afetam os sistemas de *Groupware*, em geral, somam-se os aspectos de fluidez, multidões e diversidade, entre outros, inerentes às novas configurações sócio-organizacionais.

Sistemas de *Groupware 4.0* seguem apoiando equipes de produção, mas agora devem também apoiar grandes grupos de desconhecidos, que se movimentam e navegam por diferentes dispositivos, interagem e realizam tarefas, nem sempre de forma explícita, e na maioria das vezes, espontânea e informal. Na escala do grupo ampliado, a interação é coletiva, proveniente da multidão. A interação ampliada é orgânica e natural, dada a forte adoção de sistemas baseados em redes sociais. A percepção das pessoas sobre os grupos e seus participantes também é ampliada, dada a disponibilidade e o uso de sensores inteligentes em um ambiente cada vez mais responsivo (baseado na internet das coisas). A diversidade dos grupos é ampliada com a inclusão de um novo tipo de participante: o Agente Inteligente (Robôs na Internet, ou *Bots*), como integrante ativo e participativo no grupo. Por fim, grupos organizacionais são cada vez mais fluidos, isto é, os participantes não possuem mais necessariamente papéis rígidos, a organização é mais horizontalizada, e pode buscar *expertise* e participação fora do grupo, de forma orgânica.



**Figura 4.6. Groupware 4.0 - Os pilares da colaboração ampliada.**

Nas próximas seções, discutiremos três aspectos tecnológicos que estão fortemente presentes e que definem a essência do que chamamos de *Groupware 4.0*. Esses aspectos afetam uns aos outros e estão inter-relacionados. Inicialmente, abordamos o tema da *Mobilidade e Adaptabilidade* do *Groupware*. O *Groupware* móvel e sensível ao contexto potencializa e amplia, de forma concreta, a participação das multidões, e com isso, viabiliza a *Inteligência Coletiva*, incluindo os humanos como sensores. Por fim, o alto volume de dados coletados e gerados pela multidão passam a ser úteis quando processados por técnicas sofisticadas de Inteligencia Artificial, a qual também amplifica a

percepção e diversidade dos grupos, por meio de agentes inteligentes.

#### **4.4.1. Percepção Ampliada em *Groupware* Móvel e Sensível ao Contexto**

Um dos aspectos fundamentais tanto da Indústria 4.0 quanto da Educação 4.0 é a noção de que a tecnologia está cada vez mais distribuída e embutida nos objetos do dia a dia, de forma ubíqua e compartilhada. A Internet das Coisas traz o conceito de que os dispositivos, presentes em objetos físicos dispostos em salas de aula, escritórios, casas, chãos de fábrica, passam a colaborar entre si, trocando informações e serviços, acionando funcionalidades. A sigla T2T – Thing to Thing – indica um cenário diferenciado de colaboração, ubiquidade e serviços sensíveis ao contexto onde objetos inteligentes são programados para colaborar para oferecer serviços [Filippo et al. 2011b] aos usuários. Por exemplo, a fechadura eletrônica da casa, ao identificar que é noite e que toda a família já chegou, aciona o alarme noturno e as câmeras de segurança. Do ponto de vista da Computação Social temos uma interferência na forma como as pessoas interagem, com dispositivos e robôs inteligentes ganhando protagonismo e status de parceiro na realização de tarefas do dia a dia, tanto em grupos informais, como o da família, ou em grupos formais de trabalho.

Com a globalização, que tem se intensificado cada vez mais, torna-se mais comum o trabalho colaborativo realizado por grupos distribuídos, heterogêneos, habitantes de diferentes países, com culturas diversas, diferentes fusos horários e hábitos de trabalho. A diversidade é um elemento essencial e desejado, e que agrega valor ao artefato produzido pelo grupo, mas traz desafios do ponto de vista dos processos colaborativos. Adaptar-se às características emergentes do grupo passa a ser essencial para os sistemas colaborativos. Para isso, os conceitos de Contexto Computacional e de Computação Ubíqua ajudam a delinear os requisitos para estes sistemas.

##### **4.4.1.1. Contexto Individual e do Grupo**

Contexto é o conhecimento que está por trás da habilidade de discriminar o que é ou não importante em um dado momento, apoiando indivíduos a melhorar a qualidade da conversação e a compreender certas situações, ações ou eventos [Vieira et al. 2009]. Um contexto é formado a partir da composição de diferentes elementos: dados, informações e conhecimento relacionados, que ao se integrar permitem determinar um cenário ou situação. Sistemas sensíveis ao contexto (ou cientes de contexto, ou adaptados ao contexto), são aqueles que utilizam o contexto para direcionar ações e comportamentos, onde o contexto torna-se um instrumento adicional de apoio à interação entre os sistemas e seus usuários. A partir da compreensão do contexto, o sistema pode, em circunstâncias diversas, mudar sua sequência de ações, o estilo das interações e o tipo de informação fornecida aos usuários de modo a adaptar-se às suas necessidades.

Um exemplo são sistemas de vídeo sob demanda, como Netflix, que usam informações de contexto dos indivíduos para sugerir filmes a seus usuários. A recomendação de filmes, portanto, é uma funcionalidade sensível ao contexto do sistema. Para tornar a recomendação de filmes mais próxima do usuário, Netflix usa informações implícitas (ou seja, capturadas automaticamente, sem intervenção direta do usuário) que ajudam a enten-



der o contexto daquele usuário. Por exemplo: o local onde a pessoa está (e.g., com a informação do país ele sugere o top 10 daquele país, ou ativa/desativa títulos (in)disponíveis naquele país); os gêneros que a pessoa mais assistiu no passado; o contexto histórico, onde a cada filme assistido é associada uma métrica, uma qualificação da relação do filme com o usuário; características temporais (e.g. a época do ano ativa filmes relacionados a feriados, como Semana Santa ou Natal); entre outras. Nesse caso, o contexto ajuda a personalizar funcionalidades da Netflix, adaptadas ao usuário. Como consequência, é praticamente impossível que duas pessoas diferentes tenham o mesmo conjunto de filmes na sua página inicial (ainda que residam na mesma casa).

Quando se trata de grupos, surge um desafio adicional, que é combinar o contexto dos indivíduos, para que se integrem em um contexto do grupo. Ainda no exemplo Netflix, imagine que um grupo de amigos se encontre na casa de um deles para assistir a um filme. Como Netflix agora faria para atender a estes perfis tão diversos? Nesse caso, é necessário gerar um contexto global que agrega os contextos de cada indivíduo do grupo, gerando um contexto compartilhado pelo grupo, que se modifica conforme a tarefa colaborativa vai sendo executada e à medida que novos indivíduos entram ou saem do grupo ou da interação atual [Vieira et al. 2012].

Alguns exemplos de informações de contexto associadas a sistemas colaborativos aparecem na Figura 4.7. Na figura, os autores consideraram o contexto do grupo (e.g. participantes, relações entre ele), das pessoas (e.g. localização, presença, disponibilidade, papéis), do projeto (e.g. objetivo, tarefas), das atividades sendo desenvolvidas (e.g. status, conflitos), dos artefatos compartilhados (e.g. status finalidade), e dos ambiente (ou sistemas) onde ocorre a colaboração (e.g. questões temporais, sistemas).



**Figura 4.7. Informações de Contexto em *Groupware* [Vieira et al. 2012].**

Um *Groupware* sensível ao contexto é aquele que usa elementos de contexto relativos às interações entre participantes de um grupo para melhorar o desempenho do grupo como um todo e a qualidade das interações. Isso pode ser feito através do provimento de informações mais apropriadas às necessidades do usuário em um dado instante (e.g. filtros seletivos, ou recomendações); da ativação de serviços relevantes de acordo com o contexto do indivíduo e/ou do grupo (adaptação, ou personalização); do apoio ao contato ou comunicação entre atores (e.g. colaboração oportunística); do apoio à compreensão

dos indivíduos sobre o que ocorre no grupo e o que se espera de cada um a cada momento para completar as tarefas (e.g. percepção e notificações); e do apoio no compartilhamento de informações relevantes para realização das tarefas (e.g. memória do grupo, ou análises das interações). A seguir abordaremos uma categoria específica, que usa a informação de contexto de localização para oferecer serviços adaptáveis aos usuários do grupo.

#### **4.4.1.2. Serviços baseados em localização**

Dispositivos móveis, como smartphones e smartwatches, são parte intrínseca do dia a dia dos seres humanos, e os acompanham onde quer que vão. A internet das coisas trouxe consigo a promessa de interconectar os mais diversos objetos com os quais interagimos, como os equipamentos das casas inteligentes (e.g. TV, geladeira, máquina de lavar, micro-ondas, ar condicionado, fechadura, lâmpada), os quais já possuem embutidas funcionalidades de interação com seus donos e com outros dispositivos. Algumas ferramentas de *Groupware* são desenvolvidas para apoiar um grupo específico de pessoas, na realização de tarefas específicas de colaboração. Por exemplo, no domínio das cidades inteligentes, é cada vez mais comum o uso de dispositivos e sensores espalhados pela cidade, que ajudam a automatizar serviços, como catracas de pedágios automáticos, sinalizadores de vagas nos estacionamentos, medidores da qualidade do ar, entre outros.

Muitas são as possibilidades de suporte à colaboração quando a tecnologia integra informações de localização e de contexto, através da aliança com dispositivos móveis. Um sistema colaborativo pode indicar, por exemplo, possibilidades de colaboração espontânea e oportunística, simulando no ambiente virtual, um encontro fortuito, que normalmente ocorreria ao acaso, no corredor ou na sala do cafezinho. Estes encontros, são comuns no ambiente físico, e essenciais para a colaboração, e não ocorreriam se o fosse necessário um agendamento e programação prévia. Assim, os sistemas de colaboração ubíquos e sensíveis ao contexto podem associar informações de contexto diversas, como localização, identidade, perfil, e relações, para apoiar a colaboração, indicar oportunidades e coordenar encontros entre pessoas. Alguns exemplos indicados em [Filippo et al. 2011b]: ao chegar num local, você recebe informações sobre amigos que estão próximos ou sugestões de novas amizades, baseadas em interesses em comum; ao chegar em um congresso, você recebe informações sobre colegas de trabalho que já estão lá ou sobre profissionais com interesses relacionados; ao ser informado de que um amigo está de férias numa cidade que você já visitou, você pode ser convidado a compartilhar as dicas do que fazer por lá.

A cada dia surgem novos aplicativos com versões voltadas para dispositivos móveis. Esses aplicativos poupam tempo de enviar email, bater em portas, ou deixar mensagens de voz a cada momento que for necessário chegar a um consenso ou negociação com os demais colegas da equipe. Eles alertam as pessoas sobre atividades que estão sob sua responsabilidade, relembrando prazos ou indicando se o colega realizou alguma mudança em um artefato compartilhado. Ajudam a identificar se as pessoas certas terão acesso aos recursos que necessitam para trabalhar. Com isso, combinam funcionalidades de apoio à produtividade com suporte ao trabalho em equipe. A ubiquidade amplia as possibilidades de colaboração entre os colegas de equipe “a qualquer hora, de qualquer lugar”. Com

equipamentos móveis, é possível fazer anotações digitais, disponibilizando comentários, fotos, vídeos e mensagens de microblogs diretamente do local e no momento em que foram gerados [Filippo et al. 2011b].

#### 4.4.2. Grupos Ampliados com a Inteligência Coletiva e das Multidões

Ao falar de Inteligência Coletiva, estamos nos referindo a inteligência que emerge a partir da ação coletiva do grupo [Malone et al. 2009]. Essa inteligência demonstrada pelo grupo é o resultado da atuação e interação de indivíduos, que não precisam necessariamente ter os mesmos pontos de vista. Colaboração, trabalho coletivo e competição são elementos que entram em cena na Inteligência Coletiva. Na verdade, as diferenças de perspectiva dos membros podem ser um fator determinante para se chegar à solução de determinados problemas. Ao agregar o trabalho de muitas pessoas, muitas vezes é possível atingir resultados melhores do que os de um especialista trabalhando sozinho [Surowiecki 2005].

Diferentes tipos de sistemas são exemplos de Inteligência Coletiva: na *Wikipedia*, milhares de editores colaboram na construção coletiva de uma enciclopédia, sem controles centralizados e sem incentivos externos. No *GitHub*, onde programadores podem escolher projetos abertos para contribuir. Assim foi a construção do Linux, um dos primeiros exemplos de software aberto, onde qualquer um pode contribuir na sua construção. O *PageRank*, algoritmo originalmente usado pela *Google* [Brin and Page 1998], se valia da estruturação existente na Web, criada através da ligação (*hyperlinks*) entre páginas. Esta organização surge de forma orgânica a partir dos links colocados pelos usuários em cada página. Já a *Netflix* se vale de dados sobre as escolhas de filmes de milhares de usuários para fazer sugestões de outros filmes que possam interessar ao usuário (e configurar a página inicial) e a *Amazon* utiliza e dados de avaliação sobre os produtos e para determinar o que recomendar para cada usuário. Todos estes são exemplos de como dados gerados a partir do trabalho de muitas pessoas (multidões) podem ser utilizados. Esta “Sabedoria das Multidões” requer que os grupos apresentem certas características [Surowiecki 2005]:

- **Diversidade:** cada pessoa deve ter informação privada na qual se basear, sua própria interpretação dos fatos;
- **Independência:** as opiniões/contribuições individuais não devem ser determinadas nem influenciadas pelas contribuições dos outros;
- **Descentralização:** as pessoas devem ser capazes de se especializar e utilizar conhecimentos locais nas suas ações;
- **Agregação:** É necessário algum mecanismo de agregação de forma que as contribuições individuais se transformem em uma “decisão” coletiva; e
- **Confiança:** os participantes devem confiar que o grupo como um todo será honesto.

Em termos organizacionais, existem quatro elementos básicos que compõem iniciativas de Inteligência Coletiva [Malone et al. 2009]. Estes elementos são combinados de múltiplas formas para formar diferentes estilos de Inteligência Coletiva, e estão ilustrados na Figura 4.8. Estes quatro eixos representam respostas às seguintes perguntas:



Figura 4.8. Elementos Base de Inteligência Coletiva (adaptado de [Malone et al. 2009]).

- 1 **O que está sendo feito? Qual é o objetivo a atingir?** Aqui especificamos os tipos de trabalho que podem ser realizados: Criação e Decisão são os principais tipos de atividades realizadas por grupos.
- 2 **Como o trabalho está sendo realizado? Qual a estrutura e processos adotados?** Esse elemento especifica a forma pela qual o trabalho é realizado. A coleta de informação, por exemplo, é realizada de forma independente pelos indivíduos. A tomada de decisão pode ser individual (cada participante decide por si só e as decisões são agregadas) ou também pode ser conjunta (através de processos deliberativos, como discussões ou consenso).
- 3 **Quem está realizando a tarefa? Qual seu perfil/habilidades?** Com esta pergunta, buscamos especificar características organizacionais do grupo, como existência de alguma hierarquia ou atribuição de papéis e permissões, bem como características necessárias ao participante, como seu nível de conhecimento de determinado domínio.
- 4 **Por que a tarefa está sendo realizada? Quais são os incentivos a sua realização?** Motivação para participação é especificada através de incentivos: estes podem ser financeiros, emocionais ou pessoais (auto promoção, por exemplo, é uma motivação comum de muitos desenvolvedores que contribuem para projetos no *GitHub*).

Uma forma de Inteligência Coletiva que vem sendo muito adotada em anos recentes, é a chamada *Citizen Science*, ou Ciência Cidadã. Na Ciência Cidadã, através de plataformas de software, são mobilizados voluntários para atuar em um projeto de pesquisa. Muitas vezes, os voluntários são chamados a coletar dados e enviá-los para os pesquisadores através de plataformas eletrônicas dedicadas. O *Happy Whale*<sup>1</sup>, por exemplo, é uma plataforma de Ciência Cidadã através da qual voluntários (normalmente turistas em cruzeiro) são convidados a tirar fotografias de baleias de forma que seus padrões migratórios possam ser identificados. Em troca, os voluntários recebem alertas de movimentação

<sup>1</sup><https://happywhale.com/>

das baleias identificadas, mostrando por onde elas estão passando. Essa solução é muito mais barata do que enviar pesquisadores em navios em busca destas baleias. Como milhares de pessoas enviam dados, a coleta é feita de forma muito mais rápida do que uma equipe no local conseguiria fazer, e cobre uma área muito maior. Iniciativas mais elaboradas também existem, como para resgate de herança cultural (por exemplo, através de histórias de populações indígenas). Estas iniciativas, além de facilitar o trabalho do pesquisador, incentivam o gosto pela ciência e são uma forma de transmitir conteúdo para os voluntários.

O *Crowdsourcing* [Howe 2006] funciona de forma análoga, e pode incluir o trabalho remunerado. O *Amazon Mechanical Turk*, por exemplo, é uma plataforma onde é possível contratar trabalhadores (*Turkers*) para realizar tarefas simples por um preço muito baixo (por exemplo, rotular imagens ou dados ou responder formulários) o resultado da tarefa individualmente não tem grande sentido, mas quando agregada a outras centenas ou milhares de resultados, poderá ser útil. Cabe ao proponente da tarefa definir e estruturar as contribuições dos trabalhadores e como serão agregadas para extrair valor. Por exemplo, o conjunto de dados resultante de uma tarefa de rotulamento de imagens pode ser usado como entrada para um algoritmo de Aprendizado de Máquina. Plataformas de transporte por aplicativo também se valem da coordenação das habilidades de vários indivíduos para realizar o transporte de passageiros em larga escala.

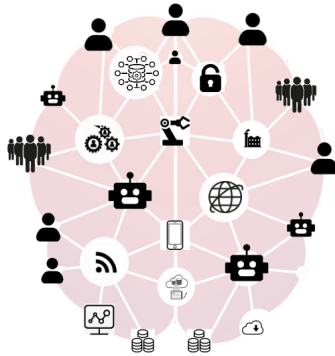
#### **4.4.3. Diversidade Ampliada com a Inteligência Artificial e os *Bots***

A Inteligência Artificial (IA) é a engenharia de construir artefatos, como um software ou um robô, capazes de realizar tarefas ou que tenham habilidades normalmente associadas à inteligência humana. Por exemplo, o reconhecimento de imagens que permite perceber o ambiente; a comunicação com humanos usando sua linguagem natural, como fazem os assistentes pessoais Alexa e Siri; o raciocínio para resolver problemas complexos e também a capacidade de aprender a fazer tudo isso.

IA aplica-se não apenas a problemas muito complexos, como o diagnóstico de câncer através da interpretação de imagens de tomografia, mas já faz parte do nosso dia a dia. Ao passar o cartão de crédito, nós automaticamente acionamos um sistema inteligente que verifica se nossa compra está de acordo com nosso padrão de consumo; e quando vamos comprar um livro ou assistir a um filme online, recebemos sugestões de sistemas inteligentes, baseadas nas nossas escolhas passadas e nas escolhas de pessoas parecidas conosco. Os benefícios são sentidos em todas as áreas, serviços, indústria, educação e a IA se apresenta como base da nova revolução industrial, onde a informação é chave.

A colaboração nos grupos cada vez mais se apoia em tecnologias de IA. Conforme ilustrado na Figura 4.9, há uma inteligência no ambiente de interação dando suporte à comunicação, coordenação e colaboração dos participantes e mesmo apresentando-se como parte do grupo (*bots*). Em especial, a coletividade deixa rastros de suas preferências e estilos em mídias sociais, tais como *Twitter*, *Instagram* ou Fóruns de discussão. Podemos usar técnicas de IA nessas ricas fontes de dados para extrair tendências, identificar anomalias nas dinâmicas da interação, achar especialistas ou mesmo para resumir o conteúdo. A IA também pode ser usada para interação em pequenos grupos, servindo como um aliado na busca por informações que sirvam ao grupo, na coordenação de tarefas, na

identificação de especialistas e conteúdos que podem ajudar uma tarefa e na percepção do humor do grupo. A seguir serão apresentadas brevemente tecnologias de IA que são adotadas na construção de *Groupware* inteligente.



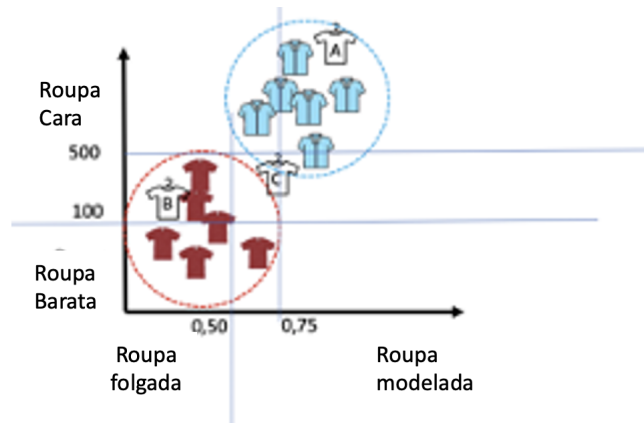
**Figura 4.9. Interação inteligente.**

#### **4.4.3.1. Aprendizado de Máquina**

Aprendizado de máquina (*Machine Learning* - ML) é uma área da IA em que a máquina aprende sozinha como deve raciocinar. Assim como nós, só que de forma mais rápida, ela aprende com a experiência humana registrada nas mais diversas fontes de informação. A missão da máquina é descobrir um mapeamento entre entradas (estímulos) e saídas que melhor cubra todas as informações apresentadas [Jordan and Mitchell 2015]. Em geral, o mapeamento consiste em um conjunto de funções matemáticas de transformações de estímulos e suas propagações. O processo de aprendizado é descobrir a parametrização dessas funções de mapeamento que melhor cubra os exemplos que compõem a experiência a ser aprendida. Portanto, um algoritmo de aprendizado de máquina precisa ter definido:

- 1 Uma representação do conhecimento (rede neural, rede de aprendizado profundo, conjunto de regras, árvore de decisão, etc.);
- 2 Métricas claras para avaliar os resultados (acurácia, erro quadrático, entropia, etc.);
- 3 O tipo de aprendizado (aprendizado supervisionado, não-supervisionado, por reforço, etc.); e
- 4 Uma maneira de otimizar esse processo de busca (algoritmos, otimização combinatória, etc.).

Imagine que você compre sempre na mesma loja e sempre com a mesma vendedora. Depois de algum tempo, essa vendedora já sacou seus gostos relativos a quanto você gasta e suas preferências de roupas mais modeladas no corpo (para não te engordar). Ela criou uma tabela esperta com as opções para te oferecer. Como ilustrado na Figura 4.10,



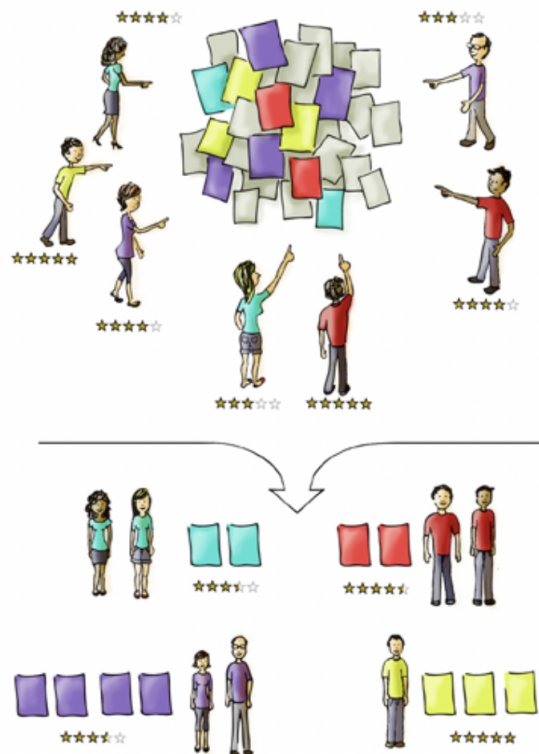
**Figura 4.10. Exemplo de preferência que podem guiar o aprendizado de máquina.**

pontos em vermelho são opções que ela trouxe e você não comprou e pontos em azul são opções que ela trouxe e que você acabou comprando.

Imagine que chegou a nova coleção. Ela vai lembrar de suas preferências e certamente te oferecer a blusa A, e não irá mostrar a blusa B. Ela ficará em dúvida se deve ou não mostrar a blusa C. Ela vai pensar na representação que fez e ver que a blusa C está mais perto das blusas do grupo azul que do grupo vermelho, portanto ela vai te mostrar a blusa C. Um sistema inteligente vai agir de forma similar só que ele será capaz de processar centenas de atributos que influenciam a sua compra. Ele vai também aprender com suas escolhas, mas vai refinar o que sabe sobre você. O raciocínio da vendedora a gente não vai saber, mas como seria o da máquina usando aprendizado de máquina? Existem inúmeros ambientes de análise de dados que já incorporam métodos de aprendizado de máquina, como por exemplo o WEKA [Frank et al. 2009] que é fácil de usar e de aprender.

#### 4.4.3.2. Sistemas de Recomendação

Sistemas de recomendação são algoritmos que sugerem itens com base em um aprendizado a partir de dados que vêm do grupo. Os itens sugeridos podem ser produtos, como um livro ou filme, processos, como um plano de ação para diminuir custos em uma empresa, ou mesmo pessoas, como a indicação de um encanador para resolver seus problemas em casa. Qualquer que seja a recomendação, ela é fruto do conhecimento adquirido pelo grupo, como ilustrado na Figura 4.11. Esses grupos podem ser formados por pessoas que se conhecem e já interagem por interesses comuns, ou podem ser formados por participantes que nunca se viram ou nunca vão se encontrar, mas que podem ser almas gêmeas em atitudes e preferências. O papel dos algoritmos é (1) achar a “função alma gêmea” que beneficiará pessoas das decisões feitas pelas suas almas gêmeas e (2) adaptar as sugestões da alma gêmea para personalizar a sugestão. Alma gêmea aqui é vista não como uma pessoa, mas como um agregado de pessoas e produtos. Portanto todo sistema de recomendação possui duas funções importantes: Similaridade e Ajuste. Similaridade é a função que determina que itens devem fazer parte do conjunto a ser avaliado e Ajuste



**Figura 4.11. Esquema da geração de uma recomendação como fruto da opinião do grupo [Motta et al. 2011].**

é a função que vai fazer os ajustes e escolhas apropriadas.

Uma recomendação é uma função que mapeia os anseios e preferências de uma pessoa em relação a um item, e que otimiza a utilidade do que foi recomendado para essa pessoa. Uma recomendação  $R$  para a escolha de “ $p$ ” deve ser feita de tal forma que:

$$R(c, p) = \max F(c, p_i)$$

Onde:

- $c$  representa o cliente que usa o Sistema de Recomendação
- $p$  é um conjunto de itens disponíveis à avaliação
- $p_i \in P$
- $F$  é a função que determina a relevância de  $p_i$  em relação a  $c$ .

Todo o processo de sistemas de recomendação gira em torno da definição dessa função, que avalia a utilidade de um produto para um certo cliente. Chamamos o usuário de um Sistema de Recomendação de cliente para ressaltar a sua importância no processo. Geralmente,  $F$  leva em consideração a similaridade entre perfis dos clientes. Os Sistemas de Recomendação são caracterizados de acordo com três eixos: (i) Tipo de Entrada e



Saída; (ii) Itens do Projeto; e (iii) Método de Recomendação. Existem diversos métodos de geração de recomendações, que podem ser classificados em [Motta et al. 2011]: Recomendação baseada em recuperação direta da informação; Recomendação baseada em filtragem colaborativa; e Recomendação baseada em filtragem por conteúdo.

Um Sistema de Recomendação é um sistema colaborativo porque ele funciona a partir da agregação das avaliações, portanto o insumo é gerado pelo grupo, e gera sugestões para serem consumidas pelo grupo. Cada participante do grupo, composto, por exemplo, por clientes, usuários e funcionários, contribui para o bem comum do grupo. Como o participante também consome do grupo, há uma tendência colaborativa. Reputação é uma questão importante e o alinhamento dos interesses dos indivíduos com o do grupo é fundamental para o bom funcionamento de um sistema de recomendação [Resnick et al. 2000].

#### 4.4.3.3. Processamento de Linguagem Natural

Linguagem natural é a linguagem de comunicação entre humanos. O processamento de linguagem natural (PLN) é a área de IA que lida com a análise, interpretação (e geração) computacional da linguagem. Com isso, sistemas podem derivar significado a partir de conteúdos expressos em linguagem humana, e interagir com pessoas de forma mais natural, valendo-se de sua própria linguagem. Um exemplo comum de aplicação dessas técnicas é a análise de sentimentos de postagens no *Twitter* que ajudam políticos a medir sua popularidade ou a análise de resenhas de produtos, que ajudam a empresa a entender a reação do público aos seus produtos. Além destas, técnicas de PLN são usadas em sistemas de busca e recuperação de informação, como *Google* ou *Yahoo*, tradução de textos, sumarização de textos, sistemas de pergunta e resposta e geração de fala e diálogos para interação com sistemas computacionais (ex: assistentes pessoais, como *Alexa*, *Siri* ou *Google Now*.)

Os primeiros estudos da área tinham forte apelo linguístico, definindo processos (ilustrados na Figura 4.12) como os utilizados por humanos para leitura e interpretação de texto, incluindo: processamento fonético para conteúdos sonoro; quebra em partes (ou tokenização) para identificação dos elementos para interpretação (palavras ou seus radicais); processamento léxico para identificação das palavras; processamento sintático para analisar a organização das palavras e criar uma expectativa de significado; processamento semântico para dar significado ao que foi comunicado; e por fim processamento pragmático para ajustar o significado às nuances da cultura e do contexto. Esse processo, quase sequencial, permeia muitos dos trabalhos em processamento de linguagem natural [Ponti et al. 2019].

Um grande avanço recente foi a introdução de métodos de aprendizado de máquina para entender e produzir textos [Singh 2019]. Segundo esta abordagem, a máquina aprende a entender e gerar textos a partir de conjuntos exemplos de sentenças. Assim, expectativas podem ser criadas, por exemplo, expectativas para as próximas palavras, agrupamentos de documentos com significados parecidos, resumos de conteúdos, análises de sentimento e assim por diante, como ilustrado na Figura 4.13.

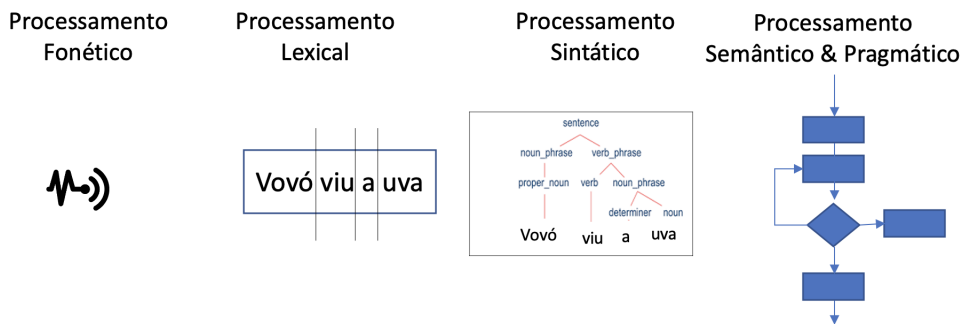


Figura 4.12. Processamento de Linguagem Natural, método clássico.

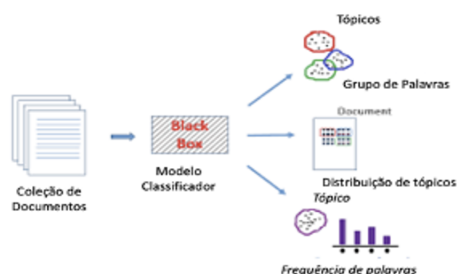


Figura 4.13. Processamento de Linguagem Natural utilizando aprendizado de máquina.

#### 4.4.3.4. Bots

Um robô é uma máquina que consegue realizar uma tarefa complexa de forma automática. São muito adotados em linhas de produção, para automatizar tarefas repetitivas que antes eram realizadas por humanos. São capazes de atuar sem muita interferência humana, mas seguindo instruções a partir de um programa. Exemplos são linhas de produção de carros, que hoje em dia são fortemente robotizadas. Enquanto um Robô é uma máquina que atua no mundo físico, um *Bot* é um sistema computacional criado para atuar no mundo virtual (dessa forma, *bot* torna-se um apelido para Robô na Internet). Alguns exemplos são *chatbots*, que encontramos com frequência em sistemas de mensagens e fóruns de discussão [Adewale et al. 2017, Quarteroni and Manandhar 2007] e *software bots* que apoiam o desenvolvimento de software através da análise de logs de projetos [Erlenhov et al. 2019, Alizadeh et al. 2019, Wyrich and Bogner 2019]. Além destes, um exemplo clássico são os *bots* para buscar e processar conteúdos de sites na web, também conhecidos como *Crawlers*. O GoogleBot, (crawler da Google) por exemplo, visita páginas da web e navega seguindo links e processando cada página para indexá-la de forma que possa ser buscada posteriormente [Hildebrand and Bergner 2019].

Os *Bots* se valem de raciocínio inteligente para realizar o comportamento desejado. Esse pode se materializar das mais diversas formas, desde regras que permitam escolher ações em função do contexto até técnicas de aprendizado de máquina. A comunicação com humanos via linguagem natural requer ainda o uso de técnicas de processamento de linguagem natural. Nos últimos anos, muitas investigações têm sido direcionadas para

essa IA conversacional, ou sistemas que são capazes de conversar com usuários.

Nesta seção enfatizamos *Bots*, por serem mais presentes em Computação Social e no *Groupware* 4.0. Além de estarem presentes em fóruns e outros sistemas de conversa e/ou comunidade, em um contexto de Sistemas Colaborativos, os *Bots* podem também auxiliar por detrás dos panos: roteando mensagens entre participantes de uma equipe, indexando e armazenando documentos e mensagens de forma consistente, e recuperando informações pertinentes à discussões do grupo. *Bots* já são uma realidade e provavelmente você já encontrou alguns.

Cabe lembrar que os *Bots* podem nos ajudar nos substituindo em tarefas repetitivas e cansativas, mas também podem ser usadas para trazer prejuízos: estes são os *malicious bots*, ou *malware bots*, bem como os *spambots* e mesmo vírus. Eventos recentes têm evidenciado a ação de *bots* em serviços de mensagens como *Twitter*, que postam repetidamente mensagens iguais para levantar alguma bandeira, atacar algum participante ou desestabilizar conversas [Liu 2019, Shi et al. 2019, Chen et al. 2017]. Para se proteger de *bots* indesejados é bom observar alguns sinais, que nos ajudam a identificar a presença de *bots* em uma máquina ou em sites. Essas métricas incluem a performance do servidor, o tráfego nas páginas, o IP de quem está acessando e mesmo o idioma de quem está acessando. No *Twitter*, perfis criados recentemente e que postam com velocidade e frequência incompatíveis com humanos são os primeiros suspeitos.

#### 4.4.3.5. Inteligência Artificial no suporte ao Trabalho em Grupo

Ao pensar em colaboração, pensamos em grupos onde as pessoas se comunicam, cooperam e colaboram para atingir um objetivo comum. Além disso, é importante que os participantes percebam as ações dos demais participantes do grupo. Sistemas colaborativos normalmente dão suporte a alguns desses 4 pilares do trabalho em grupo. Neste contexto, a IA pode entrar para apoiar o trabalho em grupo ou como parte do grupo, interagindo com os demais participantes (Figura 4.14). No contexto de Computação Social, a IA pode ainda aparecer como ferramenta de análise dos comportamentos do grupo, fornecendo pistas para tomada de decisão, ou ajustes no sistemas.

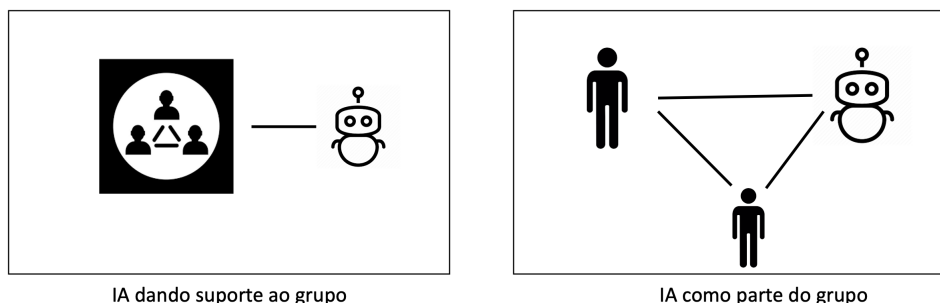


Figura 4.14. Diferentes papéis da IA em Groupware.

- **Apoio à comunicação:** A comunicação entre pessoas se dá através da linguagem e do estabelecimento de *Common Ground* [Clark and Brennan 1991]. Em grupos

com participantes de diferentes locais, essas referências comuns podem não existir [Carroll et al. 2017]. Um sistemas de IA pode ajudar a estabelecer ao recuperar documentos e referências para compartilhar entre todos, de forma que todos tenham uma base comum de comunicação. Outro cenário (comum em tempos de isolamento social) é de uma reunião de um grupo formado por pessoas de países distintos. A IA pode fornecer traduções automáticas das mensagens, de forma que cada um possa falar no seu próprio idioma e ler/escutar as mensagens dos demais participantes também no seu idioma. Em um nível mais básico, a IA também está presente na calibração do som/imagem da comunicação.

- **Apoio à percepção:** Em qualquer interação interpessoal, há muitos elementos que precisam ser percebidos, como o humor e sentimento das pessoas, velocidade de execução das tarefas, momento criativo, entre outros. A IA pode ajudar os participantes a perceberem alguns destes elementos, que influenciam a colaboração. Imagine uma discussão acalorada, o moderador poderia se beneficiar de um auxílio para perceber conflitos em potencial. Outros comportamentos que podem ser identificados são o *groupthink* (quando todos os membros do grupo pensam da mesma forma), polarização de ideias e mesmo a falta de consenso no grupo. Estas anomalias afetam o resultado do trabalho do grupo e podem ser identificadas através de técnicas como o PLN.
- **Apoio à coordenação:** A coordenação de tarefas em grupos grandes e flexíveis é um desafio no qual a IA tem papel importante. A otimização na alocação de recursos (pessoas ou materiais) e na distribuição de tarefas, bem como sua constante verificação e ajuste (realocação de tarefas, avaliação de indicadores de efetividade do trabalho) é frequentemente realizada por sistemas de IA.
- **Apoio a colaboração:** Colaboração implica em um espaço comum de trabalho. A gestão deste espaço, que inclui os recursos necessários e trabalhos produzidos pode ser auxiliada por sistemas de IA, ao recomendar novos recursos, verificar permissões e versões de arquivos e agregar o trabalho realizado. Grupos de pessoas podem colaborar de forma assíncrona em espaços compartilhados mantidos por software inteligente.
- **IA como parte do grupo:** A IA também pode aparecer como integrante do grupo. Bots podem participar de um grupo, e ter tarefas específicas. Eles são rápidos, são capazes manipular grande quantidade de informações, raciocinar friamente e não se cansam. Podem facilmente realizar tarefas como as descritas acima, de arquivamento ou busca por exemplo, ou mais específicas, como a verificação de dependências de software em equipes de desenvolvimento. Com isso, abre-se uma linha de estudo sobre a interação com essas entidades. O que eles entendem sobre os humanos? O que os humanos entendem sobre seu funcionamento/raciocínio? Como percebem suas contribuições? Quais crenças que elas têm? Essas são algumas das perguntas norteando pesquisa para entendermos uma tecnologia que já está inserida e aumentando sua inserção em nossas vidas.
- **Análise de comportamentos do grupo:** Finalmente, em situações onde várias pessoas dão contribuições de forma independente, muitas vezes é possível perce-

ber uma “inteligência” resultante da agregação destas interações (a isso damos o nome de Inteligência Coletiva). A IA é muitas vezes utilizada para processar grandes quantidades de dados fornecidos por pessoas de forma independente, extraíndo análises complexas dos dados disponíveis.

#### 4.5. Investigação em Computação Social: Tendências e Métodos

Uma disciplina com tantas características humanas requer um olhar não apenas para os sistemas mas também para as pessoas. Assim como em Interação Humano Computador (IHC), é necessário estudar não apenas o projeto de interação, mas também o contexto no qual a computação está inserida, as necessidades das pessoas em diferentes contextos e as atividades nas quais elas se envolvem ao usar a computação em suas diferentes formas. Em Computação Social, assim como em CSCW anteriormente, além destas preocupações, é também necessário investigar as interações entre as pessoas, especialmente se mediadas por sistemas computacionais. Como se comunicam, se organizam, socializam e realizam trabalho em conjunto, e como a introdução de sistemas vai influenciar estas atividades. Para investigar estes fenômenos, são necessárias formas de investigação que normalmente não são encontradas em cursos de computação.

A área de Computação Social, enquanto área multidisciplinar, que engloba tanto os aspectos tecnológicos quanto os sociais, está em evolução contínua. Por mais de três décadas, ela tem sido palco de discussões sobre seu escopo e foco de atuação, ora pendendo mais para pesquisas que buscam avanços tecnológicos, ora para pesquisas que tratam de aspectos sociais, com a influência de diferentes domínios de aplicação.

Observa-se, também, uma distinção das ênfases e interesses de pesquisa na área a depender do continente onde a mesma se realiza. Nos Estados Unidos, por exemplo, observa-se uma ênfase na compreensão de fenômenos e comportamentos de usuários ao usar sistemas de apoio ao trabalho em grupo, mídias sociais, sistemas baseados em *crowdsourcing* e, mais recentemente, em fatores culturais que afetam estes usos. Tem havido interesse em estudar o uso destes tipos de sistemas em países estrangeiros, em particular nas economias emergentes, que têm altos níveis de adoção de tecnologia móvel. Essa tendência de pesquisa gerou um distanciamento dos aspectos da computação e da proposta de novos sistemas computacionais de apoio à colaboração, ou novas formas de interação digital.

Enquanto os americanos enfocam estudos sobre mídias sociais e interações menos formais, grupos de pesquisa europeus dão mais ênfase ao estudo da colaboração em situações reais, em empresas e organizações. Há uma preferência pela denominada Pesquisa Baseada na Prática (*Practice-based Research*) [Wulf et al. 2015, Wulf et al. 2011], o que pode ser percebido também na adoção de estruturas de parceria com empresas e o uso de *Living Labs* (ecossistemas de inovação aberta que integram processos de pesquisa e inovação) para condução de pesquisas [Müller et al. 2015].

Na América Latina, são poucas as pesquisas voltadas especificamente para sistemas colaborativos. Assim como ocorre no Brasil, em geral a ênfase é na construção de sistemas e soluções colaborativas para problemas específicos. Como a área se insere e se integra em muitas outras (Sistemas de Informação, Interação Humano-Computador, Engenharia de Software, Educação, entre outras) as contribuições muitas vezes ficam di-

luídas, e não é dada a devida ênfase a questões inerentes à Computação Social.

Os principais veículos para publicação e pesquisas em Computação Social são (conferências e periódicos): as conferências ACM CSCW, ECSCW, ACM GROUP, ACM CHI, e os periódicos JCSCW, PACM HCI, TOCHI, entre outros. No Brasil, o principal fórum é o SBSC, organizado pela CESC (Comissão Especial em Sistemas Colaborativos da SBC). Outras conferências e periódicos nacionais incluem IHC, Webmedia, SBSI, iSys, e JIS. Em 2019, foi realizada no Brasil uma Escola de Métodos em HCI/CSCW, patrocinada pela ACM SIGCHI. Estas iniciativas vêm fortalecendo o desenvolvimento da comunidade em anos recentes.

Do ponto de vista dos métodos para condução das pesquisas na área, destacaremos nas subseções seguintes, algumas das técnicas frequentemente usadas. O intuito aqui não é dar uma explicação completa, mas uma definição preliminar com ponteiro para pesquisas posteriores.

#### **4.5.1. Etnografia**

Conforme apresentado em [Filippo et al. 2011a], a etnografia vem das Ciências Sociais, e é uma técnica usada para entender culturas pouco conhecidas (ex: na antropologia, ao tentar entender culturas indígenas). Na Etnografia, o pesquisador se insere no ambiente estudado e observa os participantes. O pesquisador pode ainda se valer de entrevistas, filmagens, gravações ou diários de atividades para levantar dados ou esclarecer questões.

Com o crescimento da colaboração mediada por sistemas computacionais, esse método passou a ser adotado para entender o comportamento de grupos de pessoas participando de comunidades virtuais, equipes ou ao interagir com outros via sistemas computacionais ou em mídias sociais. Surge aí a Netnografia, ou a etnografia conduzida online, que busca compreender as interações de pessoas quando mediadas por sistemas computacionais. As mesmas ferramentas podem ser adotadas (entrevistas diários, etc.).

#### **4.5.2. Análise de logs de interação (*Log data analysis*)**

Outra forma de estudar grupos de pessoas é através da análise de logs de interação [Dumais et al. 2014]. Logs são traços de comportamento, capturados por sensores que registram atividade humana. Com a disseminação do acesso a serviços via internet, tornou-se muito fácil coletar dados de usuários. A coleta e análise de dados ganhou ainda mais força com a disseminação da redes sociais, onde usuários postam livremente. O estudo da disseminação de mensagens em mídias sociais, por exemplo, é um tema frequente em CSCW.

A análise de logs é realizada utilizando programas construídos especialmente para tal. Por vezes, pode ser necessário uma fase de pré-processamento humano (ex: rotular os dados) antes de processar os dados. Muitas vezes, são realizadas análises automáticas de texto para extrair o significado de mensagens. Outro elemento passível de análise é a frequência de mensagens entre dois usuários, que pode indicar que estão trabalhando juntos. A análise de logs é um método promissor de pesquisa, dada a quantidade de dados disponíveis. No entanto, é necessário cuidado para não infringir a privacidade dos usuários ao coletar estes dados.

### 4.5.3. *Design Fictions*

*Design Fiction* [Blythe 2014, Levine 2016, Roselló 2017] é uma forma de explorar o valor de possíveis soluções antes de construí-las. Essa abordagem, que vem ganhando força nos últimos cinco anos, propõe a construção (*design*) de protótipos de sistemas e a sua utilização para embasar conversas com usuários. A prototipação permite aos pesquisadores abordar problemas complexos e investigar como tecnologias futuras poderiam impactar as pessoas. O envolvimento de usuários e exploração de alternativas através de cenários são elementos cruciais na investigação baseada em protótipos.

Segundo essa abordagem, é desenvolvido um produto/protótipo ficcional, que é então apresentado ao usuário para receber *feedback*. Muitas vezes, o protótipo não é do produto em si, mas um outro derivado, como um anúncio, manual ou propaganda descrevendo o *design* proposto. O *feedback* é obtido a partir da apresentação deste tanto para o cliente quanto para o usuário final. *Design Fictions* têm sido muito adotadas como um convite à reflexão, especialmente no que tange a questões éticas e de privacidade.

### 4.5.4. Modelagem baseada em Agentes

O comportamento de um sistema multiusuário é muito variável, e difícil de prever até que um grupo suficientemente grande de usuários tenha desenvolvido rotinas de uso. A modelagem baseada em agentes [Ren and Kraut 2014] é uma forma de criar simulações computacionais que viabiliza a criação, análise e experimentação de modelos de agentes que interagem com um ambiente e uns com os outros [Gilbert 2008]. Simulações são usadas há muito tempo para entender comportamentos sociais. No contexto de sistemas colaborativos, agentes podem simular pessoas, que podem ser dotadas de autonomia e heterogeneidade e que interagem entre si em um ambiente complexo. Muitas vezes, esses comportamentos individuais podem levar a um comportamento coletivo emergente, e auxiliar no desenvolvimento de novas teorias sociais.

Simulações baseadas em agentes podem ser usadas tanto para explicar o comportamento de um sistema quanto para prescrever ações que levem a resultados desejáveis. Nessas simulações, o comportamento individual dos agentes é projetado de tal forma que cada agente tenha determinadas regras comportamentais (que normalmente não são muito complexas) e objetivos, e que tenham que interagir em um ambiente com determinadas características. Uma vez definidos o ambiente e os agentes, a simulação é executada para verificar o comportamento do sistema como um todo. Um exemplo é uma simulação de situação de incêndio, para projeto de saídas de emergência e estudo de comportamentos das pessoas em diferentes configurações (com e sem uma figura de liderança ou a quantidade de saídas disponíveis, por exemplo).

Ren [Ren and Kraut 2014] apresenta um guia de 7 passos para realização de pesquisas usando modelagem baseada em agentes; para os que quiserem se aprofundar, recomendamos a leitura. Uma outra utilização de agentes em sistemas colaborativos é sua adoção como assistentes inteligentes para mediar o trabalho em grupo. Nessas situações, os agentes atuam como parceiros, seja priorizando mensagens, buscando referências ou mediando conflitos. Nesses casos, os agentes são construídos segundo o modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*, ou Crenças-Desejos-Intenções) [Georgeff et al. 1998]. De forma resumida, o agente tem crenças sobre o ambiente e que está; desejos que repre-

sentam objetivos a atingir; e intenções ou ações que vai tomar para levar o ambiente do estado atual para o estado desejado (atingindo seus objetivos.) Este modelo é frequentemente adotado para criação de agentes inteligentes, como assistentes ou *bots*.

## **4.6. Considerações Finais**

Este texto abordou conceitos e aspectos gerais da Computação Social, tendo como domínio de aplicação os requisitos advindos da quarta revolução industrial, a Indústria 4.0 e a Educação 4.0. Discutimos como esses requisitos ajudam a delinear o que chamamos *Groupware* 4.0, sistemas de apoio à colaboração voltada para grupos ampliados (multidões), dotado de mecanismos que ampliam a percepção, e acolhem a diversidade nos grupos, com humanos e robôs cooperando em organizações com processos de trabalho mais fluidos e horizontais.

### **4.6.1. Colaboração em tempos de Pandemia**

Não podemos deixar de mencionar a situação que estamos vivendo no momento da escrita deste texto, e que afeta toda a humanidade. No início de 2020, foi detectada uma nova doença, muito agressiva e altamente transmissível, que rapidamente alcançou status de pandemia: a COVID-19. A doença, inicialmente detectada na China no final de 2019, rapidamente se espalhou pelo mundo, impulsionada pela frequência de viagens (a trabalho ou lazer) e de contato humano. Milhões de pessoas foram infectadas em diversos países, e as taxas de mortalidade foram altíssimas (na casa das centenas de milhares, no momento da escrita deste texto). Para mitigar esse problema, a maioria dos governos seguiram recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) e adotaram alguma forma de distanciamento social. Em grande parte dos países, foi decretada suspensão de aulas, fechamento temporário de serviços não essenciais e suspensão de transportes, e foram feitas recomendações à população para que ficasse em casa (chegando a um *lockdown* controlado por forças policiais em certos casos). Isso trouxe risco de fechamento a vários negócios (restaurantes, bares, clubes, boates, pequenos lojistas, cinemas, teatros, feirantes, comércios em geral) As cadeias de produção também foram afetadas pela suspensão de transportes e dificuldade de escoar a produção.

Apesar de trágica, essa crise também nos mostra como a sociedade, em momento de crise, instintivamente busca a colaboração como forma de solução. A começar pela própria OMS, braço das Nações Unidas que lida com saúde pública global, e é formada por integrantes de vários países: realizando a análises da situação global (evitando o olhar individual) e emitindo recomendações para enfrentar a crise de saúde.

Pequenos negócios, incluindo cafés, restaurantes e bares se organizaram em coletivos, firmando parcerias para alavancar o trabalho uns dos outros e formando uma malha de apoio para sustentar as receitas durante o período de fechamento. De forma concreta, ações incluíram o compartilhamento de recursos para realizar entregas (inclusive fechando parcerias com cooperativas de táxi), publicidade cruzada nas mídias sociais, vídeos e promoções conjuntas, entre outras. Grandes fornecedores também entraram em cena, para incentivar o apoio aos pequenos bares e restaurantes, que muitas vezes são os pontos por onde a produção destes produtores escoam.

Grupos colaborativos se formaram de maneira ad-hoc (com ou sem incentivo de



chamadas do governo) para lidar com os mais diferentes problemas (ex.: Projeto Mandacaru <sup>2</sup>, consórcio de cientistas para ações no NE do Brasil). Grupos de engenheiros e designers se mobilizaram para criar modelos para impressão de equipamento de proteção em impressoras 3D, que foram compartilhados pelo mundo. Estes por sua vez foram impressos em laboratórios de universidades, espaços comunitários de fabricação (*FabLabs*) e em laboratórios da indústria. Outros grupos juntaram forças para projetar respiradores de baixo custo, que pudessem aparelhar hospitais necessitando de leitos de emergência. Cientistas de dados e pesquisadores de IA juntaram seus recursos para analisar dados e calcular o provável desenvolvimento da pandemia, para determinar os principais focos e para desenhar estratégias de combate. Tudo isso só foi possível através do compartilhando de dados e resultados entre as partes envolvidas, e da manutenção das interações à distância, através de conexões por computador.

Iniciativas de Inteligência Coletiva e Ciência Cidadã também foram propostas, com o surgimento de vários sistemas que permitiam desde o uso de ciclos ociosos do computador para simulações de vírus e doenças (*Folding@Home*<sup>3</sup>), até a organização de *Hackatons* por diferentes entidades locais para *brainstorming* e desenvolvimento de soluções computacionais para o enfrentamento à COVID-19 (*Covid-Global*<sup>4</sup> ou *Hackovid19*<sup>5</sup>). Outras iniciativas usavam dados de localização gerados por telefones celulares para rastrear a movimentação das pessoas e verificar a aderência ao distanciamento social e realizar *contact tracing*, rastreamento de contatos de uma pessoa infectada, viabilizando a realização de testes e eventual quarentena apenas dos que tiveram contato com a doença.

As restrições de movimentação impostas pela pandemia aceleraram mudanças que estavam em curso nas formas de trabalho e ensino. Interações precisaram ser rapidamente adaptadas para o universo virtual, e a humanidade se viu mais dependente do que nunca de sistemas de interconexão, não apenas para trabalhar, mas também para interagir socialmente. Milhões de pessoas foram incentivadas a ficar em casa, e, a um só tempo, compreender e trabalhar à distância, de forma distribuída, síncrona e/ou assíncrona, no formato *home office* e *home schooling* [Calado 2020, Dingel and Neiman 2020]. Não foi uma mudança gradual; ao contrário, foram decisões e mudanças que tiveram que ser feitas de forma disruptiva e radical, como única opção disponível para minimizar o inevitável caos no sistema de saúde, economia e sociedade.

Em anos futuros, este será um excelente estudo de caso para verificar os conceitos sobre os quais as tecnologias de *Groupware* vinham sendo construídas. As tecnologias existentes, limitadas a grupos restritos, de repente se popularizaram e, sob stress, algumas revelaram vulnerabilidades. Houve questionamento de políticas de segurança e preocupação com privacidade, que vieram para o primeiro plano. Até o presente, não há respostas concretas e definitivas sobre quais iniciativas foram bem sucedidas, e as pesquisas estão se desenvolvendo ao mesmo tempo e com a mesma velocidade em que a pandemia do COVID-19 convida a sociedade a se reinventar. No momento em que este texto estava sendo escrito, profissionais e pesquisadores estavam envolvidos em muitos questionamentos sobre o papel da tecnologia e da Computação Social, dado esse novo cenário.

---

<sup>2</sup><https://www.comitecientifico-ne.com.br/>

<sup>3</sup><https://foldingathome.org/>

<sup>4</sup><https://covid-global-hackathon.devpost.com/>

<sup>5</sup><https://hackcovid-19.devpost.com/>

#### 4.6.2. Perspectivas Futuras na Computação Social

Nos próximos anos, estima-se que enfrentaremos desafios maiores, e de implementação mais velozes, do que qualquer outra geração anterior, especialmente os advindos pela ruptura tecnológica. Precisaremos administrar nossas instituições de maneira diferente, se quisermos ser capazes de responder com rapidez e eficácia. As pessoas podem não estar familiarizadas com os novos modelos de negócios, mas diante da experiência vivida, percebe que terá que ser capaz de se adaptar (os que não se adaptarem, perecerão). A ciência e os responsáveis por estipular leis e governar as comunidades precisarão aproveitar o conhecimento gerado de forma não ocasional, e contínua, trazendo a Inteligência Coletiva para transformar o processo de geração de conhecimento, como um exercício prático de construção do conhecimento coletivo.

Em [Filippo et al. 2011b] são discutidos alguns desafios que impactam no trabalho e aprendizado colaborativo neste mundo imerso na digitalização, onde informação e capacidade computacional estão disponíveis a qualquer hora e de qualquer lugar. Por exemplo, profissionais têm que lidar com frequentes interrupções, sobrecarga de informação, expectativa de respostas rápidas e de disponibilidade 24h por dia, limites menos rígidos entre hora de trabalho e lazer, invasão de privacidade e vigilância das ações, através do rastreamento das atividades digitais.

Podemos perceber que a revolução trazida pela Computação Social está apenas no início, e muitas são as possibilidades de avanços e pesquisas nessa área, tanto do ponto de vista tecnológico, com a construção de sistemas e/ou agregação de valor aos sistemas existentes, quanto do ponto de vista sócio-técnico, com investigações sobre as formas de interação das comunidades e as influências dos sistemas colaborativos. Conforme discutido em [Erickson 2013], projetistas e pesquisadores de diversas disciplinas (e.g. economia comportamental, ciência da computação, jogos, interação humano-computador, psicologia, e sociologia) estudam ativamente os sistemas de Computação Social e aplicam *insights* obtidos em suas áreas de estudo. É difícil prever o futuro, mas parece seguro dizer que os mecanismos e sistemas de Computação Social continuarão a transformar a maneira como vivemos, aprendemos, trabalhamos, e nos divertimos.

Para finalizar, deixamos o leitor com uma citação de “A Origem das Espécies”, de Charles Darwin [Darwin 1936] com a qual iniciamos este texto:

*“Na longa história da humanidade (e animais, também) aqueles que aprenderam a colaborar e improvisar mais efetivamente prevaleceram.”*

Esperamos que o material deste curso sirva de referência aos interessados em iniciar seus estudos em Computação Social, e que sua leitura motive e incentive o surgimento de novos pesquisadores e comunidades na área.

#### 4.7. Exercícios e Reflexões

Para apoiar o uso deste capítulo em dinâmicas de grupo, propomos, nesta seção, alguns exercícios e reflexões que podem ser conduzidas em grupos de aprendizagem sobre Computação Social.

## 1 Reflexões e Discussões:

- (a) Considerando o cenário da pandemia de 2020 e as tecnologias existentes na ocasião, você considera que as soluções emergenciais de *home office* e/ou o *home schooling* foram bem sucedidas ao tentar substituir os ambientes existentes, de interações presenciais?
- (b) Quais foram os grandes desafios e soluções, dadas as condições do momento?
- (c) Passado o momento, que desafios persistem? Quais são os problemas em aberto para os sistemas de *Groupware*? Que oportunidades surgiram na ocasião ou ganharam visibilidade neste cenário?
- (d) A pandemia foi um catalisador/acelerador de mudanças nas estruturas e formas de trabalho. Como você compararia estas mudanças com as mudanças na época da Revolução Industrial?
- (e) Em relação à robotização do trabalho humano, [Bach 2016] traz a reflexão abaixo. Reflita individualmente sobre ela e discuta em grupo, compartilhando pontos de vista e gerando uma reflexão que contemple o pensamento do grupo.

*“[...] a humanidade será capaz de por a seu serviço um produto de tal Inteligência Coletiva? Será capaz de reduzir o tempo de trabalho cinzento e cotidiano a médio ou ainda a longo prazo? De quantas horas seria uma jornada de trabalho média tendo em conta a ajuda deste eventual “exército de robôs”? De 6? De 4 horas? De 3, de 2? Será capaz a humanidade de criar as máquinas que permitam às amplas maiorias conquistar o tempo livre necessário para desenvolver a imaginação, a criatividade, a arte, a ciência?”*

**2 Exercício em Grupo:** Em um cenário de emergência que implique em um distanciamento físico (ex: emergências sanitária, desabamentos, nevascas ou enchentes que podem deixar cidades isoladas), muitas localidades apresentarão problemas similares, como ausência de infraestrutura de saúde, dificuldade em gerenciar a crise devido a distância e baixa conectividade das comunidades, entre outros. Nesse cenário:

- (a) Identifique um problema real que envolva trabalho em equipe;
- (b) Mapeie tarefas necessárias para que o trabalho se realize, incluindo papéis x responsabilidades, fluxo de trabalho e informações, necessidades de comunicação e controle, e ferramentas (computacionais ou não) que precisam ser utilizadas para coordenar o trabalho em equipe;
- (c) Identifique os desafios que surgem do ponto de vista do processo colaborativo, que pode impactar ou mesmo impedir o trabalho da equipe;
- (d) Proponha o projeto de um novo processo de trabalho integrado a um sistema colaborativo que otimize o trabalho dessa equipe. Pense nos aspectos de comunicação, coordenação e cooperação, se as pessoas trabalham ao mesmo tempo, ou pode ser em momentos diferentes, se estão próximas ou distantes, se podem se movimentar enquanto colaboram, etc. Integre tudo que possa otimizar a colaboração.

- (e) Se pensaram em novos objetos inteligentes (e.g. sensores, robôs, dispositivos), descreva como seriam...

## Referências

- [Abbate 2000] Abbate, J. (2000). *Inventing the internet*. MIT press.
- [Adewale et al. 2017] Adewale, O., Beatson, A., Buniatyan, D., Ge, J., Khodak, M., Lee, H., Prasad, N., Saunshi, N., Seff, A., Singh, K., et al. (2017). Pixie: A social chatbot. *Alexa Prize Proceedings*.
- [Alizadeh et al. 2019] Alizadeh, V., Ouali, M. A., Kessentini, M., and Chater, M. (2019). Refbot: Intelligent software refactoring bot. In *2019 34th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE)*, pages 823–834. IEEE.
- [Bach 2016] Bach, P. (2016). La conspiración de los robots. Em: <https://www.laizquierdadiario.com/La-conspiracion-de-los-robots>, Acesso 04/2020.
- [Beckmann and Gross 2014] Beckmann, C. and Gross, T. (2014). Social computing—bridging the gap between the social and the technical. In Meiselwitz, G., editor, *Social Computing and Social Media*, pages 25–36, Cham. Springer International Publishing.
- [Blythe 2014] Blythe, M. (2014). Research through design fiction: Narrative in real and imaginary abstracts. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, page 703–712, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Brin and Page 1998] Brin, S. and Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1):107 – 117. Proceedings of the Seventh International World Wide Web Conference.
- [Calado 2020] Calado, S. (2020). Novos modelos de trabalho? covid-19 pode ser oportunidade para testá-los. Em: <https://eco.sapo.pt/especiais/covid-19-poder-ser-oportunidade-para-testar-novos-modelos-de-trabalho/>, Acesso 04/2020.
- [Camarinha-Matos and Afsarmanesh 2005] Camarinha-Matos, L. M. and Afsarmanesh, H. (2005). Collaborative networks: a new scientific discipline. *Journal of intelligent manufacturing*, 16(4-5):439–452.
- [Camarinha-Matos et al. 2017] Camarinha-Matos, L. M., Fornasiero, R., and Afsarmanesh, H. (2017). Collaborative networks as a core enabler of industry 4.0. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, pages 3–17. Springer.
- [Carroll et al. 2017] Carroll, J. M., Convertino, G., Rosson, M. B., and Ganoe, C. H. (2017). Toward a conceptual model of common ground in teamwork. In *MacroCognition in Teams*, pages 86–105. CRC Press.
- [Chamoso et al. 2019] Chamoso, P., González-Briones, A., Rivas, A., De La Prieta, F., and Corchado, J. M. (2019). Social computing in currency exchange. *Knowledge and Information Systems*, 61(2):733–753.

- [Chea et al. 2019] Chea, C., Tan, J., and Huan, J. (2019). Higher education 4.0: the possibilities and challenges. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 5:81–85.
- [Chen et al. 2017] Chen, Z., Tanash, R. S., Stoll, R., and Subramanian, D. (2017). Hunting malicious bots on twitter: An unsupervised approach. In *International Conference on Social Informatics*, pages 501–510. Springer.
- [Chesbrough 2003] Chesbrough, H. (2003). *The new imperative generation for creating and profiting from technology*. Harvard Business Pub., Boston.
- [Ciolacu et al. 2018] Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., and Svasta, P. M. (2018). Education 4.0 - artificial intelligence assisted higher education: Early recognition system with machine learning to support students' success. In *2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, pages 23–30.
- [Clark and Brennan 1991] Clark, H. H. and Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. In Resnick, L., Levine, J., and Teasley, S., editors, *Perspectives on Socially Shared Cognition*, pages 127–149. American Psychological Association.
- [Council 2019] Council, R. (2019). Platform industrie 4.0 (ed.): Key themes of industrie 4.0. Technical report, acatech - National Academy of Science and Engineering.
- [Darwin 1936] Darwin, C. (1936). *The origin of species*. Everyman's library. Dent.
- [Dawson et al. 2019] Dawson, S., Joksimovic, S., Poquet, O., and Siemens, G. (2019). Increasing the impact of learning analytics. In *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge, LAK19*, page 446–455, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Dingel and Neiman 2020] Dingel, J. I. and Neiman, B. (2020). How many jobs can be done at home? Em: <https://www.nber.org/papers/w26948>, Accesso 04/2020.
- [Duffy 2019] Duffy, J. (2019). The best online collaboration software for 2020. Em: <https://www.pcmag.com/picks/the-best-online-collaboration-software>, Accesso 04/2020.
- [Dumais et al. 2014] Dumais, S. T., Jeffries, R., Russell, D. M., Tang, D., and Teevan, J. (2014). Understanding user behavior through log data and analysis. In Olson, J. S. and Kellogg, W. A., editors, *Ways of Knowing in HCI*, pages 349–372. Springer.
- [Dunwill 2016] Dunwill, E. (2016). 4 changes that will shape the classroom of the future: Making education fully technological. Em: <https://elearningindustry.com/4-changes-will-shape-classroom-of-the-future-making-education-fully-technological>, Accesso 04/2020.
- [Durugbo 2016] Durugbo, C. (2016). Collaborative networks: a systematic review and multi-level framework. *International Journal of Production Research*, 54(12):3749–3776.

- [Ellis et al. 1991] Ellis, C. A., Gibbs, S. J., and Rein, G. (1991). Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1):39–58.
- [Erickson 2013] Erickson, T. (2013). Social computing. In *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, chapter 4. Interaction Design Foundation, 2nd edition. Em: <http://www.interaction-design.org/encyclopedia>, Acesso 04/2020.
- [Erlenhov et al. 2019] Erlenhov, L., de Oliveira Neto, F. G., Scandariato, R., and Leitner, P. (2019). Current and future bots in software development. In *2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Bots in Software Engineering (BotSE)*, pages 7–11. IEEE.
- [Etzkowitz and Leydesdorff 2000] Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from national systems and “mode 2” to a triple helix of university–industry–government relations. *Research policy*, 29(2):109–123.
- [Fava 2014] Fava, R. (2014). *Educação 3.0: aplicando o PDCA nas instituições de ensino*. Saraiva, São Paulo.
- [Filippo et al. 2011a] Filippo, D., Pimentel, M., and Wainer, J. (2011a). Metodologia de pesquisa científica em sistemas colaborativos. In Pimentel, M. and Fuks, H., editors, *Sistemas Colaborativos*, pages 379–404. Elsevier.
- [Filippo et al. 2011b] Filippo, D., Viterbo, J., Endler, M., and Fuks, H. (2011b). Mobilidade e ubiquidade para colaboração. *Sistemas Colaborativos (1 ed)*, Mariano Pimentel and Hugo Fuks (eds.). Elsevier, Rio de Janeiro, Brazil, pages 294–313.
- [Fisk 2017] Fisk, P. (2017). Education 4.0 ... the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life.
- [Forum 2020] Forum, W. E. (2020). Education and skills.
- [Frank et al. 2009] Frank, E., Hall, M., Holmes, G., Kirkby, R., Pfahringer, B., Witten, I. H., and Trigg, L. (2009). Weka-a machine learning workbench for data mining. In *Data mining and knowledge discovery handbook*, pages 1269–1277. Springer.
- [Fuks et al. 2011] Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M., Pimentel, M., Filippo, D., and Lucena, C. (2011). Teorias e modelos de colaboração. *Sistemas Colaborativos (1 ed)*, Mariano Pimentel and Hugo Fuks (eds.). Elsevier, Rio de Janeiro, Brazil, pages 16–33.
- [Fuks et al. 2008] Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M. A., et al. (2008). The 3c collaboration model. In *Encyclopedia of E-collaboration*, pages 637–644. IGI Global.
- [Fuks et al. 2005] Fuks, H., Raposo, A. B., Gerosa, M. A., and Lucena, C. J. P. (2005). Applying the 3c model to groupware development. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 14(02n03):299–328.
- [Garrett 2019] Garrett, R. K. (2019). Social media’s contribution to political misperceptions in u.s. presidential elections. *PLoS ONE 2007*, 14(3).

- [Geissbauer et al. 2016] Geissbauer, R., Vedso, J., and Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. *Em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>*, Acesso 04/2020.
- [Georgeff et al. 1998] Georgeff, M. P., Pell, B., Pollack, M. E., Tambe, M., and Wooldridge, M. J. (1998). The belief-desire-intention model of agency. In Müller, J. P., Singh, M. P., and Rao, A. S., editors, *ATAL*, volume 1555 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–10. Springer.
- [Gilbert 2008] Gilbert, G. N. (2008). *Agent-based models*. Quantitative applications in the social sciences. Sage, Los Angeles, CA.
- [Gomes et al. 2018] Gomes, L. A., Facin, A. L. F., Salerno, M. S., and Ikenami, R. K. (2018). Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 136:30–48.
- [Gómez 2015] Gómez, Á. I. P. (2015). *Educação na era digital: a escola educativa*. Penso Editora.
- [Greif 1988] Greif, I. (1988). *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*. Morgan Kaufmann, San Mateo, Calif.
- [Grudin 1994] Grudin, J. (1994). Groupware and social dynamics: Eight challenges for developers. *Communications of the ACM*, 37(1):92–105.
- [Grudin 2008] Grudin, J. (2008). Timelineswhy engelbart wasn't given the keys to fort knox: Revisiting three hci landmarks. *Interactions*, 15(5):65–67.
- [Guerin et al. 2019] Guerin, C., Rauffet, C., Chauvin, E., and Martin, E. (2019). Toward production operator 4.0: modelling human-machine cooperation in industry 4.0 with cognitive work analysis. *IFAC-PapersOnLine*, 52:73–78.
- [Gutwin and Greenberg 2002] Gutwin, C. and Greenberg, S. (2002). A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. *Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)*, 11(3-4):411–446.
- [Hernández-Lara et al. 2019] Hernández-Lara, A. B., Perera-Lluna, A., and Serradell-López, E. (2019). Applying learning analytics to students' interaction in business simulation games. the usefulness of learning analytics to know what students really learn. *Computers in Human Behavior*, 92:600–612.
- [Hildebrand and Bergner 2019] Hildebrand, C. and Bergner, A. (2019). Ai-driven sales automation: Using chatbots to boost sales. *NIM Marketing Intelligence Review*, 11(2):36–41.
- [Howe 2006] Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. *Wired Magazine*, 14(6).
- [Hussin 2018] Hussin, A. A. (2018). Education 4.0 made simple: Ideas for teaching. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 6(3):92–98.

- [Ivanov et al. 2019] Ivanov, D., Dolgui, A., and Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, pages 829–846.
- [Johnson-Lentz and Johnson-Lentz 1982] Johnson-Lentz, P. and Johnson-Lentz, T. (1982). Groupware: The process and impacts of design choices. In Kerr, E. B. and Hiltz, S. R., editors, *Computer-Mediated Communication Systems: Status and Evaluation*. Academic Press, New York.
- [Jordan and Mitchell 2015] Jordan, M. I. and Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245):255–260.
- [Koch et al. 2015] Koch, M., Schwabe, G., and Briggs, R. O. (2015). Cscw and social computing. *Business & Information Systems Engineering*, 57(3):149–153.
- [Lee et al. 2014] Lee, J., Kao, H., and Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, pages 3–8.
- [Lee et al. 2018] Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., et al. (2018). How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3):21.
- [Levine 2016] Levine, D. (2016). Design fiction. Em: <https://medium.com/digital-experience-design/design-fiction-32094e035cd7>, Acesso 04/2020.
- [Liu 2019] Liu, X. (2019). A big data approach to examining social bots on twitter. *Journal of Services Marketing*.
- [Malone et al. 2009] Malone, T. W., Laubacher, R., and Dellarocas, C. (2009). Harnessing crowds: Mapping the genome of collective intelligence. Research Paper No. 4732-09, MIT, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA. Sloan Research Paper No. 4732-09.
- [Moravec 2008] Moravec, J. W. (2008). Moving beyond education 2.0 there’s a lot of talk about moving.
- [Motta et al. 2011] Motta, C., Garcia, A., Vivacqua, A., Santoro, F., and Sampaio, J. (2011). Sistemas de recomendação. *Pimentel, M.; Fuks, H. “Sistemas colaborativos”*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [Müller et al. 2015] Müller, C., Hornung, D., Hamm, T., and Wulf, V. (2015). Practice-based design of a neighborhood portal: focusing on elderly tenants in a city quarter living lab. In *Proceedings of the 33rd annual ACM conference on human factors in computing systems*, pages 2295–2304.
- [O’Neill 1993] O’Neill, J. E. (1993). The evolution of interactive computing through time-sharing and networking.



- [Pascall 2017] Pascall, T. (2017). Innovation and industry 4.0. Em: <https://disruptionhub.com/innovation-industry-4-0/>, Acesso 04/2020.
- [Plattform-i40 2019] Plattform-i40 (2019). 2030 vision for industrie 4.0 shaping digital ecosystems globally. *Knowledge and Information Systems*, 1(2).
- [Ponti et al. 2019] Ponti, E. M., O’horan, H., Berzak, Y., Vulić, I., Reichart, R., Poibeau, T., Shutova, E., and Korhonen, A. (2019). Modeling language variation and universals: A survey on typological linguistics for natural language processing. *Computational Linguistics*, 45(3):559–601.
- [Quarteroni and Manandhar 2007] Quarteroni, S. and Manandhar, S. (2007). A chatbot-based interactive question answering system. *Decalog 2007*, 83.
- [Ren and Kraut 2014] Ren, Y. and Kraut, R. E. (2014). Agent based modeling to inform the design of multiuser systems. In Olson, J. S. and Kellogg, W. A., editors, *Ways of Knowing in HCI*, pages 395–419. Springer.
- [Resnick et al. 2000] Resnick, P., Kuwabara, K., Zeckhauser, R., and Friedman, E. (2000). Reputation systems. *Communications of the ACM*, 43(12):45–48.
- [Roselló 2017] Roselló, E. (2017). Design fiction: Prototyping desirable futures. Em: <http://lab.cccb.org/en/design-fiction-prototyping-desirable-futures/>, Acesso 04/2020.
- [Russell et al. 2011] Russell, M., Still, K., Huhtamäki, J., Yu, J., and Rubens, N. (2011). Transforming innovation ecosystems through shared vision and network orchestration. In *Proceedings of the Triple Helix IX International Conference: Silicon Valley: Global Model or Unique Anomaly? 11-14 July, 2011, Stanford, California, USA*, Triple Helix International Conference, pages 1–21. Stanford University, H-STAR Institute Center for Innovation and Communication.
- [Schmidt 2011] Schmidt, K. (2011). The concept of ‘work’ in csw. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW): The Journal of Collaborative Computing*, 20(4):341–401.
- [Schmidt and Bannon 2013] Schmidt, K. and Bannon, L. (2013). Constructing csw: The first quarter century. *Computer supported cooperative work (CSCW)*, 22(4-6):345–372.
- [Schmulian and Coetzee 2019] Schmulian, A. and Coetzee, S. (2019). The development of messenger bots for teaching and learning and accounting students’ experience of the use thereof. *Br J Educ Technol*, pages 2751–2777.
- [Schuler 1994] Schuler, D. (1994). Social computing. *Communications of the ACM*, 37(1):28–29.
- [Schwab 2017] Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Publishing Group, USA.
- [Schwab and Davis 2018] Schwab, K. and Davis, N. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. Current Medicine.

- [Shi et al. 2019] Shi, P., Zhang, Z., and Choo, K.-K. R. (2019). Detecting malicious social bots based on clickstream sequences. *IEEE Access*, 7:28855–28862.
- [Singh 2019] Singh, P. (2019). Natural language processing. In *Machine Learning with PySpark*, pages 191–218. Springer.
- [Surowiecki 2005] Surowiecki, J. (2005). *The Wisdom of Crowds*. Anchor.
- [Vieira et al. 2009] Vieira, V., Tedesco, P., and Salgado, A. C. (2009). Modelos e processos para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto. *André Ponce de Leon F. de Carvalho, Tomasz Kowaltowski.(Org.). Jornadas de Atualização em Informática*, pages 381–431.
- [Vieira et al. 2012] Vieira, V., Tedesco, P., and Salgado, A. C. (2012). Percepção e contexto. *Sistemas Colaborativos*.
- [Wang et al. 2007] Wang, F.-Y., Carley, K. M., Zeng, D., and Mao, W. (2007). Social computing: From social informatics to social intelligence. *IEEE Intelligent systems*, 22(2):79–83.
- [Wessner 2007] Wessner, C. W. (2007). *Innovation Policies for the 21st Century: Report of a Symposium*. National Research Council, The National Academies Press, Washington, DC.
- [Whitworth and Ahmad 2013] Whitworth, B. and Ahmad, A. (2013). Socio-technical system design. In *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, chapter 24. Interaction Design Foundation, 2nd edition. Em: <http://www.interaction-design.org/encyclopedia>, Acesso 04/2020.
- [Wulf et al. 2015] Wulf, V., Müller, C., Pipek, V., Randall, D., Rohde, M., and Stevens, G. (2015). Practice-based computing: Empirically grounded conceptualizations derived from design case studies. In *Designing socially embedded technologies in the real-world*, pages 111–150. Springer.
- [Wulf et al. 2011] Wulf, V., Rohde, M., Pipek, V., and Stevens, G. (2011). Engaging with practices: design case studies as a research framework in cscw. In *Proceedings of the ACM 2011 conference on Computer supported cooperative work*, pages 505–512.
- [Wyrich and Bogner 2019] Wyrich, M. and Bogner, J. (2019). Towards an autonomous bot for automatic source code refactoring. In *2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Bots in Software Engineering (BotSE)*, pages 24–28. IEEE.
- [Yin et al. 2019] Yin, H., Wang, Q., Zheng, K., Li, Z., Yang, J., and Zhou, X. (2019). Social influence-based group representation learning for group recommendation. In *2019 IEEE 35th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, pages 566–577.
- [Zhang et al. 2019] Zhang, X., Meng, Y., Ordóñez, P. P., and Sun, Y. (2019). Learning analytics in collaborative learning supported by slack: From the perspective of engagement. *Computers in Human Behavior*, 92:625–633.