

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ – UNIVALI
VICE-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIA JURÍDICA – PPCJ
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA JURÍDICA – CMCJ
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FUNDAMENTOS DO DIREITO POSITIVO
LINHA DE PESQUISA: DIREITO, JURISDIÇÃO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
PROJETO DE PESQUISA: PROTEÇÃO DE DADOS, DIREITO À PRIVACIDADE E À
INFORMAÇÃO NO CONTEXTO TRANSNACIONAL

***CHATBOTS* NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: A
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL À LUZ DO PRINCÍPIO DA
EFICIÊNCIA ADMINISTRATIVA, DO DIREITO DE ACESSO À
INFORMAÇÃO E DA SUSTENTABILIDADE**

DAVID MATALON NETO

Itajaí-SC, fevereiro de 2023

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ – UNIVALI
VICE-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIA JURÍDICA – PPCJ
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA JURÍDICA – CMCJ
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FUNDAMENTOS DO DIREITO POSITIVO
LINHA DE PESQUISA: DIREITO, JURISDIÇÃO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
PROJETO DE PESQUISA: PROTEÇÃO DE DADOS, DIREITO À PRIVACIDADE E À
INFORMAÇÃO NO CONTEXTO TRANSNACIONAL

CHATBOTS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: A
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL À LUZ DO PRINCÍPIO DA
EFICIÊNCIA ADMINISTRATIVA, DO DIREITO DE ACESSO À
INFORMAÇÃO E DA SUSTENTABILIDADE

DAVID MATALON NETO

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em
Ciência Jurídica da Universidade do Vale do Itajaí –
UNIVALI, como requisito parcial à obtenção do título
de Mestre em Ciência Jurídica.

Orientador (a): Professor (a) Doutor(a) André Luiz Costa-Corrêa

Itajaí-SC, fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor,
pelo dom da vida e por todas as bênçãos iméritas;

À minha família,
pela inspiração e por sempre estar ao meu lado;

Ao meu orientador, professor Dr. André Luiz Costa-Corrêa,
pelo conhecimento compartilhado;

A todos os professores, pela excelência do conteúdo ministrado;

À professora Dra. Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza,
pelos ensinamentos e por todo o amparo;

À minha esposa, Lorena, e filhas, Ana Rebeca e Esther,
por compreenderem a redução de nosso tempo
de convívio em prol deste curso de mestrado.

DEDICATÓRIA

A Lorena, Ana Rebeca e Esther,
por todo o amor e apoio cruciais à conclusão deste trabalho.

TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico conferido ao presente trabalho, isentando a Universidade do Vale do Itajaí, a Coordenação do Curso de Mestrado em Ciência Jurídica, a Banca Examinadora e o Orientador de toda e qualquer responsabilidade acerca do mesmo.

Itajaí-SC, fevereiro de 2023



DAVID MATALON NETO
Mestrando

PÁGINA DE APROVAÇÃO

MESTRADO

Conforme Ata da Banca de Defesa de Mestrado, arquivada na Secretaria do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica PPCJ/UNIVALI, em 28/03/2023, às onze horas e trinta minutos, o mestrando David Matalon Neto fez a apresentação e defesa da Dissertação, sob o título “CHATBOTS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL À LUZ DO PRINCÍPIO DA EFICIÊNCIA ADMINISTRATIVA, DO DIREITO DE ACESSO À INFORMAÇÃO E DA SUSTENTABILIDADE”.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes professores: Doutor André Luiz Costa-Corrêa (CIESA), como presidente e orientador, Doutor Rodrigo Fernandes Rebouças (FGV/SP), como membro, Doutor Gilson Jacobsen (UNIVALI), como membro e Doutora Maria Claudia da Silva Antunes de Souza (UNIVALI), como membro suplente. Conforme consta em ata, após a avaliação dos membros da Banca, a Dissertação foi aprovada.

Por ser verdade, firmo a presente.

Itajaí (SC), 28 de março de 2023.



PROF. DR. PAULO MÁRCIO DA CRUZ
Coordenador/PPCJ/UNIVALI

ROL DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e emendas constitucionais posteriores
IA	Inteligência Artificial
NLG¹	Geração de Linguagem Natural (do inglês, <i>Natural Language Generation</i>)
NLP²	Processamento de Linguagem Natural (do inglês, <i>Natural Language Processing</i>)
NLU³	Compreensão de Linguagem Natural (do inglês, <i>Natural Language Understanding</i>)

¹ Optou-se por utilizar a sigla em inglês em razão de sua popularidade na literatura, inclusive na nacional.

² Como a sigla é amplamente utilizada na literatura, inclusive na nacional, optou-se por utilizá-la em lugar de “PLN”, seu equivalente no vernáculo.

³ Optou-se por utilizar a sigla em inglês em razão de sua popularidade na literatura, inclusive na nacional.

ROL DE CATEGORIAS

Algoritmo: conjunto finito e ordenado de etapas destinado a solucionar um problema específico⁴ e que pode “ser descrito de várias formas, desde a linguagem natural até por representações gráficas em um fluxograma.”⁵

Algoritmo Aprendiz: comumente referido na literatura como *learner* e *learning algorithm*, é o Algoritmo responsável pelo aprendizado a partir dos dados (ou ainda, pelo treinamento a partir de exemplos), a quem compete, ao final desse processo, determinar um Modelo capaz de prover Generalizações⁶.

Aplicativo de NLP: Programa de Computador — quer executado diretamente pelo usuário, quer evocado por outro *software* — capaz de compreender, analisar ou produzir linguagem verbal⁷.

Aprendizado de Máquina: subárea da IA, Aprendizado de Máquina — ou *machine learning*, em inglês — “é a ciência (e arte) de programar computadores para que eles possam aprender com os dados.”⁸

Característica: proveniente da estatística e não raro referida como Propriedade, atributo ou variável, tal categoria expressa aspectos relevantes do objeto de investigação⁹.

⁴ FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de programação:** a construção de algoritmos e estruturas de dados. Tradução de Paulo Heraldo Costa do Valle. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. p. 3.

⁵ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito.** Curitiba: Alteridade, 2019. p. 73.

⁶ Conceito inspirado em: CHOLLET, François. **Deep learning with python.** Shelter Island, NY, USA: Manning, 2018. p. 6-8.

⁷ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing.** Shelter Island, NY, USA: Manning, 2021. *E-book*. p. 4.

⁸ Tradução nossa. No original: “Machine Learning is the science (and art) of programming computers so they can learn from data.” — GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow:** concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O’Reilly, 2019. p. 2.

⁹ Conceito inspirado em: PINHEIRO, João Ismael D.; CUNHA, Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica:** a arte de trabalhar com dados. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. p. 5-6.

Chatbots: também conhecidos como *chatterbots*, agentes de conversação ou sistemas de diálogo, são sistemas interativos que implementam uma interface em linguagem natural, por meio de texto e/ou de voz, com seus usuários¹⁰.

Direito de Acesso à Informação: vertente do direito à informação (no sentido de direito a ser informado) que correspondente à prerrogativa de poder acessar informações¹¹ e que visa a proteger “*prima facie*, as ações ou condutas de procura, levantamento, consulta, pesquisa, coleta ou recebimento de informações”¹² contra ato dos Poderes Públicos e, em certos casos, de particulares¹³.

Princípio da Eficiência Administrativa: é o princípio que tem como núcleo “a procura de produtividade e economicidade e, o que é mais importante, a exigência de reduzir os desperdícios de dinheiro público, o que impõe a execução dos serviços públicos com presteza, perfeição e rendimento funcional.”¹⁴

Função: “Uma **função** é uma relação que associa cada elemento x de um conjunto X , o **domínio** da função, a um único elemento y de um outro conjunto Y , o **contradomínio** da função. Normalmente, a função tem um nome. Se a função é chamada de f , esta relação é denotada por $y = f(x)$ (lê-se f de x). O elemento x é o argumento ou a entrada da função, e y é o valor da função ou sua saída. O símbolo que é usado para representar a entrada é a variável da função (frequentemente dizemos que f é uma função da variável x).”¹⁵

¹⁰ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O’Reilly, 2020. *E-book* (não paginado).

¹¹ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. 7. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018. *E-book* (não paginado).

¹² STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book* (não paginado).

¹³ *Vide*, no Capítulo 3, subtópico sobre destinatários do direito à informação.

¹⁴ CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de direito administrativo**. 34. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2020. *E-book* (não paginado).

¹⁵ Tradução nossa. No original: “A **function** is a relation that associates each element x of a set X , the **domain** of the function, to a single element y of another set Y , the **codomain** of the function. A function usually has a name. If the function is called f , this relation is denoted $y = f(x)$ (read f of x), the element x is the argument or input of the function, and y is the value of the function or the output. The symbol that is used for representing the input is the variable of the function (we often say that f is a function of the variable x).” — BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. [S. l.]: Andriy Burkov, 2019. *E-book*. p. 12-13, grifo do original.

Generalização: em Aprendizado de Máquina, corresponde à capacidade de o computador produzir automaticamente respostas originais com base em exemplos, de fazer previsões a partir de dados históricos¹⁶.

Hiperparâmetro: é uma propriedade do próprio Algoritmo Aprendiz, geralmente numérica, que modifica a forma como esse Algoritmo trabalha, razão pela qual é manualmente definida pelo analista de dados antes de sua execução¹⁷.

Inteligência Artificial: área da ciência da computação, nascida na década de 1950, que busca mimetizar processos específicos de inteligência humana por meio de recursos computacionais¹⁸.

Modelo: também nominado de função alvo, regra de predição, preditor ou hipótese, “é uma estrutura que resume padrões de dados de forma lógica ou estatística, de tal modo a ser aplicada a novos dados.”¹⁹

Parâmetros: são variáveis inerentes à arquitetura do Modelo, as quais, uma vez ajustadas pelo Algoritmo Aprendiz, definem um Modelo final apto a previsões²⁰.

Processamento de Linguagem Natural: subdivisão da Inteligência Artificial que se ocupa de abordagens computacionais destinadas à compreensão, análise e produção de linguagem humana verbal, falada e escrita²¹.

Programa de Computador: “conjunto de instruções — ordens dadas à máquina — que produzirão a execução de uma determinada tarefa.”²²

Propriedade: *vide* Característica.

¹⁶ Conceito inspirado em: MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2016. p. 183-184

¹⁷ BURKOV, Andriy. *The hundred-page machine learning book*. p. 18.

¹⁸ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 20.

¹⁹ Tradução nossa. No original: “A model is a structure that summarizes the patterns in data in some statistical or logical form in which it can be applied to new data.” — ASHLEY, Kevin D. **Artificial intelligence and legal analytics: new tools for law practice in the digital age**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2017. *E-book*. p. 234.

²⁰ Conceito inspirado em: BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 19.

²¹ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 4.

²² AGUILAR, Luis Joyanes. **Fundamentos de programação: algoritmos, estruturas de dados e objetos**. Tradução de Paulo Heraldo Costa do Valle. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. *E-book*. p. 76.

Sustentabilidade: “princípio constitucional que determina, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente inclusivo, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar, preferencialmente de modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar.”²³

Treinamento: é o processo de construção ou de aperfeiçoamento do Modelo.²⁴

Tarefas de NLP: são Programas de Computador que funcionam como blocos construtivos devido à sua recorrência e natureza elementar, razão pela qual são minuciosamente estudados e até combinados para entregar soluções práticas em NLP.²⁵

Vetor Característico ou Vetor de Propriedades (*feature vector*, em inglês): é uma lista ordenada de valores escalares (números) correspondente às Características (ou Propriedades) de determinada observação fenomênica, assim organizada para servir de entrada (*input*) aos Algoritmos e/ou Modelos de Aprendizado de Máquina — em não sendo numérico o conteúdo de determinada Característica, este deve devidamente convertido antes de compor a sequência.²⁶

²³ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade:** direito ao futuro. 4 ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. *E-book* (não paginado).

²⁴ Conceito inspirado em: BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 7.

²⁵ Conceito inspirado em: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing:** a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁶ Conceito inspirado em: BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 1-2.

SUMÁRIO

RESUMO.....	XV
ABSTRACT IN FOREIGN LANGUAGE.....	XVI
INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 1	21
APRENDIZADO DE MÁQUINA	21
1.1 O QUE É APRENDIZADO DE MÁQUINA?	21
1.1.1 Contornos distintivos e definições.....	21
1.1.2 Vantagens da abordagem orientada por dados	26
1.2 COMO OS ALGORITMOS APRENDEM?	29
1.2.1 Modelo, treinamento e generalização.....	30
1.2.2 Features	39
1.3 TIPOS MAIS USUAIS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA	47
1.3.1 Aprendizado Supervisionado, não Supervisionado, Semissupervisionado e por Reforço	48
1.3.2 Aprendizado Paramétrico e não Paramétrico	53
1.4 A IMPORTÂNCIA DO <i>DATASET</i>	54
1.4.1 Organização do <i>Dataset</i>: os três conjuntos.....	54
1.4.2 Principais desafios relacionados ao <i>Dataset</i> de Treinamento	56
CAPÍTULO 2	63
CHATBOTS	63

2.1 ASPECTOS GERAIS, APLICAÇÕES E CLASSIFICAÇÃO	63
2.1.1 Aspectos gerais	63
2.1.2 Aplicações	68
2.1.2.1 Atendimento ao cliente	68
2.1.2.2 Compras e comércio eletrônico	68
2.1.2.3 Notícias e descoberta de conteúdo	69
2.1.2.4 Medicina e saúde	70
2.1.2.5 Jurídico	71
2.1.3 Classificação dos Chatbots	71
2.1.3.1 Classificação segundo as características da interação com o usuário	71
2.1.3.1.1 “FAQ bots” ou “bots de resposta exata”	71
2.1.3.1.2 Bots baseados em fluxo de conversação	73
2.1.3.1.3 Bots de domínio aberto	74
2.1.3.2 Classificação conforme a orientação (ou não) a tarefas	74
2.1.3.2.1 Chatbots orientados a tarefas	74
2.1.3.2.2 Chatbots não orientados a tarefas	75
2.2 UM BREVE HISTÓRICO	75
2.3 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL (NLP): GENERALIDADES E APLICAÇÕES	79
2.3.1 O que é linguagem natural?	79
2.3.2 O que é Processamento de Linguagem Natural?	80
2.3.3 Aplicativos de NLP	81
2.3.4 NLP e linguística	82
2.3.4.1 Fonemas	83
2.3.4.2 Morfemas	85
2.3.4.3 Lexemas	87
2.3.4.4 Sintaxe	88
2.3.4.5 Contexto	89
2.3.5 Desafios do NLP	90
2.3.6 Abordagens de desenvolvimento de Aplicativos de NLP	92
2.3.6.1 NLP baseado em regras	92
2.3.6.2 NLP com Aprendizado de Máquina	94
2.3.6.3 Abordagens híbridas de NLP	95
2.3.7 Tarefas de NLP	95
2.3.7.1 Tarefas complexas de NLP	96
2.3.7.2 Tarefas fundamentais de NLP	99

2.3.8 <i>Corpus</i> linguístico: papel e relevância	104
2.4 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE NLP PARA CONSTRUÇÃO DE CHATBOTS	106
2.5 ESTRUTURA DO SISTEMA DE DIÁLOGO	107
2.5.1.1 <i>Reconhecimento de fala (speech recognition)</i>	108
2.5.1.2 <i>Compreensão de linguagem natural (NLU)</i>	109
2.5.1.3 <i>Gerenciador de diálogo (DM)</i>	110
2.5.1.4 <i>Geração de linguagem natural (NLG)</i>	111
2.5.1.5 <i>Sintetização de voz</i>	111
CAPÍTULO 3	113
ATENDIMENTO DOS ADMINISTRADOS VIA CHATBOTS	113
3.1 O PRISMA DA INTERAÇÃO FACILITADA.....	113
3.2 O PRISMA DA EFICIÊNCIA ADMINISTRATIVA.....	115
3.2.1 O Princípio Constitucional da Eficiência.....	115
3.2.2 <i>Chatbots</i> e o Princípio da Eficiência Administrativa.....	117
3.3 O PRISMA DO DIREITO DE ACESSO À INFORMAÇÃO.....	121
3.3.1 Direitos fundamentais: aspectos gerais.....	121
3.3.1.1 <i>Distinção: direitos fundamentais e direitos humanos</i>	122
3.3.1.2 <i>Classificação dos direitos em dimensões</i>	124
3.3.1.3 <i>Titulares dos direitos fundamentais</i>	129
3.3.2 O direito à informação e o Direito de Acesso à Informação.....	133
3.3.2.1 <i>Distinção e recorte</i>	133
3.3.2.2 <i>O direito à informação na CRFB</i>	135
3.3.2.3 <i>Objeto do direito à informação</i>	137
3.3.2.4 <i>Titulares e sujeitos passivos</i>	138
3.3.2.5 <i>Dimensões subjetiva e objetiva</i>	139
3.3.3 <i>Chatbots</i> e Direito de Acesso à Informação	140
3.4 O PRISMA DA SUSTENTABILIDADE	142
3.4.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.....	142
3.4.2 O papel do direito à informação no Estado Democrático e Socioambiental de Direito.....	154
3.4.3 <i>Chatbots</i> e Sustentabilidade	160
CONSIDERAÇÕES FINAIS	164
REFERÊNCIA DAS FONTES CITADAS.....	172

RESUMO

A presente Dissertação está inserida na Linha de Pesquisa “Direito, Jurisdição e Inteligência Artificial” e no Projeto de Pesquisa “Proteção de dados, direito à privacidade e à informação no contexto transnacional”, como resultado das pesquisas realizadas no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) em convênio com o Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (CIESA). O avanço tecnológico impõe desafios e oferece oportunidades à sociedade e ao Poder Público. Após sucessivas alterações estruturais operadas nas administrações públicas, ainda persiste o clamor pela adoção de uma gestão moderna, eficiente, transparente, democrática, inclusiva e comprometida com a sustentabilidade, com vistas ao atendimento das prementes necessidades sociais. Os avanços tecnológicos de dispositivos eletrônicos em profusão, de meios de comunicação de massa, a exemplo da internet, e da inteligência artificial acenam com a promessa de estreitar a relação entre a administração pública e os administrados. Considerando tal panorama, o objetivo geral da Dissertação é responder se, no âmbito da Administração Pública, o emprego de *chatbots* pode tornar mais amigável a interação eletrônica com os administrados e, ao mesmo tempo, prestigiar a sustentabilidade, a eficiência administrativa e o direito de acesso à informação. Quanto à Metodologia empregada, registra-se que na Fase de Investigação foi utilizado o Método Indutivo, na Fase de Tratamento de Dados, o Método Cartesiano, e o Relatório dos Resultados é composto na base lógica indutiva. Nas diversas fases da Pesquisa foram acionadas as Técnicas do Referente, da Categoria, do Conceito Operacional e da Pesquisa Bibliográfica. Os resultados apontam, em primeiro lugar, o enfeixamento do Direito Fundamental de Acesso à Informação e dos princípios constitucionais da Sustentabilidade, da publicidade, da Eficiência. Como resultado central da pesquisa, constatou-se que os *Chatbots*, em razão de suas características e potencialidades, podem ser empregados pela Administração Pública de maneira a facilitar a comunicação eletrônica com a sociedade, favorecer a Eficiência Administrativa, efetivar o Direito de Acesso à Informação e de contribuir com a Sustentabilidade. Verificou também que, para além de uma ferramenta de acesso a informações, os *Chatbots* são vocacionados a compor uma plataforma de acesso a serviços públicos.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina. *Chatbots*. Sustentabilidade. Direito de Acesso à Informação. Eficiência Administrativa.

ABSTRACT IN FOREIGN LANGUAGE

This Dissertation is part of the Line of Research “Law, Jurisdiction, and Artificial Intelligence” and in the Research Project “Data protection, right to privacy and information in the transnational context”, and is the product of research carried out for the Master's degree program in *Stricto Sensu* Legal Science of University of Vale do Itajaí (UNIVALI), in partnership with Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (CIESA). Technological advancements pose challenges and offer opportunities to society and the government. Despite successive structural changes in public administrations, there is still a demand for the adoption of a modern, efficient, transparent, democratic, inclusive, and sustainable management that will meet the pressing social needs. Technological advancements in electronic devices, means of mass communication such as the Internet, and artificial intelligence promise to narrow the gap between the public administration and its citizens. Considering this scenario, the overall objective of this Dissertation is to find out whether the use of chatbots in the public administration can make electronic interaction with citizens more user-friendly, while promoting sustainability, administrative efficiency, and the right to access information. In terms of methodology, this study uses the Inductive Method in the Investigation Phase and the Cartesian Method in the Data Treatment Phase. The Report of Results is based on inductive logic. The techniques of Referent, Category, Operational Concept, and Bibliographic Research were used in the various phases of the research. The results point, first of all, to the combination of the Fundamental Right to Access Information and the constitutional principles of Sustainability, Publicity, and Efficiency. The key result of the research is that Chatbots, due to their characteristics and potentialities, can be used by the Public Administration to facilitate electronic communication with society, favor Administrative Efficiency, fulfill the Right to Access Information, and contribute to Sustainability. It was also found that besides being an information access tool, Chatbots are a suitable platform for accessing public services.

Keywords: Machine Learning. Chatbots. Sustainability. Right to Access Information. Administrative Efficiency.

INTRODUÇÃO

A presente Dissertação está inserida na Linha de Pesquisa “Direito, Jurisdição e Inteligência Artificial” e no Projeto de Pesquisa “Proteção de dados, direito à privacidade e à informação no contexto transnacional”, tendo como objetivo institucional a obtenção do título de Mestre em Ciência Jurídica pelo Curso de Mestrado em Ciência Jurídica da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) em convênio com o Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (CIESA).

Após sucessivas alterações estruturais operadas nas administrações públicas, ainda persiste o clamor pela adoção de uma gestão moderna, eficiente, transparente, democrática, inclusiva e comprometida com a sustentabilidade, com vistas ao atendimento das prementes necessidades sociais. Os avanços tecnológicos de dispositivos eletrônicos em profusão, de meios de comunicação de massa, a exemplo da *internet*, e da inteligência artificial acenam com a promessa de estreitar a relação entre a administração pública e os administrados.

Considerando tal panorama, o objetivo geral desta Dissertação é responder se, no âmbito da Administração Pública, o emprego de *chatbots* pode tornar mais amigável a interação eletrônica com os administrados e, ao mesmo tempo, prestigiar a sustentabilidade, a eficiência administrativa e o direito de acesso à informação.

A categoria *chatbot* é aqui tomada em sentido amplo para designar quaisquer sistemas interativos que implementem uma interface em linguagem natural, por meio de texto, voz ou ambos, com seus usuários.

Para a pesquisa foi levantada a seguinte hipótese: a adoção de *chatbots* no âmbito da administração pública é capaz de propiciar a facilitação da comunicação eletrônica com a sociedade, de favorecer a eficiência administrativa, de efetivar o direito de acesso à informação e de contribuir com a sustentabilidade.

São objetivos investigatórios específicos da pesquisa: (a) compreender o Aprendizado de Máquina, base da moderna concepção de *chatbots*; (b) apresentar as etapas básicas de construção dos *chatbots* e examinar as

potencialidades de seu uso; (c) verificar se a utilização de *chatbots* facilita a interação eletrônica entre a Administração Pública e os administrados; (d) apurar se a adoção de *chatbots* favorece a eficiência administrativa; (e) avaliar se o aproveitamento de *chatbots* pela Administração Pública contribui para uma maior efetividade do direito de acesso à informação; e, (f) aferir se o uso de *chatbots* na Administração Pública promove a sustentabilidade.

Os resultados do exame das hipóteses e do estudo dos objetivos específicos estão distribuídos na presente dissertação, de forma sintetizada, como segue.

Principia-se, no Capítulo 1, com a exploração do Aprendizado de Máquina, novo paradigma no desenvolvimento de sistemas de Inteligência Artificial, entre eles, os *chatbots* contemporâneos. O capítulo aborda a noção geral de Aprendizado de Máquina, conceitos essenciais à sua compreensão, tipos mais usuais, além do papel e relevância dos dados nessa tecnologia.

O Capítulo 2 trata dos *chatbots*, incluindo possíveis aplicações, classificações mais comuns, o processamento de linguagem natural e a moderna estrutura construtiva desses agentes de conversação baseada em técnicas de Aprendizado de Máquina. Técnicas específicas de conversação por voz não são investigadas, mesmo porque tal diálogo também se baseia em substrato textual, este sim objeto de averiguação.

O Capítulo 3, dedicado à hipótese da pesquisa, perscruta as potencialidades dos *chatbots* sob o enfoque da facilitação da comunicação com os administrados, do princípio da eficiência administrativa, do direito fundamental de acesso à informação e da sustentabilidade na Administração Pública.

Cumpre alertar que, apesar das respeitáveis opiniões em sentido contrário²⁷, adotou-se o entendimento de que o princípio constitucional da eficiência não se aparta da noção de eficácia.

²⁷ “Engana-se quem supõe que a Constituição, ao consagrar o princípio da eficiência (art. 37, com o advento da Emenda 19/1998), excluiu o princípio da eficácia. Ao contrário. O aludido princípio

Ressalva-se, ainda, que o direito de acesso à informação é aqui tratado como um desdobramento do direito à informação — entendido como o direito de receber informações e de acessar informações.

Refoje ao escopo deste trabalho empreender incursões: **(i)** na esfera do direito de informar (seja individual, seja na seara da liberdade de comunicação em geral); **(ii)** no terreno das limitações ou restrições ao direito à informação; **(iii)** na responsabilização da Administração Pública por equívocos na prestação de informações ou em razão de outras condutas inadequadas do *chatbot*; e **(iv)** nas repercussões do uso de *chatbots* face à chamada sustentabilidade ecológica ou ambiental.

O presente Relatório de Pesquisa se encerra com as Considerações Finais, nas quais são apresentados aspectos destacados da Dissertação, seguidos de estimulação à continuidade dos estudos.

Quanto à Metodologia empregada, registra-se que na Fase de Investigação²⁸ foi utilizado o Método Indutivo²⁹, na Fase de Tratamento de Dados, o Método Cartesiano³⁰, e o Relatório dos Resultados é composto na base lógica indutiva.

consta expressamente no art. 74 da CF. Portanto – disputas semânticas à parte –, o direito subjetivo público à eficácia merece definitivo reconhecimento. Integra o direito fundamental à boa administração pública, já que consiste justamente em incrementar a gestão pública, de maneira que a administração escolha fazer o que constitucionalmente deve fazer (conceito de eficácia, sob inspiração de Peter Drucker), em lugar de apenas fazer bem ou eficientemente aquilo que, não raro, se encontra contaminado. Motivo precípua de se falar em eficácia: avolumam-se os casos de discricionariedade administrativa ineficaz.” — FREITAS, Juarez. As políticas públicas e o direito fundamental à boa administração. **NOMOS**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, Fortaleza, v.35, n.1, p.195-217, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/21688>. Acesso em: 18 fev. 2023. p. 200.

²⁸ “(...) momento no qual o Pesquisador busca e recolhe os dados, sob a moldura do Referente estabelecido (...)” PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. 14. ed. rev., atual. e ampl. Florianópolis: Empório Modara, 2018. p. 112-113.

²⁹ “(...) pesquisar e identificar as partes de um fenômeno e colecioná-las de modo a ter uma percepção ou conclusão geral (...)”. PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. p. 114.

³⁰ Sobre as quatro regras do Método Cartesiano (evidência, dividir, ordenar e avaliar) veja LEITE, Eduardo de Oliveira. **A monografia jurídica**. 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 22-26.

Nas diversas fases da Pesquisa foram acionadas as Técnicas do Referente³¹, da Categoria³², do Conceito Operacional³³ e da Pesquisa Bibliográfica³⁴.

As principais categorias estão grafadas com letra inicial em maiúscula e seus conceitos operacionais figuram em rol específico, além de registrados no decorrer do texto.

A tradução de trechos em idioma estrangeiro foi realizada pelo próprio autor, fazendo-se constar o texto original em notas de rodapé, conforme regras metodológicas da instituição.

³¹ “(...) explicitação prévia do(s) motivo(s), do(s) objetivo(s) e do produto desejado, delimitando o alcance temático e de abordagem para a atividade intelectual, especialmente para uma pesquisa.” PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. p. 69.

³² “(...) palavra ou expressão estratégica à elaboração e/ou à expressão de uma ideia.” PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. p. 41.

³³ “(...) uma definição para uma palavra ou expressão, com o desejo de que tal definição seja aceita para os efeitos das ideias que expomos (...)”. PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. p. 58.

³⁴ “Técnica de investigação em livros, repertórios jurisprudenciais e coletâneas legais”. PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. p. 217.

Capítulo 1

APRENDIZADO DE MÁQUINA

1.1 O QUE É APRENDIZADO DE MÁQUINA?

1.1.1 Contornos distintivos e definições

Na programação de computadores cabe ao desenvolvedor de *software* ou programador especificar cuidadosamente o Algoritmo, que nada mais é que uma sequência finita de instruções a serem executadas pelo computador com o objetivo de processar informações para um fim específico³⁵.

Para a perfeita compreensão desse enunciado, cumpre desde já estabelecer que as Categorias “Algoritmo” e “Programa de Computador” encerram noções diversas.

Forbellone e Eberspächer³⁶ ensinam a respeito de Algoritmos que:

Um algoritmo pode ser definido como uma sequência de passos que visam a atingir um objetivo bem definido. [...]

Apesar do nome pouco usual, algoritmos são comuns em nosso cotidiano, como, por exemplo, uma receita de bolo. Nela está descrita uma série de ingredientes necessários e uma sequência de diversos passos (ações) que devem ser fielmente cumpridos para que se consiga fazer o alimento desejado, conforme se esperava antes do início das atividades (objetivo bem definido).

Quando elaboramos um algoritmo, devemos especificar ações claras e precisas, que a partir de um estado inicial, após um período de tempo finito, produzem um estado final previsível e bem definido. Isso significa que o algoritmo fixa um padrão de comportamento a ser seguido, uma norma de execução a ser trilhada, com vistas a alcançar, como resultado final, a solução de um problema,

³⁵ Conforme o artigo 3º, inciso I, da Resolução nº 332, de 21 de agosto de 2020, do Conselho Nacional de Justiça — CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA. **Resolução nº 332, de 21 de agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3429>. Acesso em: 2 jun. 2022.

³⁶ FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de programação: a construção de algoritmos e estruturas de dados**. p. 3.

garantindo que sempre que executado, sob as mesmas condições, produza o mesmo resultado.

Um Programa de Computador, por outro lado, “é um conjunto de instruções — ordens dadas à máquina — que produzirão a execução de uma determinada tarefa.”³⁷

Como se percebe, apesar de ambas as Categorias consistirem em um conjunto finito e ordenado de etapas visando um objetivo específico, o programa de computador compreende instruções dirigidas à máquina, enquanto “um algoritmo pode ser descrito de várias formas, desde a linguagem natural até por representações gráficas em um fluxograma”³⁸.

É bem verdade que “em ciência da computação, usualmente, denominam-se ‘algoritmos’ programas de computador escritos em linguagem de programação para executar diferentes variedades de tarefas”³⁹. Entretanto, a rigor, o Programa de Computador é, em última instância, uma das formas como um Algoritmo pode se apresentar, ou ainda, uma implementação de determinado Algoritmo⁴⁰.

Estabelecidas essas distinções, tem-se que a *programação tradicional* se notabiliza pela chamada modelagem *Input-Process-Output* (IPO):

[...] tem-se o *input*, que são os dados que entram no sistema. Esses dados são processados pelo algoritmo e um resultado sai nesse sistema, aquilo que se chama de *output*. Ou seja, os dados saem de um ponto inicial para chegar ao ponto final; e o algoritmo é

³⁷ AGUILAR, Luis Joyanes. **Fundamentos de programação**: algoritmos, estruturas de dados e objetos. p. 76.

³⁸ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 73.

³⁹ BOEING, Daniel Henrique Arruda; MORAIS DA ROSA, Alexandre. **Ensinando um robô a julgar**: pragmática, discricionariedade, heurísticas e vieses no uso de aprendizado de máquina no Judiciário. 1. ed. Florianópolis: EMais, 2020. p. 20.

⁴⁰ “Sempre temos a opção de descrever um **algoritmo de computador** como um programa executável em uma linguagem de programação comumente usada, como Java, C, C++, Python ou Fortran. [...] **O problema de usar linguagens de programação reais para especificar algoritmos é que você pode se atolar nos detalhes da linguagem e não perceber as ideias que fundamentam os algoritmos.**” — CORMEN, Thomas H. **Desmistificando algoritmos**. Tradução de Arlete Simille Marques. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 9, grifo nosso.

justamente a sequência de coisas que precisam de acontecer, desse ponto inicial até esse ponto final.⁴¹

Assim, no *desenvolvimento clássico*, o resultado pretendido (*output*) depende fundamentalmente do Algoritmo, da sequência de instruções definida pelo programador. Cuida-se de *abordagem orientada por regras*.

Já no Aprendizado de Máquina (ou *machine learning*), os computadores são capazes de aprender por conta própria a partir dos dados recebidos, estratégia diversa da tradicional, em que o comportamento algorítmico é expresso por regras estanques definidas pelo desenvolvedor. Por esse motivo, diz-se que a técnica de Aprendizado de Máquina constitui *abordagem orientada por dados*⁴².

Na célebre definição de Arthur Samuel⁴³, cunhada em 1959 enquanto criava um programa aprendiz de jogo de damas⁴⁴⁴⁵, Aprendizado de Máquina é o “campo de estudo que confere aos computadores a capacidade de aprender sem serem explicitamente programados”⁴⁶. Tal definição parece sugerir que a máquina não foi programada para aprender. Não é o caso. Samuel pretendia enunciar que a máquina podia progredir com lastro nos erros e acertos do adversário humano, ou seja, que o fator de aprimoramento do Programa de Computador, pela primeira

⁴¹ FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital**. 1. ed. São Paulo: Thomson Reuters, 2020. p. 72.

⁴² PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 71.

⁴³ Cientista da computação estadunidense pioneiro nos campos dos jogos de computador, inteligência artificial e aprendizado de máquina, nascido em 05/12/1901 e morto em 29/07/1990 — ARTHUR samuel. *In*: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel. Acesso em: 13 fev. 2022.

⁴⁴ RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2021. *E-book*. p. 733.

⁴⁵ SAMUEL, Arthur Lee. Some studies in machine learning using the game of checkers. **IBM Journal of Research and Development**, v.3, n. 3, p. 210-229, July 1959. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5392560>. Acesso em: 3 jun. 2022.

⁴⁶ Tradução nossa. No original: “Field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed”.

vez, deslocava-se do código (instruções) em direção à “experiência” do computador (dados fornecidos à máquina).

Igualmente lembrado pela literatura especializada, Tom Michael Mitchell⁴⁷ trouxe definição, com a devida vênia, mais elucidativa (de 1997)⁴⁸:

Diz-se que um programa de computador aprende com a experiência E relacionada a alguma classe de tarefas T e alguma medida de desempenho P, se seu desempenho em tarefas em T, conforme medido por P, melhora com a experiência E.⁴⁹

Para Aurélien Géron, “aprendizado de máquina é a ciência (e arte) de programar computadores para que eles possam aprender com os dados”⁵⁰.

Portanto, o traço marcante da abordagem orientada por dados consiste na capacidade de a máquina aprender pela experiência, desobrigando operadores humanos de formal e detalhadamente especificar todos os passos necessários ao desate de determinado problema.

O Algoritmo de Aprendizado de Máquina é comumente referido na literatura como *learner*, *learning algorithm*, Algoritmo Aprendiz ou Algoritmo não programado, em clara preocupação de distingui-lo do Algoritmo clássico (ou Algoritmo programado):

Os algoritmos podem ser divididos em dois tipos fundamentais: os programados e os não programados.

⁴⁷ Nascido em 9 de agosto de 1951, é um cientista da computação estadunidense, professor da Carnegie Mellon University (CMU) e ex-presidente do Departamento de Aprendizado de Máquina da CMU. Mitchell é conhecido por suas contribuições para o avanço do aprendizado de máquina, inteligência artificial e neurociência cognitiva e é o autor do livro *Machine Learning — TOM m. mitchell*. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Tom_M._Mitchell. Acesso em: 13 fev. 2022.

⁴⁸ MITCHELL, Tom M. **Machine learning**. [S. l.]: McGraw-Hill, 1997. p. 2.

⁴⁹ Tradução nossa. No original: “A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and some performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E”.

⁵⁰ Tradução nossa. No original: “Machine Learning is the science (and art) of programming computers so they can learn from data.” — GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 2.

Algoritmos programados são aqueles que têm todas as suas etapas da sua programação definidas pelo programador, que sabe exatamente os caminhos que a informação vai traçar quando ela entra no sistema até o momento em que ela sai do sistema. Esse tipo de algoritmo não nos interessa, porque, caso haja algum problema, ele poderá ser reconduzido à atividade do programador, que tem todo o controle da forma como eles operam.

O que nos interessa é o segundo tipo de algoritmo, o dos algoritmos não programados. São os chamados *learners*, algoritmos que empregam *Machine Learning* (aprendizagem de máquinas). Em outras palavras, algoritmos que utilizam Inteligência Artificial (I.A.).

Nesse caso, em vez de programar as etapas da operação do algoritmo, “carrega-se” nele a informação (*input*), bem como o resultado desejado (*output*), e o algoritmo fica encarregado de descobrir como sair da informação e chegar ao *output*, o que faz por tentativa e erro.

Quando o algoritmo chega ao resultado desejado, reforça aquele caminho — o caminho mais assertivo — na conta matemática que emprega. E, assim, através dessas operações, o algoritmo vai ajustando as suas variáveis, e faz aquilo que conhecemos como “se programar” — ou criar a própria programação.⁵¹

Ainda no campo do contraste entre Algoritmos clássicos e de *machine learning*, registre-se que uma análise açodada pode levar à equivocada conclusão de que a Inteligência Artificial (IA), campo do qual o Aprendizado de Máquina é uma subárea, se vale apenas de Algoritmos de Aprendizado de Máquina.

É bem verdade que a IA, área da ciência da computação nascida⁵² na década de 1950, busca mimetizar processos específicos de inteligência humana por meio de recursos computacionais⁵³.

⁵¹ FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital**. p. 73.

⁵² Russell e Norvig trazem um detalhamento histórico-evolutivo da inteligência artificial, dividindo-o em nascimento (1943-1956), entusiasmo inicial marcado por grandes expectativas (1952-1969), período do realismo (1966-1973), dos “sistemas especialistas” (1969-1986), industrial (1980 até hoje), o retorno das redes neurais (1986 até hoje), período do raciocínio probabilístico e do Aprendizado de Máquina (1987 até hoje), do “big data” (2001 até hoje) e do aprendizado profundo (2011 até o presente) — RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. p. 35-45.

⁵³ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 20.

Porém, a IA abrange muitas outras questões que em nada se relacionam com Aprendizado de Máquina e que, *ipso facto*, fazem uso de Algoritmos clássicos. A “inteligência” dos primeiros programas de xadrez, por exemplo, foi implementada por Algoritmos tradicionais, compostos apenas por regras codificadas por programadores, e que não utilizavam técnicas de Aprendizado de Máquina. Assim,

por um longo tempo, muitos especialistas acreditaram que uma inteligência artificial de nível humano poderia ser alcançada por meio da codificação de um conjunto suficientemente grande de regras explícitas para manipular o conhecimento. Essa abordagem é conhecida como IA simbólica, e foi o paradigma dominante em IA da década de 1950 até o final dos anos 80. Ela atingiu seu ápice durante a explosão de popularidade dos chamados “sistemas especialistas” na década de 1980.⁵⁴

A propósito, o Aprendizado de Máquina surgiu exatamente num contexto em que se questionava se os computadores poderiam ultrapassar os limites da abordagem clássica, lastreada em codificação explícita de regras pelo desenvolvedor, e aprender a resolver problemas automaticamente.

Mas, qual a vantagem, ou ainda, quando é recomendável adotar Algoritmos de Aprendizado de Máquina em detrimento dos Algoritmos tradicionais?

1.1.2 Vantagens da abordagem orientada por dados

A utilização de Algoritmos que aprendem e melhoram com a própria experiência é determinada, principalmente, por dois aspectos: **(i)** complexidade do problema e **(ii)** necessidade de adaptabilidade⁵⁵.

⁵⁴ Tradução nossa. No original: “For a fairly long time, many experts believed that human-level artificial intelligence could be achieved by having programmers handcraft a sufficiently large set of explicit rules for manipulating knowledge. This approach is known as *symbolic AI*, and it was the dominant paradigm in AI from the 1950s to the late 1980s. It reached its peak popularity during the *expert systems* boom of the 1980s.” — CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 4.

⁵⁵ SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning: from theory to algorithms**. New York: Cambridge University Press, 2014. p. 3-4.

A complexidade do problema aflora de duas maneiras: ou não existe Algoritmo orientado por regras capaz de resolvê-lo, ou o problema é complexo demais para ser modelado segundo tal abordagem⁵⁶.

Assim, a primeira complexidade se relaciona à definição de regras, do *iter* pormenorizado rumo à solução. Nós, seres humanos, realizamos rotineiramente muitas tarefas cuja solução não compreendemos em sua inteireza⁵⁷. Portanto, resta inviabilizada a concepção de Algoritmos tradicionais para executar tais tarefas, porquanto essa abordagem, como dito, é orientada por regras que precisam ser definidas pelo desenvolvedor de forma detalhada e precisa.

Entre essas tarefas incluem-se o reconhecimento de fala, a compreensão de imagens, a direção de veículos e a identificação de dígitos manuscritos⁵⁸. Observe-se, por exemplo, que os seres humanos em geral identificam facilmente números escritos à mão apesar de não serem capazes de explicar com precisão toda a dinâmica de reconhecimento dos padrões de traços que compõem cada dígito⁵⁹.

A segunda complexidade diz respeito à análise de conjuntos de dados muito volumosos e intrincados: dados astronômicos, genômicos, relacionados à previsão do tempo, mecanismos de pesquisa na *internet* e comércio eletrônico, e assim por diante. Com mais e mais dados disponíveis digitalmente, aprender a detectar relevantes padrões ocultos em grandes e intrincados conjuntos de dados

⁵⁶ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems.** p. 4.

⁵⁷ “O verdadeiro desafio de IA tornou-se resolver tarefas que são consideradas fáceis, simples para seres humanos realizarem — mas que são difíceis de serem descritas formalmente. São tarefas que realizamos intuitivamente, que parecem automáticas, como reconhecer palavras quando alguém fala e rostos de pessoas em fotografias.” (PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito.** p. 97).

⁵⁸ SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning: from theory to algorithms.** p. 3.

⁵⁹ BOEING, Daniel Henrique Arruda; MORAIS DA ROSA, Alexandre. **Ensinando um robô a julgar: pragmática, discricionariedade, heurísticas e vieses no uso de aprendizado de máquina no Judiciário.** p. 25.

são um domínio promissor para os Algoritmos de Aprendizado de Máquina⁶⁰. A tarefa é comumente denominada de mineração de dados (*data mining*)⁶¹.

Outro aspecto que encoraja a utilização de técnicas de Aprendizado de Máquina é a sua *adaptabilidade*. Como se sabe, a rigidez é uma característica restritiva da abordagem orientada por regras. O Algoritmo tradicional, via de regra, constitui-se de um conjunto ordenado, preciso e finito de instruções que permanecem imutáveis⁶² até que, explicitamente, se empreenda alguma alteração. Contudo, com o tempo, é comum que as tarefas sofram modificações, até mesmo para atender a alguma peculiaridade do usuário, o que levará a adaptações da solução implementada, e, conseqüentemente, do próprio Algoritmo.

Técnicas de Aprendizado de Máquina representam, sob essa perspectiva, uma interessante alternativa, pois o comportamento do Algoritmo (assim como o resultado que ele produz) é influenciado diretamente pelos dados de entrada, o que o torna adaptável e sensível às mudanças no ambiente com o qual interage. Entre as aplicações de técnicas de *machine learning* altamente adaptativas estão: a decodificação de textos manuscritos por meio de Algoritmos que se ajustam às variações de caligrafia de diferentes usuários; programas de detecção de *spam*⁶³, capazes de se acomodar automaticamente às variações de conteúdo dos *e-mails*; e programas de reconhecimento de fala, que além da

⁶⁰ SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning**: from theory to algorithms. p. 3-4.

⁶¹ “Applying ML techniques to dig into large amounts of data can help discover patterns that were not immediately apparent. This is called data mining.” — GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow**: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. p. 5.

⁶² Algoritmos tradicionais podem ser adaptados ou modificados automaticamente por meio de técnicas, pouco usuais, como a metaprogramação, que refogem ao escopo do presente trabalho.

⁶³ Apesar das divergências em torno da significação da palavra *spam*, a mais aceita é que a coloca como acrônimo para a expressão *Sending and Posting Advertisement in Mass* - “enviar e postar publicidade em massa”, numa tradução livre. Na sua forma mais conhecida, a palavra *spam* remete à ideia de “lixo de correio eletrônico” e indica mensagens publicitárias de correio eletrônico não solicitadas — SPAM. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Spam>. Acesso em: 13 fev. 2022.

conformação às características vocais do usuário (velocidade de fala, timbre, volume etc.), deve ser capaz de filtrar diferentes ruídos externos.

Aurélien Géron⁶⁴ refere à conveniência da aplicação de técnicas de Aprendizado de Máquina nos seguintes cenários: **(i)** problemas para os quais as soluções existentes requerem muitos ajustes manuais na codificação ou uma lista extensa demais de regras; **(ii)** problemas complexos para os quais não há solução viável utilizando-se a abordagem tradicional; **(iii)** nos chamados “ambientes flutuantes”, onde o sistema de Aprendizado de Máquina pode facilmente se adaptar a novos dados de entrada; e, **(iv)** na obtenção de *insights* relacionados a problemas complexos envolvendo gigantescos volumes de dados.

1.2 COMO OS ALGORITMOS APRENDEM?

Lee⁶⁵ e Chollet⁶⁶ reconhecem o Aprendizado de Máquina como um novo paradigma de programação. Eles observam que, na programação clássica, mesmo quando aplicada à Inteligência Artificial (paradigma da IA simbólica⁶⁷), os seres humanos alimentam o computador com dados (*inputs*) e com regras de processamento, obtendo como resultado a transformação dos dados pelas regras (*outputs*).

⁶⁴ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems.** p. 5.

⁶⁵ LEE, Wei-Meng. **Python machine learning.** Indianapolis, IN, USA: Wiley, 2019. *E-book.* p. 2-3.

⁶⁶ CHOLLET, François. **Deep learning with python.** p. 5-6.

⁶⁷ “Essa foi a base da Inteligência Artificial mais antiga, que ocasionalmente é referida como processamento simbólico porque o computador manipula símbolos que refletem o ambiente. Em contraste, os métodos de aprendizado de máquina são por vezes chamados de subsimbólicos porque não há símbolo nem manipulação simbólica envolvidos.” (tradução nossa). No original: “This was the basis of most early Artificial Intelligence, and is sometimes known as symbolic processing because the computer manipulates symbols that reflect the environment. In contrast, machine learning methods are sometimes called subsymbolic because no symbols or symbolic manipulation are involved” — MARSLAND, Stephen. **Machine learning: an algorithmic perspective.** 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2015. *E-book.* p. 4.

1.2.1 Modelo, treinamento e generalização

No Aprendizado de Máquina, à vista de um número suficiente e representativo de exemplos, o sistema fornece como saída um *Modelo* que, aplicado a dados novos, é capaz de produzir respostas inéditas.

Mas, o que é um Modelo? Segundo o dicionário Houaiss⁶⁸, entende-se por Modelo “um esquema teórico que representa um fenômeno ou conjunto de fenômenos complexos e permite compreendê-los e prever-lhes a evolução”.

Ocorre que, para alcançar tais finalidades, o Modelo — biológico, arquitetônico, estatístico, matemático etc. — não precisa necessariamente reproduzir todas as características e propriedades do objeto de investigação. Em geral, o estudo fenomênico se faz sob determinado prisma, considerando apenas parte de seus inúmeros aspectos; os demais detalhes, por serem irrelevantes ao enfoque pretendido, são abstraídos. Assim, se interessa apenas reproduzir o exterior de uma edificação, a construção da respectiva maquete (modelo arquitetônico) prescinde, por exemplo, do projeto hidráulico.

Na seara do Aprendizado de Máquina, o Modelo também corresponde à simplificada representação da realidade com base em elementos lógicos ou estatísticos, podendo ser definido como “uma estrutura que resume padrões de dados de forma lógica ou estatística, de tal modo a ser aplicada a novos dados”⁶⁹.

Observe-se que, na ciência estatística, “fundamentalmente, quando se procede a uma análise de dados, busca-se alguma forma de *regularidade* ou *padrão* ou, ainda, *modelo*, presente nas observações”.⁷⁰

Fácil de perceber o porquê de o Aprendizado de Máquina compreender as disciplinas ciência da computação, matemática e estatística,

⁶⁸ MODELO. In: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

⁶⁹ Tradução nossa. No original: “A model is a structure that summarizes the patterns in data in some statistical or logical form in which it can be applied to new data.” — ASHLEY, Kevin D. **Artificial intelligence and legal analytics**: new tools for law practice in the digital age. p. 234.

⁷⁰ MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O. **Estatística Básica**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 1.

sobretudo quando se atenta para o delineamento lógico, matemático e estatístico dos Modelos⁷¹.

Noutra quadra, como um Modelo de Aprendizado de Máquina faz as vezes das regras manualmente codificadas, ambos podem ser entendidos como Funções que transformam dados de entrada (*inputs*) em dados de saída (*outputs*). A diferença é que, no Aprendizado de Máquina, a função — materializada em um Modelo — é determinada pelo próprio sistema, e não pelo desenvolvedor, como ocorre na codificação manual.

Por esse motivo, diz-se que um sistema baseado em *machine learning* é treinado, em vez de explicitamente programado. O sistema é exposto a muitos exemplos relevantes, e, a partir daí, espera-se que o Algoritmo encontre, para determinada tarefa ou classe de problema, um Modelo que eventualmente permita automatizá-la⁷², vale dizer, um Modelo apto a generalizações.

*Generalização ou inferência*⁷³ é o cerne, o traço distintivo mais relevante do Aprendizado de Máquina⁷⁴, justamente porque, repise-se, corresponde à capacidade de o computador produzir automaticamente respostas originais com base em exemplos, de fazer predições a partir de dados históricos.

Nas palavras de Massaron e Mueller⁷⁵,

o segredo do aprendizado de máquina é a generalização. O objetivo é generalizar a função de saída para que funcione com

⁷¹ LEE, Wei-Meng. **Python machine learning**. p. 3.

⁷² CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 5.

⁷³ O termo inferência é utilizado por Aurélien Géron para designar a generalização, a predição de novos resultados — GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 23.

⁷⁴ DAUMÉ III, Hal. **A course in machine learning**. [S. l.]: Hal Daumé III, 2017. *E-book*. Disponível em: <http://ciml.info/>. Acesso em: 10 fev. 2021. p. 9.

⁷⁵ Tradução nossa. No original: “The secret to machine learning is generalization. The goal is to generalize the output function so that it works on data beyond the training set. For example, consider a spam filter. Your dictionary contains 100,000 words (actually a small dictionary). A limited training dataset of 4,000 or 5,000 word combinations must create a generalized function that can then find spam in the $2^{100,000}$ combinations that the function will see when working with actual data.” — MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 33.

dados para além do conjunto de treinamento. Por exemplo, considere um filtro de *spam*. Seu dicionário contém 100.000 palavras (na verdade, um pequeno dicionário). Um conjunto de dados de treinamento limitado de 4.000 ou 5.000 combinações de palavras deve criar uma função generalizada que possa encontrar *spam* nas $2^{100.000}$ combinações que a função verá ao trabalhar com dados reais.

E por estar fortemente lastreado em raciocínio indutivo ou inferência indutiva⁷⁶, o Aprendizado de Máquina é também referido como *aprendizado indutivo*⁷⁷.

Esse *treinamento ou aprendizado* a partir de exemplos (dados de entrada *versus* respostas esperadas) incumbe ao chamado Algoritmo Aprendiz — *learner* ou *learning algorithm* —, a quem compete, ao final do processo, determinar uma função (ou Modelo) capaz de prover generalizações. Por esse motivo, diz-se que

[...] todos os algoritmos de aprendizado de máquina respondem à mesma lógica. A ideia central é que você pode representar a realidade usando uma função matemática que o algoritmo não conhece de antemão, mas que pode estimar depois de ver alguns dados. Você pode expressar a realidade e toda a sua complexidade desafiadora em termos de funções matemáticas desconhecidas que os algoritmos de aprendizado de máquina encontram e tornam proveitosas.⁷⁸

Sob outra ótica, o problema da generalização consiste em selecionar, do conjunto formado por todas as funções possíveis (comumente referido como de “**espaço de hipóteses**” ou “**conjunto de hipóteses**”), a que mais se aproxima

⁷⁶ “Um algoritmo aprendiz bem-sucedido deve ser capaz de progredir de exemplos individuais para generalizações mais amplas. Isso também é conhecido como raciocínio indutivo ou inferência indutiva.” (tradução nossa). No original: “A successful learner should be able to progress from individual examples to broader generalization. This is also referred to as inductive reasoning or inductive inference.” — SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning: from theory to algorithms**. p. 2.

⁷⁷ MATTMANN, Chris. **Machine learning with TensorFlow**. 2nd ed. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2020. *E-book*. p. 6.

⁷⁸ Tradução nossa. No original: “[...] all machine learning algorithms respond to the same logic. The central idea is that you can represent reality using a mathematical function that the algorithm doesn’t know in advance but can guess after having seen some data. You can express reality and all its challenging complexity in terms of unknown mathematical functions that machine learning algorithms find and make advantageous.” — MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 169.

da desconhecida função ideal: a **função alvo** — também nominada de **regra de predição, preditor, hipótese**⁷⁹ ou, como dito, **Modelo**.

Independentemente do enfoque escolhido, a função alvo é aquela que promove a satisfatória associação entre os dados de entrada e as respostas esperadas.

A expectativa é que o Algoritmo Aprendiz entregue um Modelo bem semelhante, em termos de resultado, à oculta função ideal. Logo, na prática, é suficiente que os sistemas de Aprendizado de Máquina gerem uma boa aproximação da função alvo⁸⁰, motivo pelo qual “o processo de aprendizagem da função alvo é frequentemente chamado de aproximação de função.”⁸¹

Nesse ponto, necessário se faz averbar um importante alerta: o vocábulo Modelo, mesmo na seara do Aprendizado de Máquina, é polissêmico. Apesar disso, a literatura nem sempre adverte o leitor de seu exato sentido, o que pode conduzir a equívocos. Até aqui empregou-se a palavra Modelo como sinônimo de função alvo, circunstância em que designa o produto final do treinamento ou o “modelo final treinado”⁸². Contudo, a palavra também é utilizada para denotar o *tipo*

⁷⁹ Há quem acrescente “classificador” (*classifier*) à lista de sinônimos, embora o termo se restrinja aos Algoritmos de aprendizado supervisionado, a serem examinados adiante. Nesse sentido: SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning: from theory to algorithms**. p. 14.

⁸⁰ “O espaço de hipóteses deve conter todas as variantes de parâmetros de todos os algoritmos de aprendizado de máquina que você deseja tentar mapear para uma função desconhecida [...]. Diferentes algoritmos podem ter diferentes espaços de hipóteses. O que realmente importa é que o espaço de hipóteses contenha a função alvo (ou sua aproximação, que é uma função diferente, mas semelhante).” — tradução nossa. No original: “The hypothesis space must contain all the parameter variants of all the machine learning algorithms that you want to try to map to an unknown function [...]. Different algorithms can have different hypothesis spaces. What really matters is that the hypothesis space contains the target function (or its approximation, which is a different but similar function).” — MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 171.

⁸¹ Tradução nossa. No original: “In fact, we often expect learning algorithms to acquire only some approximation to the target function, and for this reason the process of learning the target function is often called *function approximation*.” — MITCHELL, Tom M. **Machine learning**. p. 8.

⁸² Nesse sentido: “Por modelo, denotamos a maquinaria computacional que ingere dados de um tipo e gera previsões de um tipo possivelmente diferente. Em particular, estamos interessados em modelos estatísticos que podem ser estimados a partir de dados.” — tradução nossa. No original: “By model, we denote the computational machinery for ingesting data of one type, and spitting out predictions of a possibly different type. In particular, we are interested in statistical models that can be estimated from data.” — ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu;

de Modelo adotado (v.g., regressão linear, brevemente abordado ao final desta subseção) ou mesmo a *completa especificação da arquitetura do Modelo* pendente de treinamento (por exemplo, regressão linear com duas entradas e apenas uma saída)⁸³.

À guisa de acordo semântico, o presente trabalho continuará a utilizar a palavra Modelo para se referir ao “modelo final treinado”, ressaltando tratar-se de um “modelo candidato” a função alvo (ou seja, de uma completa especificação de arquitetura de Modelo candidata a função alvo) ou mesmo de um simples tipo de Modelo, sempre que for o caso.

Por enquanto é suficiente ter em mente que: **(i)** o *tipo de Modelo* a ser adotado depende fortemente da tarefa a ser desempenhada ou da categoria de problema a ser resolvido; e, **(ii)** a *completa especificação da arquitetura do Modelo* se desdobra em um sem-número de funções candidatas a função alvo, integrantes do espaço de hipóteses, as quais, apesar de semelhantes, diferenciam-se uma das outras pelo valor de seus parâmetros.

Nesse ponto, é preciso fixar a noção de Parâmetro. Para isso, recorre-se primeiramente ao rigor matemático para lembrar que

uma **função** é uma relação que associa cada elemento x de um conjunto X , o **domínio** da função, a um único elemento y de um outro conjunto Y , o **contradomínio** da função. Normalmente, a função tem um nome. Se a função é chamada de f , esta relação é denotada por $y = f(x)$ (lê-se f de x). O elemento x é o argumento ou a entrada da função, e y é o valor da função ou sua saída. O símbolo que é usado para representar a entrada é a variável da função (frequentemente dizemos que f é uma função da variável x).⁸⁴

SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. [S. l.]: [s. n.], 2021. *E-book*. Disponível em: <https://d2l.ai>. Acesso em: 21 fev. 2021. p. 21.

⁸³ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 20.

⁸⁴ Tradução nossa. No original: “A **function** is a relation that associates each element x of a set X , the **domain** of the function, to a single element y of another set Y , the **codomain** of the function. A function usually has a name. If the function is called f , this relation is denoted $y = f(x)$ (read f of x), the element x is the argument or input of the function, and y is the value of the function or the output. The symbol that is used for representing the input is the variable of the function (we often say that f is a function of the variable x).” — BURKOV, Andriy. **The hundred-page**

Afora as entradas — e normalmente haverá mais de uma —, as funções matemáticas envolvem números que, quando desconhecidos, são representados por letras (variáveis).

Outrossim, independentemente de ser definida por uma função matemática ou de adotar estrutura diversa (como ocorre com as redes neurais artificiais⁸⁵, por exemplo), qualquer arquitetura de Modelo incorpora variáveis que devem ser ajustadas pelo Algoritmo Aprendiz para, assim, originar um Modelo apto a previsões; tais variáveis são denominadas de **Parâmetros**.

Para ilustrar, imagine-se que a arquitetura de determinado Modelo seja a função quadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$, sendo x a entrada da função e $f(x)$ a saída. Na hipótese, caso $f(x) = 2x^2 + 3x - 4,5$ fosse a nossa função alvo, o desafio do *learner* seria, a partir de exemplos expressos em pares de valores para x e $f(x)$, ajustar os parâmetros de $f(x) = ax^2 + bx + c$ até descobrir que $a = 2$, $b = 3$ e $c = -4,5$, já que tal conformação é a que melhor contemplaria os exemplos disponíveis.

Antes de prosseguir é oportuno discernir Parâmetro de **Hiperparâmetro**⁸⁶. Parâmetros, em substância, são variáveis que, uma vez ajustadas pelo Algoritmo Aprendiz durante o treinamento, definem um Modelo apto a previsões. Um Hiperparâmetro, em contrapartida, não é definido automaticamente pelo Algoritmo Aprendiz durante o treinamento, mas é uma propriedade do próprio Algoritmo de aprendizagem, normalmente — mas nem sempre — numérica, que modifica a forma como esse Algoritmo trabalha, razão pela qual é manualmente definida pelo analista de dados antes de sua execução.

Retomando a linha de raciocínio, se o espaço de hipóteses reúne incontáveis funções, todas candidatas a função alvo e que se distinguem entre si apenas pela parametrização, é preciso dotar o Algoritmo Aprendiz de um

machine learning book. p. 12-13, grifo do autor.

⁸⁵ Para saber mais: CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 8-11.

⁸⁶ BURKOV, Andriy. The hundred-page machine learning book. p. 18-19.

mecanismo que permita compará-las, com vistas a determinar quais produzirão os melhores resultados frente aos exemplos disponíveis para treinamento.

Esse mecanismo, implementado por meio de uma função de avaliação (*evaluation function*), é crítico para o processo de treinamento/aprendizado, porque, por meio dele, afere-se o desempenho de cada candidato a função alvo, o que viabiliza a seleção de um em detrimento de outros⁸⁷.

Assim, a função de avaliação atribui uma espécie de pontuação para cada função candidata a Modelo: um número que reflete o quanto a função examinada se avizinhou ou se afastou dos resultados esperados, segundo os dados disponíveis para treinamento.

Pouco importa se a função de avaliação confere pontuação elevada aos melhores candidatos a Modelo — vale dizer, àqueles que produzem os melhores resultados frente aos dados de treinamento — ou se, ao revés, assinala o nível de impropriedade do candidato com número mais altos. No primeiro caso, o trabalho do *learner* consistirá em maximizar tal pontuação; no segundo, deverá o Algoritmo aprendiz minimizá-la⁸⁸.

A função de avaliação também figura na literatura como função objetiva (*objective function*), função de pontuação (*scoring function*), função de custo (*cost function*), função de perda (*loss function*) ou função de erro (*error function*)⁸⁹. As duas últimas (função de perda e função de erro), como sugerem seus nomes, medem o grau de desacerto dos candidatos a Modelo, razão pela qual devem ser minimizadas.

Uma vez aplicada a determinado candidato a Modelo, a função de avaliação retorna um valor numérico que expressa seu grau de erro ou de acerto, viabilizando comparações:

⁸⁷ MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 33.

⁸⁸ ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. p. 21.

⁸⁹ MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 173.

A função de avaliação funciona comparando as previsões do algoritmo com o resultado observado no mundo real. A comparação de uma previsão com seu valor real usando uma função de custo determina o nível de erro do algoritmo. Porque é uma formulação matemática, a função de custo expressa o nível de erro em uma forma numérica, mantendo assim os erros baixos. A função de custo transmite para o algoritmo aprendiz o que é realmente importante e significativo aos seus objetivos. Como consequência, você deve escolher, ou definir com precisão, a função de custo com base na compreensão do problema que você deseja resolver ou no nível de realização que você deseja alcançar.⁹⁰

O Algoritmo Aprendiz, então, interage com a função de avaliação, mas incumbe a ele promover o contínuo aprimoramento da solução, mediante modificação dos parâmetros internos do Modelo. Esse processo de aperfeiçoamento é conhecido como otimização⁹¹.

Tal como existem várias formas de avaliar um Modelo, há também várias maneiras de otimizá-lo⁹², vale dizer, várias formas de ajustar seus parâmetros para aproximá-lo, gradualmente, da desconhecida função alvo⁹³.

A cada novo ajuste de parâmetros, o Algoritmo Aprendiz gera um novo elemento do espaço de hipóteses, uma solução possivelmente melhor que as anteriores, conforme lhe assegura a função de avaliação, solução esta que será progressivamente refinada pelo Algoritmo, aproximando-a da função alvo.

⁹⁰ Tradução nossa. No original: “The evaluation function works by comparing the algorithm predictions against the actual outcome recorded from the real world. Comparing a prediction Against its real value using a cost function determines the algorithm’s error level. Because it’s a mathematical formulation, the cost function expresses the error level in a numerical form, thereby keeping errors low. The cost function transmits what is actually important and meaningful for your purposes to the learning algorithm. As a result, you must choose, or accurately define, the cost function based on an understanding of the problem you want to solve or the level of achievement you want to reach.” (MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 173).

⁹¹ MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 171.

⁹² Os diferentes métodos de otimização correspondem a diferentes Algoritmos de Otimização. Observe-se que o Algoritmo Aprendiz incorpora o Algoritmo de Otimização, como uma espécie de bloco construtivo ou mera etapa de seu funcionamento. Um dos mais conhecidos e utilizados Algoritmos de Otimização chama-se *gradiente descendente* ou *descida do gradiente*. — BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 35.

⁹³ MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 174-175.

Em suma, durante o treinamento conducente à generalização, o *learner* vasculha o espaço de hipóteses, coadjuvado pela função de avaliação, em busca da função alvo; ou ainda, sob outro ponto de vista, a função de avaliação orienta o *learner* em sucessivos ajustes paramétricos na arquitetura do Modelo com o fito de determinar, para os exemplos disponíveis, uma aproximação da função ideal.

Independentemente do problema que se pretenda solucionar, o sistema de Aprendizado de Máquina conta com os seguintes componentes⁹⁴: **(i)** os dados a partir dos quais ocorrerá o aprendizado/treinamento; **(ii)** uma arquitetura completa de Modelo apta a transformar os dados de entrada em resultados; **(iii)** uma função de avaliação para aferição de cada candidato a Modelo baseado naquela arquitetura; e, **(iv)** um Algoritmo para ajustar os parâmetros internos da arquitetura completa do Modelo, otimizando-a.

Longe de querer enfrentar os conceitos matemáticos e estatísticos por trás da construção dos variados Modelos de Aprendizado de Máquina, mas apenas

⁹⁴ ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. p. 20.

para exemplificar as noções ora expostas, considere-se o mais simples dos Modelos, o Modelo linear⁹⁵, mais especificamente um Modelo de regressão linear⁹⁶.

Em sua formulação mais básica, o Modelo de regressão linear é expresso pela equação de uma reta: $f(x) = ax + b$, onde x é uma variável numérica que corresponde ao dado de entrada (*input*) e $f(x)$ é uma predição a partir de x , sendo a e b os parâmetros de ajuste do Modelo. O conjunto formado por todas as soluções possíveis (*hypothesis space*) é obtido pela variação de a e b . À vista dos exemplos disponíveis para treinamento, o desafio do *learner* é encontrar a e b de maneira que $f(x)$ mais se aproxime da oculta função alvo, função que representa a solução ideal do problema. Como visto, a aferição da “qualidade” de cada uma das hipóteses ou Modelos integrantes do *hypothesis space* fica a cargo da chamada função de avaliação.

1.2.2 Features

Na ciência estatística, a coleta de dados acerca de determinado evento ou fenômeno importa em relacionar, para cada *observação* (também chamada de indivíduo, sujeito, objeto, caso e unidade amostral, entre outras

⁹⁵ “Os adeptos do aprendizado de máquina adotaram modelos lineares prontamente. No entanto, como aprender com dados é uma disciplina tão prática, o aprendizado de máquina separa os modelos lineares de tudo relacionado à estatística e mantém apenas as formulações matemáticas. [...] O resultado é uma solução que funciona efetivamente com a maioria dos problemas de aprendizagem (embora a preparação dos dados exija algum esforço). Os modelos lineares são fáceis de entender, rápidos de criar, fáceis de implementar do zero e, usando alguns truques fáceis, funcionam mesmo com problemas de *big data*. Se você dominar a regressão linear e logística, você realmente tem o equivalente a um canivete suíço para aprendizado de máquina que pode não fazer tudo perfeitamente, mas pode atendê-lo imediatamente e com excelentes resultados em muitas ocorrências.” — tradução nossa. No original: “Machine learning adherents adopted linear models early. However, because learning from data is such a practical discipline, machine learning separates linear models from everything related to statistics and keeps only the mathematical formulations. [...] The result is a solution that works effectively with most learning problems (although preparing the data requires some effort). Linear models are easy to understand, fast to create, a piece of cake to implement from scratch, and, by using some easy tricks, they work even with big data problems. If you can master linear and logistic regression, you really have the equivalent of a Swiss Army knife for machine learning that can’t do everything perfectly but can serve you promptly and with excellent results in many occurrences.” — MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 258.

⁹⁶ Regressão linear e classificação são tarefas do Aprendizado de Máquina Supervisionado, a ser abordado adiante. Enquanto a regressão linear se propõe a prever valores contínuos, a classificação tem como resultado a predição valores discretos, representando duas ou mais categorias.

designações), *Propriedades* (muitas vezes referida como *Características*, *atributos* ou *variáveis*) que expressem os aspectos relevantes do objeto da investigação⁹⁷.

Em estatística, independentemente da utilização de métodos gráficos⁹⁸ ou de organização tabular, os dados são dispostos de forma a evidenciar as observações e suas Propriedades — nas tabelas, cada linha retrata uma observação e cada coluna reflete uma das Propriedades daquela observação.

A mesma ideia permeia o Aprendizado de Máquina, domínio em que cada *feature* ou *attribute*, equivalente à noção de Propriedade em estatística, corresponde a um aspecto significativo da observação, seja esta observação um exemplo reservado à fase de treinamento/aprendizado, seja ela um caso inédito a ser destinado ao Modelo para realização de predições.

Imagine-se um sistema de *machine learning* voltado à dermatologia. É muito provável que tal sistema prescindia de todas as peculiaridades dos pacientes. Em vez disso, utiliza-se apenas partes relevantes de cada exemplo (ou “observação”, da estatística), tais como, a depender do propósito visado, idade, sexo, cor da pele e imagem da lesão na pele. Nesse caso, a idade, o sexo, a cor da pele e a imagem da lesão de cada paciente são Propriedades (*features* ou *attributes*)⁹⁹ a serem adotadas no treinamento e, ultimada essa fase, dados relativos a novos casos, em idêntica conformação, alimentarão o Modelo.

⁹⁷ PINHEIRO, João Ismael D.; CUNHA, Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica**: a arte de trabalhar com dados. p. 5-6.

⁹⁸ Em estatística, a utilização de gráficos se presta a inúmeras finalidades, entre elas, para: “(a) buscar padrões e relações; (b) confirmar (ou não) certas expectativas que se tinha sobre os dados; (c) descobrir novos fenômenos; (d) confirmar (ou não) suposições feitas sobre os procedimentos estatísticos usados; e (e) apresentar resultados de modo mais rápido e fácil.” — MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O. **Estatística Básica**. p. 3-4.

⁹⁹ Segundo Géron, em Aprendizado de Máquina, os termos **feature** (característica) e **attribute** (atributo) são comumente utilizados de forma indistinta. Ele alerta, porém, que há quem empregue o termo **attribute** para uma perspectiva do objeto em análise (por exemplo, “idade”), enquanto a palavra **feature** é utilizada para designar conjuntamente o **attribute** (v.g., “idade”) e o seu valor (v.g., “32 anos”) — GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow**: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. p. 8.

Como o Modelo é uma função matemática (*vide* a noção matemática de função exposta linhas atrás), resta evidenciada a **relação de equivalência entre Propriedades (*features*) e variáveis de entrada da função**.

Acontece que as Propriedades (*features*) são dados de diferentes tipos: número, texto, imagem, vídeo ou mesmo voz. Porém, sendo o Modelo um mecanismo de reprodução de padrões estatísticos de dados e uma função matemática, convém que os dados de entrada sejam representados de forma numérica, ainda que seu tipo seja diverso — do tipo texto¹⁰⁰, imagem, vídeo ou voz.

Em ciência da computação, em meio às *formas de representação* de dados destacam-se os grafos, vetores e matrizes¹⁰¹.

Grafos são, em uma designação sem grande rigor, uma coleção de objetos (chamados de nós ou vértices) interligados por arestas ou arcos, de modo a qualificar uma rede. Os grafos podem ser utilizados para implementar, *v.g.*, redes de relacionamento interpessoal e redes de rotas entre cidades¹⁰². Por conseguinte, o manuseio de grafos por sistemas de Aprendizado de Máquina não é trivial e seu âmbito de aplicação é restrito¹⁰³.

Na contramão dos grafos, vetores e matrizes são estruturas simples, mas de imensa valia na implementação de sistemas de *machine learning*.

Em ciência da computação, um vetor — ou arranjo (*array*) unidimensional — designa uma coleção finita e ordenada de dados, em geral, homogêneos. A posição dos elementos integrantes do vetor, bem assim o acesso a cada um deles, se faz por meio de um índice (normalmente, um número inteiro),

¹⁰⁰ O domínio das variadas técnicas de *representação de textos em forma numérica* é de capital importância para os desenvolvedores de *chatbots*, extrapolando o escopo do presente trabalho. Para saber mais sobre o assunto: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

¹⁰¹ MATTMANN, Chris. Machine learning with TensorFlow. p. 9.

¹⁰² Para saber mais sobre grafos: AGUILAR, Luis Joyanes. **Fundamentos de programação**: algoritmos, estruturas de dados e objetos. p. 487-493.

¹⁰³ MATTMANN, Chris. Machine learning with TensorFlow. p. 9.

de tal modo que, do primeiro ao enésimo, todos os seus componentes podem ser identificados e manipulados de forma eficiente do ponto de vista computacional¹⁰⁴. A referência a dados homogêneos significa que os componentes do vetor são dados de um mesmo tipo, numérico ou não.

Matrizes — ou arranjos (*arrays*) bidimensionais —, em computação, são vetores de vetores. Como dito, vetores são coleções ordenadas de dados homogêneos, vale dizer, do mesmo tipo. Portanto, uma matriz é um vetor em que cada elemento também é um vetor.

A par da simplicidade e da eficiência computacionais comuns a todos os arranjos, arranjos de elementos numéricos (números naturais, inteiros ou reais) implementam de maneira simples e intuitiva a noção matemática de vetores e matrizes¹⁰⁵, imprescindíveis ao funcionamento dos sistemas de Aprendizado de Máquina.

A forma mais usual de representação de Propriedades (*features*) em Aprendizado de Máquina se dá por meio de vetores. Vetor é uma lista ordenada de valores escalares (números) representativos das Propriedades. Posto de outra maneira, o conteúdo de cada Propriedade é, se necessário, convertido em número e organizado numa sequência ordenada, originando um vetor para cada observação ou objeto: o chamado *Vetor de Propriedades ou Vetor Característico (feature vector, em inglês)*.

Vetor Característico é, em suma, uma lista ordenada de valores numéricos de *features*, representativa de determinada observação fenomênica, assim organizada para servirem de entrada (*input*) aos Algoritmos e/ou Modelos de *machine learning*.

¹⁰⁴ “Arranjos em computadores têm outra característica importante: o tempo que se leva para acessar qualquer elemento de um arranjo é o mesmo. Uma vez dado ao computador um índice *i* para o arranjo, ele pode acessar o *i*-ésimo elemento tão rapidamente quanto pode acessar o primeiro elemento, independentemente do valor de *i*.” (CORMEN, Thomas H. **Desmistificando algoritmos**. p. 10).

¹⁰⁵ Para saber mais sobre vetores e matrizes na matemática: STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Álgebra Linear**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

Muito mais que simplesmente veicular dados de entrada, os Vetores Característicos desempenham outros papéis de relevo.

De saída, a utilização de Vetores Característicos propicia uma visão geométrica dos dados num espaço de dimensão igual ao tamanho da lista de *features* (uma dimensão para cada *feature*)¹⁰⁶. Isso porque, em termos matemáticos, “vetores também são definidos como um elemento no espaço vetorial — por exemplo, um ponto no espaço com as coordenadas (x=4, y=5, z=6) é um vetor”¹⁰⁷.

A maior vantagem desse tipo de representação de dados, porém, reside na possibilidade de aplicar conceitos e executar operações próprias da geometria em vetores característicos. Muitos Algoritmos de Aprendizado de Máquina precisam estabelecer, por exemplo, uma *medida de similaridade* entre as observações; uma vez representadas por vetores característicos, duas ou mais observações podem ser comparadas.

Em problemas de geometria, a distância euclidiana, métrica das mais utilizadas, corresponde ao comprimento do segmento de reta que liga dois pontos. Para empregá-la, basta enxergar cada Vetor Característico como um ponto no espaço n-dimensional, cujas coordenadas são definidas pelo valor das características. A distância n-dimensional entre os pontos $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ e $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ é dada pela equação $d(A, B) = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + \dots + (b_n - a_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2}$. Atente-se que $(b_n - a_n)^2 = (a_n - b_n)^2$, o que leva a concluir que $d(A, B) = d(B, A)$.

¹⁰⁶ DAUMÉ III, Hal. A course in machine learning. p. 29.

¹⁰⁷ Tradução nossa. No original: “Vectors are also defined as an element in vector space — for example, a point in space with the coordinates (x=4, y=5, z=6) is a vector.” — CHOPRA, Rohan; GODBOLE, Aniruddha M.; SADVILKAR, Nipun; SHAH, Muzaffar Bashir; GHOSH, Sohom; GUNNING, Dwight. **The natural language processing workshop**: Confidently design and build your own NLP projects with this easy-to-understand practical guide. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2020. *E-book*. p. 272.

Ainda no campo da matemática, vetores são representados por segmentos de reta orientados que têm a mesma direção, o mesmo sentido e o mesmo comprimento. Portanto,

quando escrevemos $v = \overrightarrow{AB}$, estamos afirmando que o vetor é determinado pelo segmento orientado AB de origem A e extremidade B . Porém, qualquer outro segmento de mesmo comprimento, mesma direção e mesmo sentido de AB representa o mesmo vetor v . Assim sendo, cada ponto do espaço pode ser considerado como origem de um segmento orientado que é representado pelo vetor v .¹⁰⁸

O comprimento de um vetor v , chamado de módulo, norma, magnitude ou intensidade, é representado por $\|v\|$. Logo, sendo $v = \overrightarrow{AB}$, vale dizer, $v = [(b_1 - a_1), (b_2 - a_2), \dots, (b_n - a_n)]$, tem-se que $\|v\| = d(A, B)$, o que não só reforça a relevância e utilidade dos vetores, como também justifica a referência à distância euclidiana como norma¹⁰⁹ euclidiana¹¹⁰.

Para ilustrar, imagine o interesse em medir a similaridade do clima de diferentes locais expresso por três características: temperatura (em graus Celsius), humidade relativa do ar (em percentagem) e velocidade do vento (em quilômetros por hora). Considerando os hipotéticos vetores característicos $local1 = [23, 81, 4]$, $local2 = [24, 80, 20]$ e $local3 = [11, 93, 13]$, bem como a fórmula da distância Euclidiana, chega-se à conclusão de que o clima do terceiro local ($local3$) assemelha-se mais ao clima do segundo ($local2$) e menos ao clima do primeiro ($local1$), porque $d(local3, local1) = 19,20$ e $d(local3, local2) = 19,67$.

¹⁰⁸ STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Álgebra Linear**. p. 2.

¹⁰⁹ “Uma *norma* em um espaço vetorial V é uma aplicação que associa a cada vetor v um número real $\|v\|$, chamado de *norma* de v , de modo que as seguintes propriedades sejam satisfeitas para todos os vetores u e v e todos os escalares c :

1. $\|v\| \geq 0$, e $\|v\| = 0$ se e somente se $v = 0$.

2. $\|cv\| = |c| \|v\|$.

3. $\|u + v\| \leq \|u\| + \|v\|$.” (destaques do original) — POOLE, David. **Álgebra linear**: uma introdução moderna. Tradução técnica de Martha Salerno Monteiro e Célia Mendes Carvalho Lopes. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. p. 552.

¹¹⁰ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow**: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. p. 41.

Há várias outras métricas de similaridade além da euclidiana¹¹¹, como a *distância Manhattan* ou *distância do taxista*, obtida equação $d_t(A, B) = |b_1 - a_1| + |b_2 - a_2| + \dots + |b_n - a_n|$, ou seja, pela soma do valor absoluto da diferença entre os elementos do Vetor Característico. Essa métrica é assim chamada por se assemelhar ao trajeto percorrido por um motorista do ponto *A* ao ponto *B* de uma cidade formada por quarteirões ortogonais¹¹².

Compreendidos o papel e as potencialidades dos Vetores Característicos, deve-se advertir que a definição de quantas e quais características serão utilizadas é uma etapa de capital importância da concepção de sistemas de Aprendizado de Máquina, conhecida como *engenharia de característica* (*feature engineering*, em inglês), que requer esforço e, de preferência, conhecimento específico da área de aplicação¹¹³.

Se o excesso de *features* pode afetar drasticamente o desempenho do sistema, por outro lado, a acertada escolha desses elementos pode até mesmo compensar o uso de um Algoritmo Aprendiz inapropriado¹¹⁴.

A alta dimensionalidade dos dados — vale dizer, o alto número de *features* — eleva o apetite do sistema por armazenamento e poder computacionais¹¹⁵, o que, além de comprometer-lhe a velocidade de execução, representa maior exigência de requisitos de *hardware*, impondo, por conseguinte, maior custo operacional.

¹¹¹ Para saber mais: HOTRAKOOL, Wattanit; l0-Norm, l1-Norm, l2-Norm, ... , l-infinity Norm. *In*: HOTRAKOOL, Wattanit. **Rorasa's blog**. [S. l.], 13 mai. 2012. Disponível em: <https://rorasa.wordpress.com/2012/05/13/l0-norm-l1-norm-l2-norm-l-infinity-norm/>. Acesso em: 22 set. 2022.

¹¹² MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 240.

¹¹³ BURKOV, Andriy. The hundred-page machine learning book. p. 19.

¹¹⁴ MATTMANN, Chris. Machine learning with TensorFlow. p. 10.

¹¹⁵ RASCHKA, Sebastian; MIRJALILI, Vahid. **Python machine learning: machine learning and deep learning with python, scikit-learn, and TensorFlow 2**. 3rd ed. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2019. p. 8.

Em vista disso, a “*maldição da dimensionalidade*” designa um problema significativo em projetos de sistemas de Aprendizado de Máquina:

Para modelar dados do mundo real com precisão, necessitamos claramente de bem mais de um ou dois exemplos. Mas a quantidade de exemplos depende de uma variedade de coisas, incluindo o número de dimensões no vetor característico. Adicionar muitas características faz com que o número de exemplos necessários à descrição do fenômeno aumente exponencialmente. É por isso que não podemos projetar um vetor característico com 1.000.000 de dimensões para exaurir todas as possibilidades imagináveis e então esperar que o algoritmo aprenda um modelo. Esse fenômeno é chamado de maldição de dimensionalidade.¹¹⁶

Uma alternativa criativa para contornar o excesso de *features* repousa na *redução de dimensionalidade*, que pode ser operada com ou sem a ajuda de Algoritmos:

“[...] o objetivo é simplificar os dados sem perder muitas informações. Uma maneira de fazer isso é fundir vários atributos correlatos em um. Por exemplo, a quilometragem de um carro pode estar muito relacionada à sua idade, então o algoritmo de redução de dimensionalidade irá mesclá-las em um atributo que represente o desgaste do carro.”¹¹⁷.

Reduzir a dimensionalidade significa, pois, diminuir o número de elementos (dimensões) dos vetores característicos, quer pela simples identificação e eliminação de características irrelevantes ou redundantes, quer pela combinação de duas ou mais características relevantes e altamente correlacionadas para originar uma nova.

¹¹⁶ Tradução nossa. No original: “To model real-world data accurately, we clearly need more than one or two data points. But how much data depends on a variety of things, including the number of dimensions in the feature vector. Adding too many features causes the number of data points required to describe the space to increase exponentially. That’s why we can’t design a 1,000,000-dimension feature vector to exhaust all possible factors and then expect the algorithm to learn a model. This phenomenon is called the curse of dimensionality.” — MATTMANN, Chris. **Machine learning with TensorFlow**. p. 10.

¹¹⁷ Tradução nossa. No original: “[...] the goal is to simplify the data without losing too much information. One way to do this is to merge several correlated features into one. For example, a car’s mileage may be very correlated with its age, so the dimensionality reduction algorithm will merge them into one feature that represents the car’s wear and tear.” (GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 12).

Tirante o desempenho e custo operacionais, há outras razões para se empregar técnicas de redução da dimensionalidade dos dados. Uma das mais frequentes é a necessidade de visualização de dados, haja vista a dificuldade dos humanos em interpretar gráficos com mais de três dimensões. Outrossim, a redução da dimensionalidade encontra aplicação na construção de Modelos interpretáveis, que reclamam vetores característicos menores e Algoritmos Aprendizes mais simples¹¹⁸.

Para concluir a temática, questões afetas a *features* são didaticamente reunidas sob o guarda-chuva da *engenharia de característica*. Embora alguns autores, a exemplo de Mattmann¹¹⁹, não façam distinção entre “engenharia de característica” (*feature engineering*) e “seleção de característica” (*feature selection*), Gerón¹²⁰ considera que o processo de *engenharia de característica* abrange as seguintes etapas: **(i)** seleção de característica: identificar, entre todas as características, as que são essenciais ao treinamento; **(ii)** extração de característica: combinar duas ou mais características para originar uma nova que seja mais útil ou que propicie a redução de dimensionalidade; **(iii)** criação de novas características em razão da coleta de novos exemplos — para fins de aperfeiçoamento da precisão do Modelo.

1.3 TIPOS MAIS USUAIS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA

Antecede a etapa de treinamento, por óbvio, a seleção do Algoritmo Aprendiz e da arquitetura do Modelo preditivo. A tarefa que se pretende realizar, entre outros critérios, determina a classificação de sistemas de *machine learning* em diferentes tipos, cada um deles com suas especificidades e vocacionado à solução de determinada categoria de problema.

¹¹⁸ BURKOV, Andriy. The hundred-page machine learning book. p. 118.

¹¹⁹ MATTMANN, Chris. Machine learning with TensorFlow. p. 10.

¹²⁰ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems.** p. 27.

1.3.1 Aprendizado Supervisionado, não Supervisionado, Semissupervisionado e por Reforço

Afora a tarefa subjacente que se tem em vista, sistemas de Aprendizado de Máquina podem ser classificados segundo diversos outros critérios, como a natureza da supervisão disponível durante a fase de treinamento. Nesse caso, dividem-se em: **(i)** Aprendizado Supervisionado, **(ii)** Aprendizado não Supervisionado, **(iii)** Aprendizado Semissupervisionado e **(iv)** Aprendizado por Reforço.

O Aprendizado Supervisionado (*supervised learning*) é, de todos, o mais utilizado. Seu objetivo é aprender a relação entre dados de entrada e respostas corretas, ambos apresentados na forma de exemplos, com vistas a operar previsões. Essas respostas, chamadas de rótulos, anotações ou etiquetas¹²¹, são comumente fornecidas por seres humanos¹²².

Massaron e Mueller consideram que:

a abordagem supervisionada é de fato semelhante à aprendizagem humana sob a supervisão de um professor. O professor fornece bons exemplos para o aluno os memorize, e o aluno então deriva as regras gerais desses exemplos específicos.¹²³

De maneira simplista, portanto, o Modelo resultante do Aprendizado Supervisionado é capaz de atribuir um rótulo a um dado de entrada utilizando como referência exemplos prévios, chamados de dados de treinamento¹²⁴.

Algoritmos de Aprendizado Supervisionado são empregados principalmente em problemas de regressão e de classificação¹²⁵.

¹²¹ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 91-92.

¹²² CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 94.

¹²³ Tradução nossa. No original: "The supervised approach is indeed similar to human learning under the supervision of a teacher. The teacher provides good examples for the student to memorize, and the student then derives general rules from these specific examples." (MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 258).

¹²⁴ MATTMANN, Chris. Machine learning with TensorFlow. p. 17.

¹²⁵ Em que pese a maioria dos autores aludir apenas a regressões e classificações, o aprendizado supervisionado encontra outras utilidades menos usuais, incluindo as seguintes (acompanhadas

Problemas de regressão se distinguem por terem um valor contínuo como solução. Isso quer dizer que solução esperada é expressa por números reais ou inteiros¹²⁶, sem hiatos, representando infinitas possibilidades de resposta. Típicos problemas de regressão envolvem a previsão da expectativa de vida humana, de preços (de imóveis, ações etc.), de demanda (de produção, de mercadorias ou de serviços), de custos de produção e de renda, e por diante aí afora.

Sendo assim, o problema de regressão consiste em prever, para cada entrada não rotulada, um Rótulo (usualmente chamado de “alvo”) que simboliza uma de infinitas possibilidades de resposta. Em razão dessa concepção, Russel e Norvig¹²⁷ julgam mais apropriada a adoção da designação “predição numérica” ou “aproximação de função” em lugar do curioso e pouco sugestivo termo “regressão”¹²⁸.

O problema de classificação, por outro lado, traduz-se no desafio de, à vista de exemplos anotados, organizar os dados de entrada em grupos representados pelos rótulos observados no treinamento. A solução aqui é discreta, pertencente a um conjunto finito de possibilidades, já que enumeráveis são os grupos, e os respectivos rótulos, que se intenta prever¹²⁹. Consequência disso, o

de exemplo): **(i) geração de sequência**: predição de uma legenda descritiva de determinada imagem; **(ii) predição de árvore de sintaxe**: predição da decomposição de uma sentença em uma árvore de sintaxe; **(iii) detecção de objeto**: predição dos limites de certos objetos retratados numa imagem; e, **(iv) segmentação de imagem**: criação de máscaras de segmentação que, aplicada a determinada imagem, localizem e separem um objeto específico que a compõe — CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 94.

¹²⁶ RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence**: a modern approach. p. 670.

¹²⁷ RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence**: a modern approach. p. 670.

¹²⁸ “[...] esse nome estranho [regressão] é um termo estatístico introduzido por Francis Galton enquanto estudava o fato de que os filhos de pessoas altas tendem a ser mais baixos que seus pais. Como as crianças eram mais baixas, ele chamou isso de regressão à média. Esse nome foi então aplicado aos métodos que ele usou para analisar as correlações entre as variáveis.” – tradução nossa. No original: “[...] this odd-sounding name [regression] is a statistics term introduced by Francis Galton while he was studying the fact that the children of tall people tend to be shorter than their parents. Since the children were shorter, he called this regression to the mean. This name was then applied to the methods he used to analyze correlations between variables.” (GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow**: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. p. 8).

¹²⁹ De igual forma, em estatística, variáveis discretas são aquelas “cujos possíveis valores formam um conjunto finito ou enumerável de números, e que resultam, freqüentemente, de uma

Aprendizado Supervisionado se presta a solucionar tanto problemas de classificação binária como de classificação multiclasse.

Entre os mais conhecidos Algoritmos de Aprendizado Supervisionado estão: k vizinhos mais próximos (kNN, do inglês, *k-Nearest Neighbors*), regressão linear, regressão logística, máquina de vetores de suporte (SVM, do inglês, *support vector machines*), árvores de decisão, florestas aleatórias (*random forests*, em inglês) e redes neurais artificiais — existem redes neurais artificiais não supervisionadas, como autocodificadores (*autoencoders*) e máquinas de Boltzmann restritas (RBM, do inglês, *restricted Boltzmann machine*), e semissupervisionadas¹³⁰.

No Aprendizado não Supervisionado (*unsupervised learning*), o Algoritmo aprende a partir de exemplos não rotulados, exemplos sem qualquer indicativo do resultado esperado, identificando, ainda assim, padrões ocultos nos dados¹³¹.

Por conta dessa peculiaridade, Trask¹³² afirma que, de um modo geral, sistemas baseados em Aprendizado de Máquina identificam padrões e tentam reproduzi-los de forma *direta ou indireta*. A novidade aqui é a menção à *imitação direta ou indireta de padrões* para aludir, respectivamente, ao Aprendizado Supervisionado (que se ocupa da “imitação direta” de padrões já estabelecidos pelos dados rotulados) e ao Aprendizado não Supervisionado (que se dedica à “imitação indireta” de padrões não identificados ou não compreendidos de antemão¹³³).

contagem, como por exemplo número de filhos (0, 1, 2, ...). — MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O. **Estatística Básica**. p. 10.

¹³⁰ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 9.

¹³¹ MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. p. 169.

¹³² TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2019. p. 11.

¹³³ TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. p. 13.

Nessa linha de ideias, mas destacando algumas aplicações do Aprendizado não Supervisionado, pontua Chollet:

Este ramo do aprendizado de máquina consiste em encontrar transformações interessantes dos dados de entrada sem a ajuda de quaisquer alvos, para fins de visualização de dados, compressão de dados, ou eliminação de ruído de dados, ou para melhor compreender as correlações presentes nos dados disponíveis.¹³⁴

Mohri, Rostamizadeh e Talwalkar acrescentam:

O algoritmo aprendiz recebe somente dados de treinamento não rotulados e faz previsões para todos os pontos desconhecidos. Uma vez que nenhum exemplo rotulado está disponível nesse cenário, pode ser difícil avaliar quantitativamente o desempenho do algoritmo.¹³⁵

Agrupamento (*clustering*) e redução de dimensionalidade são duas das mais famosas e poderosas ferramentas de Aprendizado não Supervisionado.

Agrupamento é o processo de segmentar os dados não rotulados em conjuntos de elementos semelhantes. Grosso modo, nos problemas de análise de agrupamento de dados (*clustering*), o Modelo retorna um identificador de grupos (ou *clusters*), chamado de rótulo de grupo ou *cluster label*¹³⁶, para cada Vetor Característico processado. Se o Modelo identificar nos Vetores Característicos, v.g., dez agrupamentos diferentes, retornará, para cada entrada, um dos dez identificadores aprendidos. Entre os mais úteis e conhecidos Algoritmos de agrupamentos estão: k-Means, DBSCAN e *Hierarchical Cluster Analysis* (HCA).

A redução da dimensionalidade, brevemente exposta na seção precedente, diz respeito à simplificação dos dados (vetores característicos) com o

¹³⁴ Tradução nossa. No original: “This branch of machine learning consists of finding interesting transformations of the input data without the help of any targets, for the purposes of data visualization, data compression, or data denoising, or to better understand the correlations present in the data at hand.” — CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 94.

¹³⁵ Tradução nossa. No original: “The learner exclusively receives unlabeled training data, and makes predictions for all unseen points. Since in general no labeled example is available in that setting, it can be difficult to quantitatively evaluate the performance of a learner.” — MOHRI, Mehryar; ROSTAMIZADEH, Afshin; TALWALKAR, Ameet. **Foundations of machine learning**. 2nd ed. Cambridge: The MIT Press, 2018. *E-book*. p. 6.

¹³⁶ TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. p. 13.

fito de expressá-los por meio de uma sequência menor de *features*. Três técnicas de redução de dimensionalidade amplamente usadas são: análise de componentes principais (PCA, do inglês, *principal component analysis*), aproximação e projeção uniforme de variedades (UMAP, do inglês, *uniform manifold approximation and projection*), e autocodificadores (*autoencoders*).

O Aprendizado Semissupervisionado emerge como alternativa interessante nos corriqueiros cenários em se dispõe de poucos dados rotulados e de um maior número de dados não rotulados. A ideia é aproveitar o pequeno número de exemplos não rotulados de forma a extrair informação adicional do vasto conjunto de exemplos não rotulados e assim aperfeiçoar o Modelo¹³⁷.

Pode parecer contraintuitivo que a aprendizagem possa se beneficiar da adição de mais exemplos não rotulados. Parece que adicionamos mais incerteza ao problema. No entanto, quando você adiciona exemplos não rotulados, você adiciona mais informações sobre seu problema: uma amostra maior reflete melhor a distribuição de probabilidade dos dados. Teoricamente, um algoritmo aprendiz deve ser capaz de tirar proveito dessa informação adicional.¹³⁸

A maior parte dos Algoritmos de Aprendizado Semissupervisionado é resultado da associação de Algoritmos Supervisionados e não Supervisionados¹³⁹.

O Aprendizado por Reforço (*reinforcement learning*), por seu turno, muito usado em jogos eletrônicos¹⁴⁰ e robótica, é o treinamento de Modelos de Aprendizado de Máquina para tomada de uma sequência de decisões com base na

¹³⁷ RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. p. 723.

¹³⁸ Tradução nossa. No original: “It could look counter-intuitive that learning could benefit from adding more unlabeled examples. It seems like we add more uncertainty to the problem. However, when you add unlabeled examples, you add more information about your problem: a larger sample reflects better the probability distribution the data we labeled came from. Theoretically, a learning algorithm should be able to leverage this additional information.” — BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 2.

¹³⁹ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 13.

¹⁴⁰ Veja como um programa de aprendizado por reforço evolui na medida em que jogar um título do antigo console Atari: <https://www.youtube.com/watch?v=V1eYniJ0Rnk>.

interação com um ambiente incerto e potencialmente complexo, baseando seu aprendizado em sinais de recompensa ou punição¹⁴¹.

Em se tratando de um método de tentativa e erro, não seria nada prático catalogar exemplos representativos dos problemas interativos que o sistema poderá encontrar, fato que distingue e afasta o Aprendizado por Reforço do Aprendizado Supervisionado.

De outra parte, apesar de não contar com exemplos do comportamento esperado, o aprendizado por reforço também não se confunde com o Aprendizado não Supervisionado, porque, enquanto o objetivo do primeiro é maximizar o sinal de bom desempenho (recompensa), o objetivo do segundo é identificar padrões ocultos de dados. Logo, o aprendizado por reforço realmente configura uma espécie diversa de *machine learning*¹⁴².

1.3.2 Aprendizado Paramétrico e não Paramétrico

Existem duas abordagens principais para a consecução da almejada generalização: o Aprendizado Paramétrico e o Não Paramétrico, que se distinguem segundo o método de aprendizado e, com efeito, pela maneira como o “conhecimento” (decorrência do aprendizado) é estruturado internamente¹⁴³.

Dessarte, Aprendizado Paramétrico é aquele em que o tipo de Modelo escolhido consiste em determinada função de mapeamento com um número fixo e previamente definido de parâmetros, independentemente da quantidade de dados disponíveis para treinamento. Como exemplo de aprendizado paramétrico, pode-se mencionar um Algoritmo de regressão linear, onde a função de mapeamento é a equação de uma reta e os Parâmetros a serem refinados na etapa de aprendizado são os coeficientes da equação.

¹⁴¹ Data Science Academy. **Deep learning book**. [S. l.]: [s. n.], 2019. *E-book* (não paginado). Disponível em: <http://www.deeplearningbook.com.br/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

¹⁴² PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 6.

¹⁴³ TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. p. 14.

Já no Aprendizado não Paramétrico, o Modelo consiste numa função de mapeamento baseada em *métricas de similaridade (ou dissimilaridade)* que realiza comparações da entrada não só com os dados de treinamento, mas com todos os dados até então processados ou com um subconjunto deles. Com essa estratégia, o Modelo não é um resultado estanque do treinamento, mas dinamicamente se adapta pela influência, no todo ou em parte, das entradas pretéritas, motivo pelo qual Trask¹⁴⁴ afirma que o número de parâmetros é infinito (determinado pelos dados).

Alguns autores, como Géron¹⁴⁵ e Burkov¹⁴⁶, referem-se ao aprendizado não paramétrico como *aprendizado baseado em instâncias*, o que se justifica pelo fato de, repita-se, o Modelo se basear em objetos/observações (ou instâncias) e não em parâmetros. Contudo, advirta-se que esses mesmos autores aludem ao aprendizado paramétrico como *aprendizado com base em modelos*, o que pode levar à equivocada conclusão de que o aprendizado não paramétrico prescinde de um Modelo subjacente. Bem entendido, em se tratando de Aprendizado de Máquina, independentemente de a abordagem ser paramétrica ou não, o sistema se funda na construção de Modelos.

1.4 A IMPORTÂNCIA DO DATASET

1.4.1 Organização do *Dataset*: os três conjuntos

Entende-se por *Dataset* qualquer “coleção de exemplos, que são transformados em coleções de características”¹⁴⁷ para serem utilizados por sistemas de Aprendizado de Máquina.

Até aqui muito se falou a respeito dos dados de treinamento/aprendizado. Na prática, porém, trabalha-se com três coleções

¹⁴⁴ TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. p. 14.

¹⁴⁵ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 17-18.

¹⁴⁶ BURKOV, Andriy. *The hundred-page machine learning book*. p. 19.

¹⁴⁷ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 101.

distintas de exemplos rotulados: **(i)** o *Dataset* de Treinamento, **(ii)** o *Dataset* de Validação e **(iii)** o *Dataset* de Teste. Coligidos os exemplos disponíveis, deve-se baralhar os dados e compor aleatoriamente cada uma dessas três coleções¹⁴⁸.

O *Dataset* de Treinamento, o maior deles, reúne os exemplos destinados ao aprendizado, vale dizer, à construção do Modelo. Há uma boa razão para formar mais de um *Dataset*: a necessidade de testar o Modelo com dados inéditos, pois ele, decerto, terá bom desempenho quando exposto a dados idênticos aos de treinamento.

Os *Datasets* de Validação e de Teste, geralmente de tamanhos similares, se prestam, respectivamente, à avaliação inicial (validação) e à avaliação final (teste) do Modelo.

Mas, qual o propósito da avaliação em duas etapas? Suponha-se a necessidade de avaliar dois tipos de Modelo (*v.g.*, um Modelo linear e um Modelo polinomial), cada um deles com 10 variações do conteúdo dos Hiperparâmetros, para fins de determinar a conformação que oferece a melhor generalização. Caso se utilize apenas o *Dataset* de Treinamento e o *Dataset* de Teste, ainda que o processo de treinamento e respectiva avaliação dos resultados se repita quantas vezes forem necessárias (no caso, vinte vezes, sendo dez repetições para cada tipo de Modelo), ao final, é muito provável que a conformação selecionada — tipo de Modelo e respectivos valores dos Hiperparâmetros — não tenha esse mesmo bom desempenho quando exposta a dados inéditos. Isso porque, ao se avaliar a capacidade de generalização sucessivas vezes com base apenas no *Dataset* de Teste, elegeu-se o Modelo que produz os melhores resultados para aquele conjunto de dados em particular¹⁴⁹.

Eis o porquê de a literatura afiançar que o *Dataset* de Validação se destina à escolha do tipo de Modelo e à configuração dos Hiperparâmetros do

¹⁴⁸ BURKOV, Andriy. *The hundred-page machine learning book*. p. 49.

¹⁴⁹ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 31.

Algoritmo Aprendiz, enquanto o *Dataset* de Teste se presta à aferição do Modelo final antes de colocá-lo em produção¹⁵⁰.

Chollet¹⁵¹ e Géron¹⁵² elucidam como empregar os *Datasets*: **(i)** utiliza-se o *Dataset* de Treinamento para construir diferentes Modelos — com variação de tipo de Modelo e/ou de Hiperparâmetros; **(ii)** o desempenho de todos os Modelos obtidos é estimado frente ao *Dataset* de Validação; **(iii)** após, treina-se o melhor Modelo identificado com o conjunto de dados formado pela união dos *Datasets* de Treinamento e de Validação — este será o melhor Modelo final treinado; **(iv)** submete-se o *Dataset* de Teste ao Modelo final treinado resultante da etapa anterior, momento em que se determina seu desempenho.

A proporção dos três *Datasets* depende fundamentalmente da quantidade de exemplos disponíveis. Em geral, recomenda-se reservar 70% dos exemplos ao *Dataset* de Treinamento, 15% ao *Dataset* de Validação e 15% ao *Dataset* de Teste. Porém, havendo profusão de exemplos disponíveis — milhões deles —, talvez faça sentido reservar 95% para o treinamento e o restante, em partes iguais, à validação e ao teste¹⁵³.

1.4.2 Principais desafios relacionados ao *Dataset* de Treinamento

Como visto, a construção de um sistema de Aprendizado de Máquina perpassa pela escolha do Algoritmo Aprendiz e pela seleção do *Dataset* de Treinamento. Entretanto, se o sistema não produz resultados satisfatórios, o *learner* e os dados de treinamento devem ser investigados.

Os problemas mais usuais incluem: **(i)** quantidade insuficiente de dados de treinamento, **(ii)** dados de treinamento não representativos, **(iii)** dados de baixa qualidade, **(iv)** *features* irrelevantes, **(v)** sobreajuste aos dados de treinamento — *overfitting*, e **(iv)** sub-ajuste aos dados de treinamento —

¹⁵⁰ BURKOV, Andriy. The hundred-page machine learning book. p. 51.

¹⁵¹ CHOLLET, François. **Deep learning with python**. p. 98-99.

¹⁵² GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 31.

¹⁵³ BURKOV, Andriy. The hundred-page machine learning book. p. 49.

underfitting. Os dois últimos (*overfitting* e *underfitting*), em que pese a íntima relação com a composição do *Dataset* de Treinamento, são problemas também vinculados ao Algoritmo Aprendiz; os demais dizem respeito unicamente aos dados¹⁵⁴.

Devido à estreita proximidade entre os problemas afetos ao *Dataset* de Treinamento e a escolha do Algoritmo Aprendiz, ambos serão tratados no presente tópico, iniciando pelo primeiro.

Sabe-se que “os dados são a matéria-prima da aprendizagem de máquinas”¹⁵⁵ e que os *learners* demandam uma *enorme quantidade* deles para funcionar adequadamente.

Mesmo para problemas muito simples você normalmente precisa de milhares de exemplos, e para problemas complexos, como reconhecimento de imagem ou fala, você pode precisar de milhões de exemplos (a menos que você possa reutilizar partes de um modelo existente).¹⁵⁶

Aliás, o gigantesco volume de dados, estruturados e não estruturados, disponível e gerado na *internet*¹⁵⁷, aliado à crescente capacidade de processamento dos computadores, explica a proliferação de Algoritmos de *machine learning* em nosso cotidiano e nas mais diversas áreas do conhecimento.

Além da quantidade suficiente de dados, a *amostra* destinada ao treinamento deve ser também *representativa* dos casos que se pretende generalizar, do contrário, o Modelo não fará previsões satisfatórias.

¹⁵⁴ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems.** p. 23-29.

¹⁵⁵ FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital.** p. 20.

¹⁵⁶ Tradução nossa. No original: “Even for very simple problems you typically need thousands of examples, and for complex problems such as image or speech recognition you may need millions of examples (unless you can reuse parts of an existing model).” (GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems.** p. 23-29).

¹⁵⁷ “Diferentemente do cenário nos anos 1970, em que os dados eram escassos, atualmente, existe uma imensa quantidade de dados disponíveis, estruturados e não estruturados. A esse mar de dados, convencionou-se chamar *big data*.” (FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital.** p. 20).

Para bem apreender tal assertiva, deve-se buscar na estatística as noções de *população, amostra e representatividade*. Quanto às duas primeiras:

[...] **população (ou universo)** é o conjunto de todos os elementos (pessoas ou objetos) cujas propriedades o pesquisador está interessado em estudar. [...] Quando é feito um levantamento completo sobre uma determinada população, ou seja, contemplando cada um dos seus elementos, temos o que se chama de um **censo**. [...] Se a população é infinita, ou finita, mas muito grande, torna-se impossível ou impraticável a realização do censo. Em tais casos, em vez disso, examina-se somente uma pequena parte da população que chamamos de **amostra**.¹⁵⁸

Isso posto, diz-se que a amostra é representativa quando ela permite colher conclusões verdadeiras sobre a população¹⁵⁹, do contrário, a amostra será *tendenciosa*.

Huff¹⁶⁰ expressa sua visão de amostragem da seguinte forma:

Se você tem um barril de feijões, alguns pretos e outros brancos, só há uma maneira de descobrir exatamente quantos grãos de cada cor você tem: contá-los. Porém, você pode descobrir de um modo muito mais fácil a quantia aproximada de feijões pretos: pegando um punhado de grãos, contando apenas os pretos que houver e calculando que a proporção será a mesma no barril todo. Se sua amostra for grande o bastante e escolhida de forma apropriada, representará bem o barril todo para a maioria dos propósitos.

A repercussão de problemas na amostragem é bem ilustrada por um rumoroso caso estadunidense:

[...] volte ao ano de 1936, até o famoso fiasco da *Literary Digest*. Dez milhões de assinantes da *Digest* asseguraram aos editores da condenada publicação que Alf Landon obteria 370 votos dos colégios estaduais e Franklin D. Roosevelt levaria 161, e todos vieram da lista que previra com precisão o resultado da eleição anterior, de 1932. Como uma lista já testada poderia ser tendenciosa? Havia uma tendenciosidade, é claro, conforme teses universitárias e outras investigações verificaram: pessoas que podiam pagar por telefones e assinaturas de revistas em 1936 não

¹⁵⁸ PINHEIRO, João Ismael D.; CUNHA, Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica**: a arte de trabalhar com dados. p. 4, grifo do autor.

¹⁵⁹ PINHEIRO, João Ismael D.; CUNHA, Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica**: a arte de trabalhar com dados. p. 4.

¹⁶⁰ HUFF, Darrell. **Como mentir com estatística**. Tradução de Bruno Casotti. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2016. *E-book* (não paginado).

representavam o eleitor comum. Economicamente, elas eram um tipo especial de população, uma amostra tendenciosa porque estava cheia de republicanos. A amostra elegeu Landon, mas os eleitores pensavam diferente.¹⁶¹

No campo do Aprendizado de Máquina, a *tendenciosidade da amostra* (ou “*viés de amostragem*”), por óbvio, compromete o treinamento do Modelo e, por conseguinte, a capacidade de generalização do sistema:

“É crucial usar um conjunto de treinamento que seja representativo dos casos para os quais você deseja generalizar. Isso geralmente é mais difícil do que parece: se a amostra for muito pequena, você terá ruído de amostragem (ou seja, dados não representativos como resultado do acaso), mas mesmo amostras muito grandes podem ser não representativas se o método de amostragem for falho. Isso é chamado viés de amostragem.”¹⁶²

Outrossim, um Modelo que não foi exposto à diversidade no treinamento não pode contemplá-la adequadamente na generalização: um modelo treinado com “um *dataset* majoritariamente caucasiano não vai desempenhar bem com pessoas de traços de outras etnias.”¹⁶³

Há que se adotar, portanto, um *Dataset* inclusivo. Um *Dataset* incompleto ou não representativo, mais que um resultado equivocado, é capaz de produzir um efeito discriminatório ou excludente muito intenso.

Não se pode olvidar, por outro lado, que há o risco de os Algoritmos gerarem efeitos discriminatórios apesar de o *Dataset* estar correto — completo e representativo. Situações como essas “correspondem aos casos em que o algoritmo introjeta e reproduz preconceitos que já existem em nossa sociedade.”¹⁶⁴

¹⁶¹ HUFF, Darrell. **Como mentir com estatística**. *E-book* (não paginado).

¹⁶² Tradução nossa. No original: “It is crucial to use a training set that is representative of the cases you want to generalize to. This is often harder than it sounds: if the sample is too small, you will have sampling noise (i.e., nonrepresentative data as a result of chance), but even very large samples can be nonrepresentative if the sampling method is flawed. This is called sampling bias.” (GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 25).

¹⁶³ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 103.

¹⁶⁴ FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital**. p. 90.

À guisa de ilustração dos efeitos discriminatórios, cumpre mencionar o famoso caso, ocorrido em 2015, em que um usuário do “Google Photos” descobriu que o aplicativo identificou (etiquetou) seus amigos negros como gorilas¹⁶⁵.

Em geral, “chama-se de *machine bias*, *algorithm bias*, ou simplesmente *bias*, mas que não deixa de ser um *human bias*, quando uma IA apresenta um comportamento tipicamente preconceituoso [...]”¹⁶⁶.

Embora a palavra *bias* (viés) seja frequentemente empregada no sentido de distorção ou resultado indesejado, é necessário alertar que em *machine learning* ela também tem outra significação bem específica: designa um Parâmetro interno do Modelo de Aprendizado de Máquina, suscetível ao treinamento como todos os demais, mas que corresponde a um escalar fixo, não associado a peso e não afetado pelos dados de entrada¹⁶⁷ — equivale ao *termo independente*, da matemática.

O sistema também não funcionará adequadamente se os dados disponíveis forem de *baixa qualidade*, vale dizer, se estiverem incompletos, repletos de erros ou de casos atípicos, porquanto restará comprometida a precisa identificação de padrões subjacentes e, por consequência, a esperada generalização.

Outro fator que pode comprometer a predição é a utilização de *features irrelevantes*. “Seu sistema só será capaz de aprender se os dados de treinamento contiverem atributos relevantes suficientes e não muitos atributos irrelevantes.”¹⁶⁸

¹⁶⁵ AGRELA, Lucas. Google marca fotos de casal de negros como "gorilas". **Exame**, [S. l.], 1 set. 2015. Tecnologia. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/google-marca-fotos-de-casal-de-negros-como-gorilas/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

¹⁶⁶ PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. p. 102.

¹⁶⁷ GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. p. 112.

¹⁶⁸ Tradução nossa. No original: “Your system will only be capable of learning if the training data contains enough relevant features and not too many irrelevant ones.” — GÉRON, Aurélien.

Pontuou-se até aqui problemas específicos do *Dataset*, mas o Algoritmo Aprendiz também pode comprometer o bom funcionamento do sistema nas hipóteses de *sobreajuste (overfitting)* e *sub-ajuste (underfitting)* aos dados de treinamento.

De maneira simplista, valendo-se de exemplos selecionados para treinamento, o *learner* modifica gradualmente os parâmetros internos do Modelo com vistas a otimizá-lo, ou seja, buscando aproximá-lo paulatinamente da incógnita função alvo. A medida da imperfeição observada nessa fase chama-se *erro de treinamento*. Por *erro de generalização* ou *erro de teste* entende-se a medida do grau de desacerto do Modelo quando confrontado com dados inéditos¹⁶⁹.

O *underfitting* ocorre quando o Modelo não alcança um erro de treinamento suficientemente baixo. Já o *overfitting* significa que o Modelo tem excelente desempenho com os dados de treinamento, mas apresenta erro de generalização elevado.

Atente-se que, no *overfitting*, a complexibilidade do Modelo permite captar todas as nuances dos dados de treinamento, mas a excessiva sensibilidade, inclusive aos dados não representativos, inviabiliza uma boa generalização. As principais soluções são: **(i)** simplificar o Modelo, ou pela adoção de menos parâmetros, ou pela utilização de um número menor de atributos (*features*), ou ainda pela restrição a determinados parâmetros, evitando que o Modelo se torne muito complexo ou flexível durante o treinamento — essa restrição é conhecida como *regularização*¹⁷⁰; **(ii)** reunir mais dados de treinamento; e, **(iii)** reduzir a quantidade de dados não representativos.

Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. p. 27).

¹⁶⁹ ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. p. 22.

¹⁷⁰ A regularização é uma técnica que consiste em estabelecer limites a determinados parâmetros, tornando o modelo mais simples e menos flexível, evitando assim o *overfitting*. A regularização é obtida pela manipulação dos chamados Hiperparâmetros, cujos valores controlam o processo de aprendizado do Algoritmo. Enquanto os Parâmetros são ínsitos aos Modelos e, portanto, ajustados durante o aprendizado, os Hiperparâmetros dizem respeito ao funcionamento do Algoritmo Aprendiz e afetam o treinamento do modelo.

No *underfitting*, ao revés, o Modelo é simples demais para aprender com os dados de treinamento. Possíveis soluções incluem **(i)** adotar um Modelo mais sofisticado, com mais parâmetros, **(ii)** reavaliar os atributos (*features*) utilizados pelo *learner*, e **(iii)** reduzir as restrições do Modelo para torná-lo mais flexível.

O capítulo que ora se encerra teve por objetivo específico a compreensão geral do Aprendizado de Máquina, fundamento construtivo dos modernos Chatbots a serem examinados a seguir.

Capítulo 2

CHATBOTS

2.1 ASPECTOS GERAIS, APLICAÇÕES E CLASSIFICAÇÃO

2.1.1 Aspectos gerais

Embora a interação com computadores por meio de texto e voz não seja propriamente uma novidade, a popularização de assistentes virtuais e alto-falantes inteligentes, entre outros sistemas de diálogo, tornou essa tecnologia ubíqua. Grassam no setor de varejo, por exemplo, sistemas de diálogo que atendem clientes e realizam vendas por meio de plataformas de mensagens, como WhatsApp, Telegram e Facebook Messenger. Assistentes virtuais — Siri da Apple, Cortana da Microsoft, Alexa da Amazon, Bixby da Samsung e Google Assistente, só para mencionar os mais populares¹⁷¹ — estão disponíveis em *smartphones*, *tablets*, computadores pessoais e outros dispositivos eletrônicos especialmente construídos para abrigá-los, como os alto-falantes inteligentes (*smart speakers*), aparelhos compostos, no mínimo¹⁷², por caixas de som, microfones e conexão à internet, geralmente de custo reduzido, sobretudo por conta do processamento realizado na nuvem¹⁷³.

¹⁷¹ Para conhecer esses e outros assistentes virtuais menos convencionais: MCFARLAND, Alex. 10 Best AI Assistants. **Unite.AI**, [S. l.], 20 abr. 2022. Best Of. Disponível em: <https://www.unite.ai/10-best-ai-assistants/>. Acesso em: 10 out. 2022.

¹⁷² Modelos mais recentes contemplam, adicionalmente, entrada e saída de dados por meio de tela sensível ao toque, sendo por isso conhecidos como *displays* inteligentes. Para saber mais: ALTO-FALANTE inteligente. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alto-falante_inteligente. Acesso em: 10 out. 2022.

¹⁷³ “Computação em nuvem (em inglês, *cloud computing*) é um termo coloquial para a disponibilidade sob demanda de recursos do sistema de computador, especialmente armazenamento de dados e capacidade de computação, sem o gerenciamento ativo direto do utilizador. [...] O acesso a programas, serviços e arquivos é remoto, através da Internet - daí a alusão à nuvem. O uso desse modelo (ambiente) é mais viável do que o uso de unidades físicas.” — COMPUTAÇÃO em nuvem. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Computação_em_nuvem. Acesso em: 10 out. 2022.

Em comum, todos esses sistemas empregam técnicas específicas para lidar com a linguagem natural, o que lhes capacita a, resumidamente, compreender os comandos recebidos do usuário e responder adequadamente¹⁷⁴. E assim o fazendo, os sistemas de diálogo inauguram um novo tipo de interface entre usuário e máquina, uma **interface de usuário conversacional**¹⁷⁵ apta a substituir ou aprimorar a já consagrada **interface de usuário gráfica** (do inglês, *graphical user interface* — GUI)¹⁷⁶.

Nada obstante os traços característicos, literatura e mídia trazem imensa variedade e pouca uniformização dos termos designativos desses sistemas de conversação; assistente digital pessoal, assistente pessoal virtual, agente conversacional, *chatbot* e interface de usuário conversacional são algumas das incontáveis denominações utilizadas. Para se ter uma noção dessa diversidade, o site *chatbots.org* traz um rol de 161 sinônimos de sistemas conversacionais baseados em Inteligência Artificial.

Infelizmente, a profusão terminológica é acompanhada de definições não uniformes de pouca consistência ou mesmo imprecisas do ponto de vista científico, ameaçando a perfeita intelecção das técnicas estruturantes desses sistemas.

À guisa de ilustração, registre-se que Freed¹⁷⁷ adota a expressão “**assistente de IA**” (*AI assistant*) como gênero do qual são espécies: **(i) IA de conversação** (*conversational AI*) — sistema que disponibiliza uma interface dialógica e serviços em resposta a solicitações veiculadas por simples perguntas

¹⁷⁴ A rigor, o processo é dividido em etapas e subsistemas responsáveis pelo reconhecimento de fala (transformação da voz em texto), decomposição semântica, captura de intenção, produção textual de resposta e sintetização da resposta em voz.

¹⁷⁵ MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. [S. l.]: Morgan & Claypool, 2020. *E-book*. p. 13.

¹⁷⁶ Tipo de interface que permite interagir com dispositivos eletrônicos pela manipulação direta de elementos gráficos, utilizando-se, para mencionar apenas os periféricos mais recorrentes, teclado e mouse ou telas sensíveis ao toque. Para saber mais: GRAPHICAL user interface. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_user_interface. Acesso em: 10 out. 2022.

¹⁷⁷ FREED, Andrew R. **Conversational AI**: chatbots that work. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2021. *E-book*. p. 5-16.

ou associadas a um fluxo de conversação. Quando a demanda vem diluída ao longo do fluxo de conversação, espera-se que o *software* determine o contexto de cada interação, identificando a intenção do usuário e coligindo as informações necessárias ao atendimento; **(ii) interpretador de comando** (*command interpreter*) — preponderante em aparelhos inteligentes como *smartphones*, *smart speakers*, *smart TVs* e modelos mais recentes de eletrodomésticos e computadores de bordo automobilísticos¹⁷⁸; tal categoria corresponde aos populares assistentes virtuais (como Siri, da Apple), os quais dispõem de um vocabulário limitado às suas finalidades, mas variado o suficiente para lhe permitir interpretar e atender os comandos de voz; **(iii) classificador de evento** (*event classifier*) — útil para identificar padrões em mensagens de texto ou voz, visando seu correto encaminhamento (v.g., direcionamento interno de *e-mail* ou ligação telefônica ao setor apropriado de determinada organização empresarial).

Vislumbra-se certa coerência na classificação proposta por Freed, na medida em que todas as espécies do gênero “assistente de IA” identificam na mensagem a intenção do usuário e, por vezes, os parâmetros necessários para satisfazê-la — quando se pede a um assistente virtual para ajustar um alarme para determinado horário, por exemplo, o *software* deve identificar, a um só tempo, a intenção (ajuste de alarme) e o parâmetro (horário) informados. Contudo, um “classificador de evento” não opera num contexto dialógico, porquanto ele não responde, necessariamente, ao usuário. Talvez por isso o enquadramento de “classificadores de evento” como espécie do gênero “assistente de IA” não seja amplamente adotado na literatura.

Diante de tal miscelânea terminológica e conceitual, imperioso formular a convenção semântica a vigorar no presente texto. Para isso, é oportuno

¹⁷⁸ “Atualmente, nos automóveis mais caros, os assistentes virtuais com comandos de voz podem ser considerados a evolução mais recente dos computadores de bordo. Eles integram todos os sistemas do carro — o que, em alguns casos, inclui assistentes de segurança — e, conectados à Internet, acabam servindo até mesmo para liberar ou desativar equipamentos, além de poder ser atualizados remotamente. Assim, eles estão cada vez mais próximos dos computadores que temos em nossas casas.” — HERNANDES, Dalmo. O nascimento e a evolução do computador de bordo. FlatOut, [S. l.], 27 jan. 2021. Car Culture. Disponível em: <https://flatout.com.br/o-nascimento-e-a-evolucao-do-computador-de-bordo/>. Acesso em: 10 out. 2022.

buscar a definição clássica, aquela mais aceita quando do surgimento desses agentes de diálogo, segundo a qual

um *chatbot* é um programa de computador que processa a entrada em linguagem natural de um usuário e gera respostas pertinentes e inteligentes que são então enviadas de volta ao usuário.¹⁷⁹

Ocorre que os primitivos *Chatbots*, construídos preponderantemente segundo a abordagem orientada por regras, foram robustecidos pelo avanço recente das técnicas de Aprendizado de Máquina (abordagem orientada por dados). Por conta disso, esses agentes estão aptos a identificar contextos e encadeamentos na interação com o usuário, capacidade que lhes permite trabalhar a linguagem natural para além de um conjunto limitado e preestabelecido de instruções, o que lhes confere uma qualidade de diálogo semelhante à mantida entre humanos¹⁸⁰.

À vista da evolução e crescente utilidade, tornaram-se **sistemas independentes**¹⁸¹, passíveis de integração não só com **plataformas de mensagens** (WhatsApp, Facebook Messenger, Skype, Telegram, Microsoft Teams etc.) ou **sistemas de comércio eletrônico**, mas com **aplicativos/sistemas em geral**.

Tecidas essas considerações, empregar-se-á as expressões *Chatbots*, *chatterbots*¹⁸², *agentes de conversação* ou *sistemas de diálogo*¹⁸³ em

¹⁷⁹ No original: “The classic definition of a chatbot is a computer program that processes natural-language input from a user and generates smart and relative responses that are then sent back to the user.” — KHAN, Rashid, DAS, Anik. **Build better chatbots**: a complete guide to getting started with chatbots. [S. l.]: Apress, 2018. *E-book*. p. 1.

¹⁸⁰ GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots**: learning linguistic structures. Basileia, Switzerland: Springer, 2019. *E-book*. p. 13.

¹⁸¹ KHAN, Rashid, DAS, Anik. **Build better chatbots**: a complete guide to getting started with chatbots. p. 1-2.

¹⁸² MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. p. 20.

¹⁸³ GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots**: learning linguistic structures. p. 13.

sentido amplo, para designar quaisquer sistemas interativos que implementem uma interface em linguagem natural com humanos, por meio de texto, voz ou ambos¹⁸⁴.

Antes de prosseguir, previna-se que agentes conversacionais podem conformar diferentes soluções, ora interagindo diretamente com um cliente externo, ora coadjuvando um colaborador humano de determinada organização.

O padrão mais popular de interação é o de **autoatendimento**, segundo o qual o cliente da organização comunica-se diretamente com o *chatbot*, que, por sua vez, pode ser *opcionalmente* estruturado para repassar a demanda, em caso de dificuldades, a um colaborador humano. Esse padrão funciona em canais de comunicação de texto ou voz¹⁸⁵.

Menos frequente, o figurino de **assistência** consiste em empregar o *chatbot* como uma ferramenta de consultoria especializada do colaborador humano. São duas as principais variantes desse padrão. Na primeira, o cliente interage somente com o colaborador, mas o *chatbot* monitora o diálogo e municia o colaborador humano automaticamente com informações, sem que o cliente o perceba. À vista das informações prestadas pela máquina, o colaborador humano as repassa ao cliente, com ou sem acréscimos. Como inconveniente, aponta a literatura que o cliente provavelmente agregará dados irrelevantes à conversa com o colaborador, característica comum aos diálogos entre humanos, o que exigirá um treinamento mais rigoroso do *chatbot*. Na segunda variante, o colaborador aciona o *chatbot* somente quando necessário, dele obtendo informações úteis à formulação da resposta ao cliente. Em contraste com a primeira variante, esta requer mais esforço do colaborador, todavia prescinde de um *chatbot* mais sofisticado¹⁸⁶.

¹⁸⁴ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

¹⁸⁵ FREED, Andrew R. **Conversational AI**: chatbots that work. p. 17.

¹⁸⁶ FREED, Andrew R. **Conversational AI**: chatbots that work. p. 17-18.

Em síntese, no conceito de *chatbot* aqui perfilhado, a alusão à interação em linguagem natural com humanos contempla o diálogo direto com quaisquer usuários do sistema, independentemente de serem clientes ou colaboradores de uma organização.

2.1.2 Aplicações

Chatbots encontram utilidade nas mais diversas áreas e negócios. Alguns usos alcançaram maturidade em período recente, ao passo que outros, ainda incipientes, encerram largas expectativas de amadurecimento.

2.1.2.1 Atendimento ao cliente

Amplamente utilizados no setor de atendimento a clientes, os *Chatbots* fornecem respostas imediatas e precisas, ao tempo em que permitem reduzir o número de funcionários ou realocá-los para outras atividades.

Clientes podem registrar reclamações e ser orientados por *Chatbots* na elucidação de dúvidas, sobretudo das mais comuns, sem o tradicional tempo de espera para pesquisa interna ou redirecionamento da demanda.

A ideia é que o atendimento seja altamente escalonável — capaz de crescer rapidamente sem que os custos aumentem na mesma proporção —, oferecendo, ainda assim, uma boa experiência ao cliente.

2.1.2.2 Compras e comércio eletrônico

No âmbito do comércio eletrônico, sistemas de diálogo são usados no registro e alteração de pedidos, pagamentos, apresentação de ofertas personalizadas e recomendação de produtos e serviços.

A propósito, mecanismos de alavancagem de vendas sempre estiveram no centro do interesse da atividade comercial, convencional e

eletrônica¹⁸⁷, que logo percebeu nos “sistemas de recomendação” (*recommender systems*) uma aplicação bastante útil e, sobretudo, rentável.

Referidos sistemas, fundados em técnicas de Aprendizado de Máquina, se propõem a indicar os mais variados produtos e serviços — incluindo músicas (Spotify) e vídeos (Netflix e Youtube) —, a partir de minuciosas informações hauridas da rede mundial de computadores a respeito de cada usuário, o que permite deduzir-lhe as preferências, interesses e propensões¹⁸⁸. O objetivo é expor os usuários a conteúdos cuja receptividade se repute elevada, de acordo com o perfil de cada um¹⁸⁹, conferindo alto grau de persuasão às ofertas de produtos e serviços.

Com o recente avanço dos *Chatbots*, investimentos foram realizados para combinar os sistemas de recomendação e de diálogo, emergindo daí os chamados “sistemas de recomendação conversacionais” (do inglês, *conversational recommendation systems*)¹⁹⁰.

2.1.2.3 Notícias e descoberta de conteúdo

A disponibilização na *internet* de uma quantidade sem precedentes de conteúdo fez surgir o anseio por mecanismos que auxiliassem os usuários a efetuar buscas com mais eficiência.

¹⁸⁷ “[...] os sistemas de recomendação estão entre os sistemas de aprendizado de máquina mais poderosos que os varejistas *online* implementam para ampliar receita.” (tradução nossa). No original: “[...] recommender systems are among the most powerful machine learning systems that online retailers implement in order to drive incremental revenue.” — ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. p. 753.

¹⁸⁸ Para saber mais sobre o papel das técnicas de Aprendizado de Máquina na sofisticação do *marketing*: MATALON NETO, David; SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes de. Sociedade de consumo e algoritmos: reflexões contemporâneas. In: SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes de (coord.). **Governança e sustentabilidade**: um planejamento estratégico à sadia qualidade de vida. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2022. p. 33-58.

¹⁸⁹ Para saber mais sobre sistemas de recomendação: BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. p. 127-128.

¹⁹⁰ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

Ademais, repise-se, a pluralidade de conteúdos ao alcance dos internautas — o que inclui, por óbvio, as notícias — é habilmente trabalhada por *sistemas de recomendação*, “ferramentas poderosas de filtragem de informações que podem facilitar serviços personalizados e proporcionar experiências sob medida a usuários individuais”¹⁹¹.

Sob essa perspectiva, é natural que as plataformas de busca (como Microsoft Bing¹⁹², Yahoo!¹⁹³ e Google¹⁹⁴) também incorporassem técnicas de Aprendizado de Máquina para fazer recomendações e oferecer resultados especializados. Isso explica por que “pessoas diferentes que consultam a mesma palavra no Google obtêm resultados diferentes”¹⁹⁵.

De maneira análoga ao que ocorre no comércio eletrônico, o usuário interessado em notícias ou em pesquisas diversas pode expressar os pormenores de suas preferências dialogando com o *chatbot*, que lhe apontará conteúdos de relevo.

2.1.2.4 Medicina e saúde

Na área médica e de saúde, *agentes de conversação* podem, mediante a formulação de perguntas apropriadas, apurar as condições de saúde de pacientes e, facultativamente, transmitir-lhes instruções relevantes.

À guisa de exemplo, vale lembrar dos serviços de terapia *online* disponibilizados por meio de *Chatbots*, como os criados para ajudar milhares de trabalhadores indianos do setor de tecnologia que perderam seus empregos¹⁹⁶.

¹⁹¹ No original: “Recommender systems are therefore powerful information filtering tools that can facilitate personalized services and provide tailored experience to individual users.” — ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. p. 753.

¹⁹² <https://www.bing.com/>

¹⁹³ <https://search.yahoo.com/>

¹⁹⁴ <https://www.google.com.br/>

¹⁹⁵ BAUMAN, Zygmunt; LYON, David. **Vigilância líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2014. p. 84.

¹⁹⁶ RAI, Saritha. Fired Indian technology workers turn to chatbots for counseling. **The Economic Times**, [S. l.], 11 dez. 2017. Bloomberg. Disponível em: <https://cio.economictimes.indiatimes.com/news/strategy-and-management/fired-indian->

2.1.2.5 Jurídico

No setor jurídico, *agentes de conversação* são úteis para esclarecer as dúvidas mais recorrentes dos usuários (em geral, previamente catalogadas para treinamento do sistema), sem prejuízo de aplicações mais complexas, como a descoberta de textos jurídicos (decisões judiciais, pareceres, artigos etc.) segundo balizas estabelecidas em diálogo com o *chatbot*.

Entre as renomadas aplicações de sistemas de conversação nessa área, vale mencionar o *chatbot* “advogado” que contestou gratuita e exitosamente milhões de dólares em multas de estacionamento em Nova Iorque e Londres¹⁹⁷. Digna de nota também a banca de advocacia do Reino Unido que mantém um *chatbot* como único intermediário entre seus clientes e os advogados que dela participam¹⁹⁸.

2.1.3 Classificação dos *Chatbots*

2.1.3.1 Classificação segundo as características da interação com o usuário

Sistemas de diálogo distinguem-se pela funcionalidade e pela forma como interagem com o usuário, o que, em última instância, acaba por orientar-lhes o uso e a estrutura construtiva.

A depender das características da interação com o usuário, os *Chatbots* dividem-se em três diferentes classes, a seguir comentadas.

2.1.3.1.1 “*FAQ bots*” ou “*bots de resposta exata*”

O termo *FAQ*, acrônimo em inglês para *Frequently Asked Questions* — perguntas frequentes, em tradução livre —, designa uma compilação de

technology-workers-turn-to-chatbots-for-counseling/62018491. Acesso em: 29 out. 2022.

¹⁹⁷ GIBBS, Samuel. Chatbot lawyer overturns 160,000 parking tickets in London and New York. **The Guardian**, [S. l], 28 jun. 2016. Chatbots. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/28/chatbot-ai-lawyer-donotpay-parking-tickets-london-new-york>. Acesso em: 29 out. 2022.

¹⁹⁸ BINDMAN, Dan. Chatbot-based ‘firm without lawyers’ launched. **legalfeatures**, [S. l], 30 nov. 2017. Disponível em: <https://www.legalfutures.co.uk/latest-news/chatbot-based-firm-without-lawyers-launched>. Acesso em: 29 out. 2022.

perguntas recorrentes sobre determinado assunto¹⁹⁹. “Bot”, por sua vez, é a forma reduzida de *robot*, programa de computador que desempenha tarefas repetitivas, como as que são atribuídas a mecanismos robóticos²⁰⁰; o que, aliás, confere sentido às palavras *chatterbot*, junção de *chatter* (falatório) e *bot*, e *chatbot*, reunião de *chat* (conversa) e *bot*.

Um *FAQ bot* é, grosso modo, um sistema baseado em busca: dada uma pergunta, o sistema busca a resposta apropriada em um repositório e a devolve ao usuário. Para isso, o sistema precisa lidar com as diferentes formulações do mesmo questionamento. Logo, se o sistema for baseado em Aprendizado de Máquina, o treinamento consiste em fornecer-lhe paráfrases das perguntas mais recorrentes. As respostas, por sua vez, costumam ser fixas, preestabelecidas de acordo com o conteúdo da pergunta — motivo pelo qual o “*FAQ bot*” é referido como “*bot de resposta exata*”²⁰¹. Outra característica marcante é que uma resposta não costuma guardar relação com as anteriores, ou seja, não há preocupação com o contexto do diálogo, a menos que se trate de um problema multidomínio²⁰² ou que, por qualquer outro motivo, haja necessidade de um *FAQ bot* mais robusto²⁰³.

¹⁹⁹ FAQ. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/FAQ>. Acesso em: 10 out. 2022.

²⁰⁰ BOT. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Bot>. Acesso em: 10 out. 2022.

²⁰¹ LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2019. *E-book*. p. 367.

²⁰² RAJ, Sumit. **Building chatbots with python**: using natural language processing and machine learning. [S. l.]: Apress, 2019. *E-book*. p. 19.

²⁰³ “O chatbot Mitsuku de Steve Worswick ganhou o Prêmio Loebner (https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test), uma forma do Teste de Turing, em 2016 e 2017 usando correlação de amostras e padrões. Ele adicionou contexto ou dinamismo, para dar a Mitsuku um pouco mais de profundidade. Você pode ler sobre os outros vencedores na Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Loebner_Prize#Winners). A Amazon adicionou recentemente essa camada adicional de profundidade de conversação (contexto) para Alexa e a chamou de ‘Modo de Acompanhamento’ [<https://www.theverge.com/2018/3/9/17101330/amazon-alexa-follow-up-mode-back-to-back-requests>].” (tradução nossa). No original: “Steve Worswick’s Mitsuku chatbot won the Loebner Prize (https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test), a form of the Turing Test, in 2016 and 2017 using pattern matching and templates. He added context or statefulness, to give Mitsuku a bit more depth. You can read about the other winners on Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Loebner_Prize#Winners). Amazon recently added this additional

Por conta desses traços, *FAQ bots* são muito utilizados em serviços que, no todo ou em parte, admitem respostas “enlatadas” (predeterminadas) a perguntas recorrentes, a exemplo do suporte técnico ou do atendimento ao cliente²⁰⁴.

Entre as vantagens desses *bots* estão a relativa simplicidade de construção e a capacidade de fornecer respostas automáticas rapidamente.

Não é demasiado lembrar que, caso o sistema não seja capaz de identificar uma resposta satisfatória, a demanda pode ser redirecionada a um *chatbot* mais sofisticado ou mesmo para atendimento humano.

2.1.3.1.2 *Bots* baseados em fluxo de conversação

Bots baseados em fluxo de conversação são *Chatbots* aptos a capturar a completa intenção ou opinião do usuário ainda que fracionadas ao longo do diálogo. Por conseguinte, haverá frequente necessidade de provocar o usuário para dele extrair mais detalhes, o que obriga o *chatbot* a engendrar respostas flexíveis²⁰⁵.

Ao encomendar um bolo, por exemplo, o usuário terá que, paulatinamente, expressar o sabor, cobertura, tamanho, forma de pagamento, entre outras peculiaridades do pedido. Assim, para produzir reações apropriadas, o *chatbot* deverá monitorar, identificar e reunir informações segundo o contexto em que forem prestadas — vale dizer, o *bot* deve manter o adequado controle das informações correlacionadas.

Percebe-se claramente, pois, que *bots* baseados em fluxo de conversação são mais complexos que *FAQ bots*.

layer of conversational depth (context) to Alexa and called it ‘Follow-Up Mode.’” — LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action: understanding, analyzing, and generating text with python.** p. 367.

²⁰⁴ GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures.** p. 544.

²⁰⁵ MCTEAR, Michael. **Conversational AI: dialog systems, conversational agents, and chatbots.** p. 138.

2.1.3.1.3 *Bots* de domínio aberto

***Bots* de domínio aberto ou de propósito geral** (do inglês, *open-ended bots*) caracterizam-se por não estarem adstritos a um assunto específico, a conjunto de pares pergunta-resposta nem a fluxos de diálogo antecipadamente planejados. Destinam-se principalmente ao entretenimento, motivo pelo qual o *bot* deve transitar por diferentes temas para reter a atenção do usuário²⁰⁶.

2.1.3.2 Classificação conforme a orientação (ou não) a tarefas

A literatura costuma aludir a duas grandes categorias de *Chatbots*: **(i)** *bots* orientados a tarefas e **(ii)** *bots* não orientados a tarefas. A primeira é gênero do qual são espécies os *FAQ bots* e os *bots* baseados em fluxo de conversação, ao tempo em que a segunda, a despeito da vagueza doutrinária, confunde-se com os *bots* de domínio aberto, segundo os aspectos a seguir enfocados.

2.1.3.2.1 *Chatbots* orientados a tarefas

Por intermédio do diálogo, as pessoas trocam informações importantes visando, normalmente, uma finalidade específica. Analogamente, *bots* podem promover diálogos tendo em mira a consecução de um objetivo em particular ou, para usar a categoria preponderante na literatura, diálogos orientados à realização de tarefas²⁰⁷. Cuida-se, nesse caso, de um ***chatbot* orientado a metas ou *chatbot* orientado a tarefas**.

Ao comunicar-se com essa classe de *bot*, o usuário deve ter perfeito conhecimento não só do que pretende alcançar com o diálogo, como também de todas as informações a serem prestadas com vistas à execução de seu intento. É o que ocorre quando um usuário encomenda uma pizza e adquire ingressos para o cinema, sua meta é, respectivamente, fazer uma refeição e assistir a um filme,

²⁰⁶ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁰⁷ MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. p. 11.

conforme parâmetros repassados ao *bot* — na hipótese da compra de ingressos, por exemplo, há que se especificar a obra cinematográfica, a sala, a sessão etc.

2.1.3.2.2 *Chatbots* não orientados a tarefas

As expressões “**diálogo não orientado a tarefas**” e **bate-papo** descrevem interlocuções livres e informais, frequentemente opinativas, que se sucedem em alternância de assuntos. Não por acaso, denomina-se o *bot* participante dessa modalidade interativa ***chatbot* não orientado a tarefas** ou ***bot* de bate-papo** (*chitchat bot*).

São mensagens de conversação que não se destinam à concreção de uma finalidade: “em diálogos não orientados a tarefas, o usuário humano e o sistema se envolvem em uma interação conversacional geral (também conhecida como bate-papo).”²⁰⁸

Quanto ao desenvolvimento, a ausência de metas objetivas dificulta a construção do *bot*, que apesar disso “deve gerar respostas coerentes, pertinentes ao tema e factualmente corretas para tornar o diálogo mais natural”²⁰⁹.

2.2 UM BREVE HISTÓRICO

A recente popularidade dos *Chatbots* oculta sua longa trajetória de aperfeiçoamento tecnológico, trajetória esta que, em boa medida, se entrelaça com a história da Inteligência Artificial. É o que ora se pretende realçar com a sucinta exposição de alguns dos principais eventos histórico-evolutivos do *bots*.

O renomado “teste de Turing”, proposto por Alan Turing em seu artigo “Computing Machinery and Intelligence”, de 1950, como alternativa à imprecisa indagação filosófica de serem ou não as máquinas capazes de pensar, consistia

²⁰⁸ Tradução nossa. No original: “In non-task-oriented dialogues the human user and the system engage in general conversational interaction (also known as chit-chat).” — MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. p. 11.

²⁰⁹ No original: “A [chitchat] conversational agent must generate coherent, on-topic, and factually correct responses to make the dialog more natural.” — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

num experimento prático em que um inquiridor humano deveria manter um diálogo por meio de mensagens digitadas com dois interlocutores ocultos, sendo um deles humano e o outro um computador; a máquina ganha o jogo se o interlocutor não conseguir discernir se as respostas digitadas emanaram do computador ou do humano²¹⁰. Para Turing, o ponto focal seria “aferir a inteligência pelo desempenho [da máquina] em algum tipo de tarefa comportamental aberta, e não pela especulação filosófica”²¹¹; no caso, a tarefa escolhida foi a participação em um diálogo com um humano.

No campo prático, o *chatbot* ELIZA²¹², desenvolvido Joseph Weizenbaum no laboratório de Inteligência Artificial do Massachusetts Institute of Technology em meados da década de 1960, é considerado o primeiro sistema de conversação da história. O *software* contou com várias implementações, mas a principal simulava a interação entre uma psicóloga (papel desempenhado pela máquina) e seu paciente (o usuário humano)²¹³. O *bot* alcançou sucesso por ser extremamente convincente, apesar da rudimentar técnica de reconhecimento de padrões empregada no software baseado em regras:

ELIZA recebia uma entrada do usuário, inspecionava palavras-chave e transformava a frase para formar uma saída baseada em regras associadas com essas palavras-chave — o conjunto de palavras-chave e suas respectivas regras constituíam o roteiro para o sistema. Apesar dessas abordagens simplistas, alguns usuários acreditavam que ser significativamente mais inteligente e realista do que realmente era, dando origem ao que seria denominado efeito ELIZA.²¹⁴

²¹⁰ COMPUTING machinery and intelligence. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Computing_machinery_and_intelligence. Acesso em: 10 out. 2022.

²¹¹ Tradução nossa. No original: “To Turing, the key point was not the exact details of the test, but instead the idea of measuring intelligence by performance on some kind of open-ended behavioral task, rather than by philosophical speculation.” — RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. p. 1035.

²¹² Nome inspirado em Eliza Doolittle, personagem principal da peça *Pigmalião*, escrita em 1913 por George Bernard Shaw.

²¹³ ELIZA. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/ELIZA>. Acesso em: 10 out. 2022.

²¹⁴ Tradução nossa. No original: “ELIZA received an input from the user, inspected it for keywords, and transformed the sentence to form an output based on rules associated with those keywords — the set of keywords and their respective rules constituted the script for the system. Despite

Em 1972, surgiu PARRY, um *chatbot* concebido por Kenneth Colby, psiquiatra e cientista da computação do Departamento de Psiquiatria de Stanford, para se comportar não como um médico, mas como um paciente paranoico. É considerado o primeiro *bot* aprovado no teste de Turing²¹⁵.

Em 1983, William Chamberlain e Thomas Etter desenvolveram o Racter (abreviatura de *raconteur*, em inglês, contador de histórias), programa de computador que produzia textos em prosa randomicamente. A versão interativa, semelhante a um *chatterbot*, foi desenvolvida pela Inrac Corporation e lançada em 1984 pela Mindscape²¹⁶.

O *chatbot* Dr. Sbaitso²¹⁷, do início dos anos 90, inovou ao sintetizar a voz por meio da placa de som “Sound Blaster”, *hardware* desenvolvido pela Creative Labs. Apesar da novidade, o programa, que conversava com o usuário como se fosse um psicólogo, não superou seus antecessores em termos de complexidade de diálogo²¹⁸.

A.L.I.C.E (do inglês, *Artificial Linguistic Internet Computer Entity*) é um *chatbot* que começou a ser desenvolvido em 1995 por Rochard S. Wallace. Atualmente, mais de quinhentos desenvolvedores de todo o mundo contribuem para o projeto A.L.I.C.E, que ganhou o prêmio Loebner, um teste de Turing anual, em 2000, 2001 e 2004²¹⁹.

these simplistic approaches, some users believed it to be significantly more intelligent and realistic than it actually was, giving rise to what would be termed the ELIZA effect.” — GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures**. p. 24.

²¹⁵ PARRY. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/PARRY>. Acesso em: 10 out. 2022.

²¹⁶ RACTER. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Racter>. Acesso em: 10 out. 2022.

²¹⁷ Acrônimo de *Sound Blaster Acting Intelligent Text to Speech Operator* — em tradução livre, Operador Inteligente de Conversão de Texto em Fala da Sound Blaser.

²¹⁸ DR. SBAITSO. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Dr._Sbaitso. Acesso em: 10 out. 2022.

²¹⁹ RICHARD wallace (scientist). *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Wallace_\(scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Wallace_(scientist)). Acesso em: 10 out. 2022.

Em 2006, foi concebida a ideia do software Watson pela IBM, um *chatbot* idealizado para competir no “Jeopardy!”, programa de televisão de perguntas e respostas onde os temas são apresentados como respostas, cabendo aos participantes a formulação da pergunta adequada a cada um deles²²⁰. O sistema, que inicialmente alcançava apenas 15% de acerto, competiu no Jeopardy! contra campeões humanos e os venceu em 2011²²¹.

Em 2010, a Apple anuncia a assistente virtual Siri, sistema baseado em Aprendizado de Máquina inicialmente implementado na forma de um aplicativo para iPhone e, posteriormente, integrado ao sistema operacional iOS²²².

No ano de 2012, a Google libera o assistente virtual Google Now para sistemas operacionais Android. O assistente monitora buscas, eventos do calendário, localizações e padrões de viagens, sempre no intuito de antecipar as necessidades do usuário e apresentar sugestões relevantes²²³.

Em 2014 foi a vez da Amazon lançar a assistente virtual Alexa, seguida esta, em 2015, pela assistente Cortana da Microsoft.

Reconhecendo a importância e a versatilidade dos sistemas de diálogo, lança o Facebook, em 2016, uma plataforma destinada à integração de seu Messenger a *bots* de outras companhias²²⁴.

²²⁰ JEOPARDY!. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Jeopardy!>. Acesso em: 10 out. 2022.

²²¹ RAJ, Sumit. **Building chatbots with python**: using natural language processing and machine learning. p. 15.

²²² RAJ, Sumit. **Building chatbots with python**: using natural language processing and machine learning. p. 15.

²²³ GOOGLE now. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Now. Acesso em: 10 out. 2022.

²²⁴ RAJ, Sumit. **Building chatbots with python**: using natural language processing and machine learning. p. 15-16.

2.3 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL (NLP): GENERALIDADES E APLICAÇÕES

2.3.1 O que é linguagem natural?

O uso da linguagem natural, principal meio de comunicação entre humanos desde tempos imemoriais, é um dos indicativos de inteligência que diferencia homens de outros animais.

Mas, o que se entende por “linguagem natural”?

Segundo o dicionário Houaiss, linguagem é “qualquer meio sistemático de comunicar ideias ou sentimentos através de signos convencionais, sonoros, gráficos, gestuais etc.”²²⁵; ao passo que signo é “qualquer objeto, forma ou fenômeno que representa algo diferente de si mesmo e que é usado no lugar deste numa série de situações (a balança em lugar de 'justiça'; a suástica, de 'nazismo' etc.)”²²⁶.

Cuida-se de noção demasiadamente abrangente, a demandar delimitações, que, no caso, são traçadas pelo adjetivo “natural”.

Masato Hagiwara esclarece que

A palavra “natural” aqui é usada para contrastar linguagens naturais com linguagens formais. Nesse sentido, todas as línguas que os humanos falam são naturais. [...] As linguagens formais, por outro lado, são tipos de linguagens inventadas por humanos e que têm definição estrita e explícita de sintaxe (*i.e.*, o que é gramatical) e semântica (*i.e.*, o que significa).

Linguagens de programação como C e Python são bons exemplos de linguagens formais. Essas linguagens são definidas de maneira tão estrita que sempre fica claro o que é gramatical e o que não é.²²⁷

²²⁵ LINGUAGEM. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

²²⁶ SIGNO. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

²²⁷ Tradução nossa. No original: “The word ‘natural’ here is used to contrast natural languages with formal languages. In this sense, all the languages humans speak are natural. [...] Formal languages, on the other hand, are types of languages that are invented by humans and have strictly and explicitly defined syntax (*i.e.*, what is grammatical) and semantics (*i.e.*, what it means). Programming languages such as C and Python are good examples of formal languages. These languages are defined in such a strict way that it is always clear what is grammatical and

Para fins de NLP, portanto, qualifica-se como natural apenas a **linguagem humana verbal, oral ou escrita**²²⁸.

Cabe alertar, ainda, que linguagem e língua são categorias distintas. Língua (*v.g.*, portuguesa, inglesa, alemã etc.) é uma forma de linguagem — como dito, a linguagem é o meio mais abrangente de comunicação²²⁹ —, um sistema gramatical característico de determinado grupo²³⁰. Formalmente, língua é o “sistema de representação constituído por palavras e por regras que as combinam em frases que os indivíduos de uma comunidade linguística usam como principal meio de comunicação e de expressão, falado ou escrito”²³¹.

A advertência se justifica principalmente em razão da copiosa literatura sobre NLP em inglês, idioma “que possui um único termo — *language* — para os dois conceitos — *língua e linguagem*”²³². **Apesar disso, doravante uma e outra categoria serão utilizadas para aludir à linguagem natural.**

2.3.2 O que é Processamento de Linguagem Natural?

Combinando-se o conceito trazido por Vajjala, Majumber, Gupta e Surana²³³ com a visão de Hagiwara²³⁴, pode-se dizer que Processamento de Linguagem Natural (NLP, na sigla em inglês) é um subcampo da Inteligência

ungrammatical.” — HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 5.

²²⁸ A noção de NLP será objeto da próxima subseção.

²²⁹ “[...] as línguas naturais, notadamente diversas, são manifestações de algo mais geral, a linguagem.” — FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística I: objetos teóricos**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Contexto, 2010. p. 13.

²³⁰ “Quando nos referimos a *língua portuguesa, língua espanhola, língua alemã ou língua latina*, fazemos alusão a uma língua como produto cultural histórico, constituída como unidade ideal, reconhecida pelos falantes nativos ou por falantes de outras línguas, e praticada por todas as comunidades integrantes desse domínio linguístico.” — BECHARA, Evanildo. **Moderna gramática portuguesa**. 39. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2019. *E-book* (não paginado).

²³¹ LÍNGUA. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

²³² FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística I: objetos teóricos**. p. 13.

²³³ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing: a comprehensive guide to building real-world NLP systems**. *E-book* (não paginado).

²³⁴ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 4.

Artificial que se ocupa de abordagens computacionais destinadas à modelagem, análise, compreensão e produção de linguagem humana verbal, falada e escrita.

Por estar localizado no âmbito da Inteligência Artificial, ao Processamento de Linguagem Natural aplica-se a teoria versada no Capítulo 1.

Em termo gerais, portanto, o NLP alberga técnicas de Inteligência Artificial dirigidas ao tratamento informático de linguagem verbal, **inclusive as empregadas em *Chatbots***.

2.3.3 Aplicativos de NLP

Como visto no Capítulo 1, os Algoritmos ganham vida quando implementados, momento em que se materializam em Programas de Computador (ou *softwares*).

Denominam-se aplicações, *softwares* aplicativos ou simplesmente aplicativos os Programas de Computador dedicados à realização de uma tarefa específica em prol do usuário²³⁵.

Portanto, Aplicativo de NLP é um Programa de Computador — quer executado diretamente pelo usuário, quer evocado por outro *software* — capaz de compreender, analisar ou produzir linguagem verbal²³⁶.

Entre os inúmeros Aplicativos de NLP estão²³⁷: **(i)** plataformas de correio eletrônico — *v.g.*, Gmail e Outlook — que proporcionam facilidades

²³⁵ Programas de computador dividem-se em duas categorias: **software aplicativo** e **software de sistema**. O *software* de aplicativo (comumente referido como *software*), de livre escolha e facultativa utilização, destina-se à satisfação de uma necessidade particular do usuário. A categoria *software* de *sistema*, por outro lado, compreende todos os programas de computador responsáveis pela operação essencial da máquina, sem os quais o computador e os softwares aplicativos não funcionarão. São exemplos de *software* de sistema o Sistema Operacional, o *firmware* e os controladores de dispositivos (*drivers* de dispositivos), entre outros softwares que viabilizam o funcionamento do computador. Para saber mais: SOFTWARE aplicativo. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Software_aplicativo. Acesso em: 10 out. 2022.

²³⁶ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 4.

²³⁷ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

implementadas por meio de técnicas de NLP, como caixa de entrada prioritária²³⁸, classificação de *spam*, complementação automática de frases etc.; **(ii)** assistentes virtuais Bixby, Google Assistente, Siri, Cortana, Alexa etc.; **(iii)** tradutores como o Amazon Translate e o Google Translate; **(iv)** motores de busca dotados de mecanismos de correção automática de erros ortográficos e gramaticais²³⁹, de classificação e agrupamento de resultados, para citar apenas algumas funcionalidades envolvendo NLP; e, **(v)** aplicativos avançados de aprendizado de idiomas, como o Duolingo²⁴⁰.

Esse rol, meramente exemplificativo, representa uma pequena parcela dos aplicativos existentes e dos problemas que podem ser solucionados com NLP.

2.3.4 NLP e linguística

Para Orlandi, linguística é a ciência que se ocupa dos signos da linguagem verbal²⁴¹, assim entendidos “os sinais que o homem produz quando fala ou escreve”²⁴². Na mesma linha, Fiorin²⁴³ destaca que linguística é a ciência que tem por objeto a linguagem verbal humana.

²³⁸ Consiste na automática classificação das mensagens recebidas afim de segregar as consideradas prioritárias ou mais importantes. O Gmail, por exemplo, decide o que é prioritário segundo o padrão de comportamento do usuário, considerando palavras-chaves colhidas das mensagens que o usuário costuma ler, os destinatários mais recorrentes das mensagens encaminhadas, entre outros critérios. Para saber mais: IMPORTANCE markers in Gmail. *In*: Gmail Help. [S. l., 2022?]. Disponível em: <https://support.google.com/mail/answer/186543>. Acesso em: 10 out. 2022.

²³⁹ Para saber mais: HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 13-14.

²⁴⁰ <https://pt.duolingo.com/>

²⁴¹ ORLANDI, Eni Puccinelli. **O que é linguística**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009. p. 11.

²⁴² ORLANDI, Eni Puccinelli. **O que é linguística**. p. 10.

²⁴³ “[...] a Linguística detém-se somente na investigação científica da linguagem verbal humana. No entanto, é de se notar que todas as *linguagens* (verbais ou não verbais) compartilham uma característica importante – são sistemas de signos usados para a comunicação. Esse aspecto comum tornou possível conceber-se uma ciência que estuda todo e qualquer sistema de signos. Saussure a denominou *Semiologia*; Peirce a chamou de *Semiótica*. A Linguística é, portanto, uma parte dessa ciência geral; estuda a principal modalidade dos sistemas sógnicos, as *línguas naturais*, que são a forma de comunicação mais altamente desenvolvida e de maior uso. [...] As línguas naturais situam-se numa posição de destaque entre os sistemas sógnicos porque possuem, entre outras, as propriedades de *flexibilidade e adaptabilidade*, que permitem expressar conteúdos bastante diversificados: emoções, sentimentos, ordens, perguntas,

Compreensível, pois, que linguística e NLP convirjam, já que ambas orbitam a linguagem verbal humana. Devido a tal proximidade, também se denomina o Processamento de Linguagem Natural de **Linguística Computacional**:

A linguística computacional é estudada por linguistas e por cientistas da computação. É comumente chamada de **Processamento de Linguagem Natural**, de onde a sigla **PLN** (ou NLP, em inglês). É estudada, também, como parte das chamadas ciências cognitivas, um conjunto de disciplinas que reúne domínios como as neurociências, a filosofia, a psicologia e, mais uma vez, a ciência da computação e a linguística, todas voltadas ao estudo da mente humana.²⁴⁴

Mercê disso, diferentes desafios em NLP exigem maior ou menor grau de conhecimento linguístico.

Resulta claro, portanto, que interessam ao Processamento de Linguagem Natural todos os aspectos estruturais da linguagem enfocados pela linguística, desde os mais elementares, entre eles: fonemas, morfemas, lexemas, sintaxe e contexto.

2.3.4.1 Fonemas

Fonemas são unidades mínimas de som de uma língua não dotadas de significado próprio, mas que detém valor distintivo de significado quando combinadas com outros fonemas²⁴⁵.

Eis a diferença entre fone (som) e fonema: só se considera fonema o fone que importe em diversidade de significado vocabular²⁴⁶. Conforme Cunha e

afirmações. Como também possibilitam falar do presente, passado ou futuro.” — FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística I: objetos teóricos**. p. 17, grifo do autor.

²⁴⁴ FERREIRA, Marcelo; LOPES, Marcos. **Para conhecer Linguística Computacional**. São Paulo: Contexto: 2019. p. 10, grifo do autor.

²⁴⁵ MARTELOTTA, Mário Eduardo (org.). **Manual de linguística**. 2. ed. São Paulo: Contexto: 2011. p. 39.

²⁴⁶ Em linguística, a pronúncia real de um som é simbolizada na escrita por um alfabeto especial, o alfabeto fonético, cujos sinais são colocados entre colchetes. Dito isso, “em campá, uma língua falada no Peru, encontramos exemplos como os seguintes: a palavra ‘ar’ apresenta as formas [‘tampia] e [‘tambia], e a palavra ‘feijão’ apresenta as formas [ma‘tfaki] e [ma‘tfagi]. Em ambas as palavras a troca de uma oclusiva surda por uma sonora e vice-versa não provoca alteração de

Cintra, é o que se observa na palavra “erro” em português, na qual “a diversidade de timbre (fechado ou aberto) da vogal tônica é suficiente para estabelecer uma oposição entre substantivo e verbo”²⁴⁷. O mesmo ocorre com as seguintes palavras em relação aos seus elementos consonantais iniciais: dia, via, mia, tia, fia e pia²⁴⁸.

Como se sabe, a língua portuguesa possui fonemas vocálicos e consonantais. Ocorre que, em alguns casos, há correspondência entre o fonema e sua representação gráfica (letra). Noutros, porém, o fonema é resultado do encontro de duas letras, o que se conhece como dígrafo ou digrama — chama-se diacrítica a letra que se une a outra para lhe conferir valor fonético diferenciado e assim estabelecer um dígrafo. Assim, há na língua portuguesa dígrafos para representar consonantes e vogais nasais²⁴⁹.

À guisa de ilustração, examinemos brevemente os fonemas vocálicos, a seguir transcritos entre barras oblíquas (/ /), acompanhados de vocábulos exemplificativos com a representação ortográfica em destaque: **(i) fonemas vocálicos orais** – /a/, amor; /e/, beejo; /é/, beero, café; /i/, ilha; /o/, olho; /ó/, cola, moi; /u/, uva; e, **(ii) fonemas vocálicos nasais** – /ã/, lã, tampa, canto; /ẽ/, tempo, pente; /ĩ/, limpo, cinto; /õ/, põe, sombra, ponta; /ũ/, bumbo, mundo.

Entre os fonemas vocálicos nasais encontram-se os dígrafos vocálicos: junção de uma vogal à letra **m** ou **n** para originar um só fonema. Registre-se que esses dígrafos excluem a configuração de encontros consonantais²⁵⁰, haja

significado, ou seja, essa variação não é distintiva. Se não houver nessa língua nenhum caso em que ela distinga significado, diremos que pares como [p, b], por exemplo, não são constituídos de dois fonemas distintos.” — FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II: princípios de análise**. 5 ed. São Paulo: Contexto: 2010. p. 35.

²⁴⁷ CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Lexikon: 2017. *E-book*. p. 40.

²⁴⁸ CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. p. 41.

²⁴⁹ BECHARA, Evanildo. **Moderna gramática portuguesa**. *E-book* (não paginado).

²⁵⁰ “Dá-se o nome de encontro consonantal ao agrupamento de consoantes num vocábulo.” — CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. p. 64.

vista que as letras **m** e **n** não representam consoantes, mas sim letras diacríticas que atribuem nasalidade à vogal antecedente²⁵¹.

Fonemas consonantais, em contrapartida, apresentam maior complexidade, pois um mesmo fonema pode admitir diferentes representações ortográficas. O fonema /s/, por exemplo, pode ser representado ortograficamente por **s** (como em seda), por **ss** (como em osso), por **ç** (como em maçã), por **c** (como em cedo), por **sc** (como em descer), por **sç** (como em desça), por **x** (como em trouxe) e por **xc** (como em excesso).

Os dígrafos para consoantes, por sua vez, são os seguintes: **ch** (chá), **lh** (lhama), **nh** (banha), **sc** (nascer), **sç** (nasça), **xc** (exceto), **xs** (exsudar), **rr** (carro), **ss** (passo), **qu** (quero) e **gu** (guerra). Em se tratando de dígrafos consonantais, as letras diacríticas são **h**, **c**, **ç**, **r**, **s** e **u**.²⁵²

Essas são apenas algumas das dificuldades que permeiam os fonemas, cujo estudo é especialmente útil, em NLP, para aplicações que englobem compreensão de fala, conversão de texto em fala e conversão de fala em texto²⁵³. Ressaltando, entretanto, que se soma à dificuldade de estruturação dos fonemas a multiplicidade fonética existente entre as múltiplas línguas e seus dialetos internos.

2.3.4.2 Morfemas

“Morfemas ou elementos mórficos são os [menores] elementos constituintes das palavras providos de significação”²⁵⁴, ou seja, são unidades linguísticas mínimas, de caráter significativo, que prestam “alguma informação acerca da estrutura semântica ou da estrutura gramatical dos vocábulos”²⁵⁵.

²⁵¹ CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. p. 65-66.

²⁵² BECHARA, Evanildo. **Moderna gramática portuguesa**. *E-book* (não paginado).

²⁵³ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing: a comprehensive guide to building real-world NLP systems**. *E-book* (não paginado).

²⁵⁴ TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2011. p. 50.

²⁵⁵ MARTELOTTA, Mário Eduardo (org.). **Manual de linguística**. p. 39.

Em português, os morfemas identificam-se com radicais²⁵⁶, vogais temáticas²⁵⁷, afixos²⁵⁸ (prefixos e sufixos) e desinências²⁵⁹.

Observe-se que, eventualmente, morfema e palavra coincidem quando esta última for composta apenas pelo radical (é o que ocorre com os vocábulos *fé, luz, mar, sol, traz*, entre outros)²⁶⁰.

Afora os morfemas, elementos de ligação ou eufônicos também integram as palavras. Conhecidos como *vogais e consoantes de ligação*, cuidam-se de

“fonemas que, em certas palavras derivadas ou compostas, se inserem entre os elementos mórficos, em geral por motivos de eufonia, isto é, para facilitar a pronúncia de tais palavras. Exemplos: silv-í-cola, cafe-t-eira, pe-z-inho, cha-l-eira, cafe-i-cultura, gas-ô-

²⁵⁶ “O radical é o elemento básico e significativo das palavras, consideradas sob o aspecto gramatical e prático, dentro da língua portuguesa atual. Acha-se o radical despojando-se a palavra de seus elementos secundários (quando houver): CERT-o, CERT-eza, in-CERT-eza, CAFE-teira, a-JEIT-ar, RECEB-er, EDUC-ar, ILUS-ório, PERFUM-e, EXEMPL-ar, PERMIT-ir, ex-PORT-ação, in-OBSERV-ância, des-CONHEC-ido, a-PEDR-ejar, etc.” — CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. 48. ed. rev. São Paulo: Companhia Ed. Nacional, 2008. p. 91-92.

²⁵⁷ Vogal temática é aquela que, quando presente em nomes e verbos, tem por função unir-se ao radical para formar uma base (chamada de tema) à qual se ligam as desinências. “Nos verbos o tema se obtém destacando-se o -r do infinitivo: CANTA-r, BATE-r, PARTI-r, etc. Nos nomes o tema é mais evidente em derivados de verbos: CAÇA-dor, DEVE-dor, FINGI-mento, PERDOÁ-vel, FERVE-nte, etc.” — CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. p. 92.

²⁵⁸ “Afixos são elementos secundários (geralmente sem vida autônoma) que se agregam a um radical ou tema para formar palavras derivadas. Chamam-se *prefixos*, quando antepostos ao radical ou tema, e *sufixos*, quando pospostos.” — CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. p. 92.

²⁵⁹ Desinências são terminações indicativas das flexões das palavras. Flexões são as variações de gênero e número para nomes; e de tempo, modo, número e pessoa para verbos. “Por exemplo, no substantivo **alunas**, há duas desinências: uma que indica o gênero feminino (**-a**) e outra que indica o plural (**-s**). Essas desinências que aparecem nos nomes são chamadas de *desinências nominais*. [...] As *desinências verbais* indicam as variações que os verbos podem assumir: tempo, modo, número e pessoa. Em português, as *desinências verbais* pertencem a dois tipos: as desinências modo-temporais, que, como o nome já diz, indicam o modo e o tempo verbal e as desinências número-pessoais, que indicam o número e a pessoa do verbo. Dê uma olhada nessas desinências na forma verbal **cantássemos**: » a terminação **-sse** mostra que o verbo está no pretérito imperfeito do subjuntivo, é uma *desinência modo-temporal*, pois indica tempo e modo. » a terminação **-mos** indica que essa forma verbal está na 1ª pessoa do plural, é, assim, uma *desinência número pessoal*.” — BAHIA, Magda. **Gramática da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016. *E-book* (não paginado), grifo do autor.

²⁶⁰ CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. p. 92.

metro, gas-ei-ficar, cacau-i-cultor, rod-o-via, pobre-t-ão, pau-l-ada, capin-z-al, inset-i-cida, rat-i-cida, gas-oduto, etc.”²⁶¹

A morfologia é a parte da gramática estuda as “diversas classes de palavras, isoladamente, analisando-lhes a estrutura, a formação, as flexões e propriedades.”²⁶²

Parte da morfologia, a análise mórfica²⁶³, vale dizer, o exame da estrutura das palavras, constitui o fundamento de muitas tarefas em NLP.

2.3.4.3 Lexemas

Também conhecidos como morfemas lexicais ou semantemas²⁶⁴, “lexemas são variações estruturais dos morfemas relacionadas entre si pelo significado”²⁶⁵.

Didaticamente,

[...] se questionarmos o número de palavras da sequência *contou, contamos, contava, contávamos, contasse*, provavelmente haveria alguma hesitação, e uma das respostas possíveis consideraria a existência de *formas diferentes de uma mesma palavra*; teríamos, então, o segundo sentido de palavra, decorrente de uma interpretação especial do conceito. Essa segunda acepção levaria em conta: (i) a **forma vocabular**, ou forma de palavra, e (ii) o **lexema**, a palavra como unidade abstrata, com significado lexical, CONTAR, no caso. É essa última a forma registrada pelos dicionários; corresponde à **forma de citação** padronizada, aquela que é empregada para a referência aos lexemas.²⁶⁶

²⁶¹ CEGALLA, Domingos Paschoal. *Novíssima gramática da língua portuguesa*. p. 93.

²⁶² CEGALLA, Domingos Paschoal. *Novíssima gramática da língua portuguesa*. p. 17.

²⁶³ “Chama-se análise mórfica o processo pelo qual se divide a palavra em seus elementos mórficos” — TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. p. 51.

²⁶⁴ CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. p. 90-91.

²⁶⁵ No original: “Lexemes are the structural variations of morphemes related to one another by meaning.” — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁶⁶ FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II**: princípios de análise. p. 59-60, grifo do autor.

Assim, o lexema reúne todas as flexões de uma mesma palavra, abstração amplamente empregada pelos dicionários, os quais, em vez de contemplarem todos os vocábulos idiomáticos, restringem-se a apresentar uma só entrada por lexema²⁶⁷.

A identificação e a manipulação de lexemas, assim como de morfemas em geral, são indispensáveis a múltiplas tarefas de NLP, tais como tokenização, estemização e marcação de classe gramatical²⁶⁸, a serem examinadas posteriormente.

2.3.4.4 Sintaxe

A sintaxe tem por objeto o estudo das relações das palavras na frase. A análise sintática de uma frase importa em dividi-la em elementos integrantes para, então, determinar a relação lógica entre eles e, assim, estabelecer a função de cada um na frase²⁶⁹.

Desnecessário dizer que a estrutura sintática e, conseqüentemente, a análise sintática subordinam-se a regras gramaticais próprias de cada língua. No português, a análise sintática consiste em classificar os termos da oração em sujeito, predicado, complemento verbal, complemento nominal, agente da passiva, adjunto adverbial, adjunto adnominal, entre outros elementos²⁷⁰.

Em linguística, a estrutura sintática pode ser representada de inúmeras formas, sendo a mais comum um diagrama em forma de árvore²⁷¹,

²⁶⁷ “O lema é a forma que se encontra registada no dicionário e que representa uma unidade lexical, correspondendo à redução, a uma forma canónica, de todas as variantes flexionais de uma palavra, mas também de expressões ou de combinatórias lexicais.” — MARTINS, Ana Maria; CARRILHO, Ernestina (ed.). **Manual de linguística portuguesa**. [S. l.]: De Gruyter, 2016. *E-book*. p. 201.

²⁶⁸ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁶⁹ TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. p. 198.

²⁷⁰ TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. p. 200-231.

²⁷¹ Para saber mais: FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II**: princípios de análise. p. 96-105.

referido em ciência da computação como **árvore de análise sintática** ou apenas **árvore sintática** (*parse tree*, em inglês)²⁷².

Há Algoritmos e ferramentas prontas em NLP que promovem a análise sintática, elaborando automaticamente diagramas representativos das estruturas identificadas.

A extração de informação — que engloba a extração de entidades e a extração de relacionamentos — é uma das tarefas de NLP ancorada em análise sintática²⁷³.

2.3.4.5 Contexto

Segundo o Grande Dicionário da Língua Portuguesa, contexto é “conjunto de elementos linguísticos e não linguísticos que rodeiam um texto ou discurso”, desdobrando-se em **(i) contexto verbal** — “conjunto de palavras, frases, ou texto que precede ou segue outra palavra, frase ou texto, esclarecendo o seu significado” — e **(ii) contexto extraverbal** — “totalidade das circunstâncias exteriores à língua (ambiente físico da enunciação, fatores históricos, sociais, culturais, etc.) que possibilitam, condicionam ou determinam um ato de enunciação e respectiva interpretação”²⁷⁴.

Decorrencia disso, o contexto determina o sentido de um enunciado. De forma geral, a análise linguística da questão contextual pode ser conduzida no plano da semântica e da programática. A semântica cuida da significação adstrita ao contexto verbal, enquanto a pragmática investiga o sentido à luz do contexto extraverbal. Detecção de sarcasmo (em análise de sentimento), sumarização de

²⁷² ÁRVORE de análise sintática. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_de_an%C3%A1lise_sint%C3%A1tica. Acesso em: 10 out. 2022.

²⁷³ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁷⁴ CONTEXTO. In: Grande Dicionário da Língua Portuguesa. [S. l.]: Intangible Press, 2013. *E-book*. p. 2395.

texto e modelagem de tópico são algumas das complexas tarefas de NLP alicerçadas na noção de contexto²⁷⁵.

2.3.5 Desafios do NLP

O que há de desafiador no Processamento de Linguagem Natural? As maiores dificuldades do NLP estão relacionadas às características da linguagem humana verbal.

Nessa senda, apresenta-se com especial destaque a **ambiguidade (ou anfibologia)**, considerada um vício de linguagem²⁷⁶, um defeito da frase que, em vez de ser precisa, enseja dúvidas por apresentar mais de um sentido²⁷⁷.

A ambiguidade é “uma característica generalizada da linguagem natural; em todos os níveis da estrutura linguística, há ambiguidades que devem ser resolvidas para se compreender a linguagem natural”²⁷⁸.

Fiorin²⁷⁹ destaca três causas de ambiguidade sentencial em nosso idioma, a saber, **(i) o emprego de palavra ambígua** — p. ex., a frase “*A balada de ontem foi divertida.*” é ambígua porque a palavra “balada” também o é, podendo significar um tipo de música ou ainda uma gíria para acontecimento social²⁸⁰; **(ii) a presença de ambiguidade puramente semântica, sem caráter lexical** — p. ex., diante da frase “*Rebeca e Esther enganaram-se.*”, pode-se entender que ambas

²⁷⁵ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁷⁶ Da perspectiva meramente gramatical, “[...] a ambiguidade nem sempre deve ser considerada um vício de linguagem. Em textos poéticos, publicitários e humorísticos, muitas vezes se recorre à ambiguidade como forma de tornar a linguagem mais expressiva.” — TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. p. 338.

²⁷⁷ TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. p. 338.

²⁷⁸ Tradução nossa. No original: “Ambiguity is a pervasive feature of natural language; at every level of linguistic structure, there are ambiguities that must be resolved in natural language understanding.” — BENDER, Emily M.; LASCARIDES, Alex. **Linguistic fundamentals for natural language processing II**: 100 essentials from semantics and pragmatics. [S. l.]: Morgan & Claypool Publishers, 2019. *E-book*. p. 21.

²⁷⁹ Para saber mais: FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II**: princípios de análise. p. 152-153.

²⁸⁰ FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II**: princípios de análise. p. 152.

simplesmente cometeram um engano, ou que enganaram uma à outra²⁸¹; e, **(iii) diferentes possibilidades de estruturas sintáticas** — p. ex., na frase “*O rapaz avistou a moça com uma luneta.*”, caso a expressão “com a luneta” seja associada à palavra “rapaz”, entende-se que a luneta estava com ele. Porém, associando-se a mesma expressão à palavra “moça”, entende-se que era ela quem portava o objeto²⁸².

Hagiwara aglutina as duas primeiras causas de ambiguidade sob a denominação de **ambiguidade semântica** — “quando o significado de uma palavra ou frase, e não sua estrutura, é ambíguo”²⁸³ —, ao tempo em que chama a terceira de **ambiguidade sintática**, ambiguidade que deriva da possibilidade de interpretar a estrutura sentencial de múltiplas formas²⁸⁴.

O **conhecimento comum** — conjunto de fatos conhecidos pela maioria dos humanos — também se erige em desafio ao NLP em razão da dificuldade de contemplá-lo num sistema computacional.

Por exemplo, considere duas frases: “o homem mordeu o cachorro” e “o cachorro mordeu o homem”. Todos nós sabemos que é improvável que a primeira frase aconteça, enquanto a segunda é bem possível. [...] Observe que esse conhecimento comum não foi mencionado em nenhuma das frases. Os seres humanos usam o conhecimento comum o tempo todo para entender e processar qualquer idioma. No exemplo acima, as duas sentenças são sintaticamente muito semelhantes, mas um computador teria dificuldade de diferenciá-las, pois lhe falta o conhecimento comum que o ser humano possui.²⁸⁵

²⁸¹ Exemplo inspirado em: CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. p. 294.

²⁸² Exemplo similar ao mencionado em: FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II: princípios de análise**. p. 93.

²⁸³ Tradução nossa. No original: “Another type of ambiguity that may arise in natural language is semantic ambiguity. This is when the meaning of a word or a sentence, not its structure, is ambiguous.” — HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 353.

²⁸⁴ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 353.

²⁸⁵ Tradução nossa. No original: “For example, consider two sentences: ‘man bit dog’ and ‘dog bit man.’ We all know that the first sentence is unlikely to happen, while the second one is very possible. [...] Note that this common knowledge was not mentioned in either sentence. Humans use common knowledge all the time to understand and process any language. In the above example, the two sentences are syntactically very similar, but a computer would find it very difficult to differentiate between the two, as it lacks the common knowledge humans have.” —

De mais a mais, o conhecimento comum permite aos humanos dizer muito com poucas palavras, porquanto prepondera a presunção de que a mensagem será interpretada por quem detém a mesma clareza do mundo. Embora esse nível de compreensão esteja fora do alcance das máquinas, o NLP conta com técnicas que ajudam a atenuar o problema²⁸⁶.

Finalmente, a **diversidade de estruturas sentenciais entre idiomas** faz com que uma solução válida para um não necessariamente funcione para outro. Assim, ainda que hipoteticamente se tenha uma correspondência unívoca entre palavras, a ordem com que as palavras são dispostas na frase pode diferir de um idioma para outro²⁸⁷. Se por um lado engendrar uma solução que funcione independentemente do idioma apresenta gigantescas dificuldades conceituais, por outro, o mapeamento computacional entre pares de idiomas é bastante trabalhoso e oneroso²⁸⁸.

2.3.6 Abordagens de desenvolvimento de Aplicativos de NLP

2.3.6.1 NLP baseado em regras

Tal e qual os *softwares* precursores em Inteligência Artificial, os primeiros Aplicativos de NLP foram concebidos segundo a programação clássica, ou seja, em conformidade com a abordagem baseada em regras.

Além de impor conhecimento de linguística para fins de codificação das regras — o conhecimento linguístico deve ser explicitamente codificado —, o clássico desenvolvimento de Aplicativos de NLP se alicerça amplamente em

VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁸⁶ Tradução nossa. No original: “Semantic analysis, along with statistics, can help resolve the ambiguity of natural language—the fact that words or phrases often have multiple meanings or interpretations.” — LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. p. 7.

²⁸⁷ HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 144.

²⁸⁸ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

léxicos²⁸⁹ computacionais e outros bancos de dados²⁹⁰ mais sofisticados²⁹¹ que alimentam as ferramentas de NLP (p. ex., etiquetadores de classes de palavras, anotadores sintáticos, anotadores de papéis semânticos etc.)²⁹², a serem tratadas adiante.

Outra característica marcante dos Aplicativos de NLP baseados em regras é que, abstratamente, essa abordagem conta com dois componentes bem definidos: um responsável pelas normas gramaticais e o outro, pelo léxico. Destaque-se, porém, que a codificação das normas gramaticais exige que o desenvolvedor disponha de conhecimento linguístico especializado²⁹³.

A abordagem baseada em regras ainda é relevante para a concepção de Aplicativos NLP mesmo nos dias atuais, pois permite engendrar rapidamente uma solução inicial para certo problema, proporcionando uma melhor compreensão deste. Além disso, a abordagem tradicional também pode coadjuvar Aplicativos de

²⁸⁹ “Assim como nos estudos linguísticos, o papel de léxicos no PLN [Processamento de Linguagem Natural] é fornecer informação sobre as palavras. Um léxico computacional tanto pode ser um recurso ‘independente’, autonomamente existente, quanto um componente integrado a um sistema. Além das palavras propriamente, um léxico (computacional ou não) pode associar a cada palavra informações como sentido, propriedades morfológicas (número, gênero, pessoa, tempo ou modo); classe (substantivo, verbo, preposição etc.); relações morfológicas (relações flexionais e derivacionais); relações semânticas (hiperonímia, sinonímia, antonímia); polaridade (uma palavra é considerada positiva, como festa ou amar) ou negativa (como doença ou odiar); padrões sintáticos com que ocorre (por exemplo, ‘sofrer de algo’ vs. ‘sofrer para fazer algo’), entre outras informações possíveis.” — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

²⁹⁰ Base de dados ou banco de dados são repositórios organizados de dados destinados à manipulação computacional. Para saber mais: BANCO de dados. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Banco_de_dados. Acesso em: 10 out. 2022.

²⁹¹ “Para fazer referência a objetos que não apenas listam, mas organizam e estruturam o conhecimento, o PLN [Processamento de Linguagem Natural] utiliza o termo ontologia. As ontologias, assim, representam o conhecimento de uma maneira formalmente estruturada, e não como uma lista de termos (como os léxicos). [...] As bases de conhecimento são recursos muito próximos às ontologias (tidas por alguns um tipo de base de conhecimento). [...] As bases de conhecimento e as ontologias são recursos típicos do PLN e da IA baseada em conhecimento e, mesmo com os avanços das redes neurais, continuam como recursos relevantes quando se pensa em informação e raciocínio. Técnicas de PLN baseado em regras ou redes neurais podem ser utilizadas na identificação e extração de certos tipos de informações em textos, que, por sua vez, podem alimentar bases de conhecimento e ontologias [...]” — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

²⁹² FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

²⁹³ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

NLP baseados em dados que, como visto, trabalham com uma função alvo, uma aproximação da função ideal, situação em que se admite algum grau de desacerto nas previsões do Modelo. Portanto, naqueles casos em que não se admitem falhas — na análise de registros médicos de pacientes, por exemplo — a abordagem clássica pode se prestar à validação ou verificação dos resultados obtidos por determinado Modelo²⁹⁴, situação que configura uma abordagem híbrida.

2.3.6.2 NLP com Aprendizado de Máquina

Com o advento da rede mundial de computadores e da profusão de dados em formato eletrônico que se seguiu, os Aplicativos de NLP baseados em técnicas de *machine learning* ganharam força. A solução aqui se pauta estritamente pela teoria geral do desenvolvimento baseado em dados: a máquina, sem explícitas instruções de como solucionar determinado problema de NLP, converge para resultados satisfatórios a partir de um grande número de exemplos representativos (no caso, textos ou fragmentos de textos, como palavras, frases ou parágrafos), abordagem que permite aos desenvolvedores construir Aplicativos de NLP mesmo sem profundos conhecimentos linguísticos²⁹⁵.

Relembre-se que as técnicas de Aprendizado de Máquina já examinadas podem ser aplicadas a textos, assim como a qualquer outro tipo de dado — número, imagem, vídeo ou voz.

Com efeito, os diferentes tipos de Aprendizado de Máquina (Supervisionado, não Supervisionado, Semissupervisionado e por Reforço) podem ser empregados em NLP. Desses, é o Aprendizado Supervisionado que avulta em

²⁹⁴ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁹⁵ “O importante aqui é destacar que, diferentemente da abordagem com base em regras, em que o conhecimento linguístico é explicitamente programado, no aprendizado de máquina, não há conhecimento linguístico a ser programado: o que é programado é a maneira pela qual um sistema irá aprender, o que levará em conta cálculos matemáticos sobre as palavras do *corpus*. Por isso se diz que os pesquisadores de PLN [Processamento de Linguagem Natural] precisam de conhecimento matemático e estatístico, e não de conhecimento linguístico. Aquilo que será aprendido dependerá da exposição aos dados e de como foi programada a maneira de aprender a partir dos dados, e não de conhecimento específico relativo às línguas.” — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

importância e em peculiaridades na seara do NLP. Isso porque: **(i)** o Aprendizado por Reforço, apesar de assíduo em jogos eletrônicos e no campo da robótica, não é comum em NLP; **(ii)** quanto aos Algoritmos de Aprendizado Semissupervisionado, boa parte deles é resultado da combinação de Algoritmos Supervisionados e não Supervisionados; **(iii)** o Aprendizado não Supervisionado, em NLP, não se apresenta com significativas particularidades afora o intento de encontrar padrões ocultos em textos (mais precisamente, em dados de entrada desse tipo) sem qualquer referência de resposta (*output*), ou seja, sem contar com exemplos rotulados para treinamento²⁹⁶.

Apenas para ilustrar, Aplicativos de NLP voltados à “extração de informações”²⁹⁷ podem ser implementados segundo a abordagem tradicional (orientada por regras), bem assim por meio de técnicas de Aprendizado Supervisionado, Semissupervisionado e não Supervisionado²⁹⁸.

2.3.6.3 Abordagens híbridas de NLP

Há ainda abordagens híbridas que, a despeito de serem orientadas por regras, incorporam informações estatísticas²⁹⁹. Sob esse aspecto, sistemas implementados segundo a abordagem híbrida de NLP combinam a codificação de regras linguísticas com *machine learning*.

2.3.7 Tarefas de NLP

Nos bastidores, Aplicativos de NLP estão alicerçados em um ou mais componentes dirigidos à solução de diferentes problemas de NLP.

Esses componentes, denominados de Tarefas de NLP, são Programas de Computador que funcionam como blocos construtivos devido à sua

²⁹⁶ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

²⁹⁷ *Vide* a subseção 2.3.7.1.

²⁹⁸ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

²⁹⁹ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

recorrência, razão pela qual são minuciosamente estudados e até combinados para entregar soluções práticas em NLP.

Para efeitos epistemológicos, adotar-se-á nesse estudo, a classificação de Tarefas de NLP em complexas e fundamentais. Compreende-se, entretanto, que classificação proposta, apesar de não ser referenciada na doutrina nesses termos, é adequada para o leitor que não apresenta elevados conhecimentos técnicos sobre a matéria. Assim, adotou-se a referida classificação por questões de clareza e didática.

2.3.7.1 Tarefas complexas de NLP

São Tarefas de NLP, entre outras: **(i) modelagem de linguagem (do inglês, *language modeling*)**: Tarefa consistente em prever a próxima palavra de uma sentença a partir de critérios probabilísticos deduzidos de textos previamente examinados; amplamente utilizada na solução de problemas envolvendo reconhecimento óptico de caracteres, reconhecimento de manuscritos, correção ortográfica, reconhecimento de fala etc.³⁰⁰; **(ii) classificação de texto**: considerada a Tarefa mais popular em NLP, resulta na reunião de textos, de acordo com seu conteúdo, em categorias previamente definidas, sendo aplicável às mais diversas finalidades, como identificação de *spam* (classificação binária de mensagens em spam ou não spam) e análise de sentimento — classificação automática de informações subjetivas como opiniões, emoções e sentimentos³⁰¹, por exemplo, em categorias como positiva x negativa x neutra, ou ainda aborrecida x triste x satisfeita³⁰²; **(iii) extração de informação (do inglês, *information extraction*)**:

³⁰⁰ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³⁰¹ Para saber mais: HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 15.

³⁰² “Com a explosão de conteúdo de mídia social, há uma necessidade cada vez maior de automatizar a análise de sentimento do cliente, dissecando *tweets*, postagens e comentários para sentimentos como positivo *versus* negativo *versus* neutro ou aborrecido *versus* triste *versus* feliz. Tal *software* também é conhecido como IA emocional.” (tradução nossa). No original: “With the explosion of social media content, there is an ever-growing need to automate customer sentiment analysis, dissecting tweets, posts, and comments for sentiment such as positive versus negative versus neutral or angry versus sad versus happy. Such software is also known as emotion AI.” — PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise**: teaching machines to read, write, and understand. 1st ed.

como o nome indica, essa complexa Tarefa traduz-se em identificar, em fontes de dados não estruturados³⁰³ ou semiestruturados³⁰⁴, informações relevantes³⁰⁵, tais como entidades (os tipos de entidade mais frequentes incluem: pessoas, organizações, localizações, datas, horários, cifras monetárias e entidades geopolíticas³⁰⁶) e os relacionamentos³⁰⁷ entre elas (p. ex., relacionar uma pessoa ao seu número de telefone ou um funcionário ao seu cargo)³⁰⁸; **(iv) recuperação de informação (do inglês, *information retrieval*)**: é a tarefa que objetiva encontrar documentos de conteúdo não estruturado (texto), em meio a uma grande coleção, satisfazendo uma necessidade de informação do usuário — a função desempenhada pelo aplicativo Google Search bem ilustra essa Tarefa³⁰⁹;

Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2021. p. 7.

- ³⁰³ Fonte de dados não estruturados é o repositório de dados não formatados de maneira clara, segundo um padrão predefinido, dificultando a utilização por computadores (*v.g.*, *e-mails* ou qualquer outro tipo de texto livre) — HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. p. 10.
- ³⁰⁴ Fonte de dados semiestruturados é o repositório de dados que apresentam algum aspecto organizacional que lhes facilita a análise computacional (como páginas *web*, que contam internamente com marcadores) — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).
- ³⁰⁵ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise**: teaching machines to read, write, and understand. p. 7.
- ³⁰⁶ BIRD, Steven; KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural language processing with python**. 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2009. p. 285.
- ³⁰⁷ Segundo Lane, Howard e Hapke, a relação entre as entidades pode ser do tipo: **(i)** “é um” (uma entidade é espécie do gênero indicado por outra entidade — p. ex., a entidade “cão” é espécie do gênero representado pela entidade “animal”); **(ii)** “tem” (indicativo de que uma entidade é atributo ou integra outra entidade — p. ex., “pneu” e “motocicleta” mantém esse tipo de relação); **(iii)** “relaciona-se com” (um relacionamento inespecífico, de utilização mais genérica — p. ex., relacionar um funcionário à sua data de admissão — LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. p. 363.
- ³⁰⁸ Boa parte da literatura concentra-se nas duas modalidades mais populares da Tarefa de Extração de Informações, a saber: **(i) Reconhecimento de Entidade Nomeada (do inglês, *Named Entity Recognition*, sigla *NER*)**, responsável por identificar no texto nomes de pessoas, denominações de organizações, endereços, horários, datas, entre outras entidades relevantes, e **(ii) Extração de Relacionamento (do inglês, *Relation Extraction*, sigla *RE*)**, responsável pela identificação de padrões de relacionamento entre entidades (p. ex., relacionar uma organização ao seu endereço ou um acontecimento a uma data). Além dessas, Vajjala, Majumber, Gupta e Surana mencionam outras modalidades. Para saber mais: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).
- ³⁰⁹ MANNING, Christopher D.; RAGHAVAN, Prabhakar; SCHÜTZE, Hinrich. **Introduction to Information Retrieval**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2008. p. 1-2.

(v) agente de conversação: Tarefa que consiste em munir aplicativos (também chamados de agentes de conversação, sistemas de diálogo, *chatbot* ou *Chatbots*) de uma interface de interação com humanos em linguagem natural; **(vi) sumarização de texto:** produção de versão sintética de texto mediante preservação das informações centrais do original³¹⁰; **(vii) question answering (respostas a perguntas, em tradução livre):** Tarefa que tem por escopo responder corretamente a questionamento formulado pelo usuário, uma espécie de compreensão de leitura, na qual “a máquina tem que localizar o segmento correto de texto de uma passagem de leitura e apresentá-lo como a resposta a uma pergunta que está sendo feita”³¹¹; **(viii) machine translation (tradução automática ou máquina de tradução, em português):** Tarefa de verter automaticamente sentenças ou textos de um idioma para outro³¹²; e, **(ix) modelagem de tópico (do inglês, topic modeling):** tarefa de identificação de tópicos ocultos em uma grande coleção de documentos, que se presta à análise e rápida extração do tipo de informação ali versada³¹³.

Alguns autores³¹⁴ acrescentam ao rol outras Tarefas que operam num nível mais básico, secundando as sofisticadas Tarefas acima referidas³¹⁵ como verdadeiras “subtarefas”. Na prática, as Tarefas mais complexas chegam a se

³¹⁰ CHOPRA, Rohan; GODBOLE, Aniruddha M.; SADVILKAR, Nipun; SHAH, Muzaffar Bashir; GHOSH, Sohom; GUNNING, Dwight. **The natural language processing workshop:** Confidently design and build your own NLP projects with this easy-to-understand practical guide. p. 327.

³¹¹ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise:** teaching machines to read, write, and understand. p. 61.

³¹² Para saber mais: BIRD, Steven; KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural language processing with python.** p. 29-30.

³¹³ Classificação perfilhada em: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing:** a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³¹⁴ Pater e Arasanipalai expressamente aludem aos processos de tokenização, estemização, lematização, anotação de classes de palavras e anotação sintática (*tokenization, stemming, lemmatization, part-of-speech tagging e dependency parsing*, respectivamente, em inglês) como tarefas — PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise:** teaching machines to read, write, and understand. p. 13-17.

³¹⁵ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise:** teaching machines to read, write, and understand. p. 13.

confundir com Aplicativos de NLP, mas, invariavelmente, se apoiam em Tarefas fundamentais subjacentes que funcionam apenas como meios para viabilizá-las.

A proposta de segregar Tarefas ditas “complexas” e Tarefas “fundamentais” se justifica porque estas últimas não interessam diretamente ao usuário final, mas sim a estudiosos de linguística e a desenvolvedores, havendo na literatura quem as classifique como “ferramentas”³¹⁶.

Sob essa perspectiva, salvo melhor juízo, faz sentido classificar as Tarefas de extração de informação como complexas, até porque elas não se prestam a simplesmente viabilizar outras Tarefas, conforme reconhecem Patel e Arasanipalai³¹⁷.

2.3.7.2 Tarefas fundamentais de NLP

Em linha com tais características, as Tarefas fundamentais mais usuais subdividem-se em: **(i)** tokenização; **(ii)** sentenciação; **(iii)** estemização; **(iv)** lematização; **(v)** anotação de POS; **(iv)** anotação sintática; e, **(v)** anotação semântica.

A itemização de palavras³¹⁸ ou tokenização³¹⁹ (*word tokenization*, *word segmentation* ou simplesmente *tokenization*, no inglês) consiste em segmentar o texto em unidades mínimas (*tokens*), a saber, palavras, números, sinais de pontuação e outros símbolos que compõem o texto como “§” ou “\”³²⁰. A despeito da aparente simplicidade, a tokenização varia conforme o propósito

³¹⁶ É o caso de Cláudia Freitas, que enxerga como “ferramentas” o anotador de entidades (equivalente à Tarefa de extração de informações denominada de Reconhecimento de Entidade Nomeada) e o anotador de correferência (equivalente à Tarefa de extração de informações denominada de Extração de Relacionamento) — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³¹⁷ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise: teaching machines to read, write, and understand**. p. 16.

³¹⁸ Expressão empregada em: MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus: guia prático**. 1. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2021. *E-book* (não paginado).

³¹⁹ Expressão empregada em: FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³²⁰ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise: teaching machines to read, write, and understand**. p. 13.

almejado e é altamente dependente do idioma em questão³²¹. À guisa de exemplo, a abreviatura do pronome de tratamento “Vossa Excelência” (V. Ex.^a), apesar de ser composto por pontos, convém ser tratado como um único token, sem segmentações adicionais.

A itemização de sentenças³²² ou sentencição³²³ (*sentence tokenization* ou *sentence segmentation*, em inglês), por sua vez, refere-se à delimitação de frases e, também, apresenta suas dificuldades:

É frequente o uso de ponto final para abreviar nomes próprios (Philip B. Morris), ou comuns (“em conformidade com o art. 4º), e não queremos, em nenhum desses casos, que ele seja considerado um separador de frases. Também há a situação oposta, quando o fim da frase não é indicado por nenhum sinal de pontuação, mas por uma mudança de linha, caso de manchetes de jornais, títulos ou nomes de seção em textos técnicos ou acadêmicos. Uma consequência da ausência do sinal de pontuação é que diferentes frases ficam concatenadas como se fossem uma única frase, dificultando as etapas posteriores de análise linguística. [...] Do mesmo modo que na tokenização, diferentes gêneros textuais trarão diferentes desafios e precisarão de soluções diferenciadas.³²⁴

Chama-se de estemização³²⁵ (do inglês, *stemming*) a Tarefa de reduzir uma palavra a uma forma base (*word stem*, em inglês) que representará diferentes variantes do vocábulo³²⁶. No caso do português, segundo José Lopes Moreira Filho³²⁷, estemização é o processo de transformação da palavra em sua

³²¹ Para saber mais: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³²² Expressão empregada em: MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus**: guia prático. *E-book* (não paginado).

³²³ Expressão empregada em: FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³²⁴ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³²⁵ Expressão empregada em: MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus**: guia prático. *E-book* (não paginado).

³²⁶ Para saber mais: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³²⁷ MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus**: guia prático. *E-book* (não paginado).

forma raiz por meio de um conjunto de regras que removem seus afixos³²⁸ — *v.g.*, os vocábulos “aluno”, “aluna”, “alunos” e “alunas” podem ser reduzidos à forma comum “alun”, assim como “entendendo”, “entende”, “entendeu” e “entendia” podem ser reduzidos para “entend”. Como se percebe,

embora tais regras nem sempre resultem em uma forma base linguisticamente correta, a estemização é comumente empregada em mecanismos de pesquisa para fazer a correspondência entre consultas do usuário e documentos relevantes e na classificação de textos para reduzir a quantidade de *features* no treinamento de modelos de aprendizado de máquina.³²⁹

A lematização (*lemmatization*, em inglês) é a Tarefa de identificar a forma de dicionário — lema ou entrada — de palavras, expressões ou locuções (infinitivo para verbos, singular para substantivos, singular masculino para adjetivos, e assim por diante)³³⁰. As flexões chamam-se lexemas³³¹. Por exemplo, as palavras “aluno”, “aluna”, “alunos” e “alunas” são todas formas do mesmo lema “aluno”. Outrossim, as palavras “entendendo”, “entende”, “entendeu” e “entendia” são do mesmo lema “entender”. E “bom”, “melhor” e “ótimo” são lexemas do lema “bom”.

Em termos de esforço computacional, a lematização é mais dispendiosa que a estemização já que envolve a análise de contexto³³², razão pela qual deve ser utilizada apenas quando imprescindível³³³.

³²⁸ Sobre a estrutura vocabular em português, *vide* a subseção 2.3.4.2.

³²⁹ Tradução nossa. No original: “Although such rules may not always end up in a linguistically correct base form, stemming is commonly used in search engines to match user queries to relevant documents and in text classification to reduce the feature space to train machine learning models.” — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³³⁰ Expressão empregada em: FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³³¹ A respeito de lexemas, *vide* a subseção 2.3.4.3.

³³² Sobre contexto, *vide* a subseção 2.3.4.5.

³³³ Para saber mais: VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

As próximas Tarefas fundamentais almejam acrescer estratos de informação linguística de diferentes níveis ao objeto da análise, representando-os por anotações (referidas ainda como rótulos, etiquetas ou marcações).

Anotação de POS (ou marcação de classes de palavras — no inglês, *part-of-speech*³³⁴ *tagging*, ou simplesmente, *POS tagging*) é o processo de identificar e assinalar a classe de gramatical³³⁵ das palavras³³⁶. Na língua portuguesa há dez classes gramaticais ou classes de palavras, a saber: substantivo, artigo, adjetivo, numeral, pronome, verbo, advérbio, preposição, conjunção e interjeição³³⁷. Por meio da anotação de POS, confere-se uma camada adicional de metadado³³⁸ aos tokens, viabilizando a identificação de relacionamento entre eles³³⁹.

Anotação sintática ou análise sintática (*parsing*³⁴⁰ ou *dependency parsing*³⁴¹, em inglês) é o processo de identificar relacionamentos entre tokens, que

³³⁴ Para saber mais: PART of speech. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Part_of_speech. Acesso em: 10 out. 2022.

³³⁵ “A classe gramatical ou classe de palavras é assunto da morfologia, que indica a classificação das palavras segundo a sua distribuição sintática e morfológica, devido a semelhança morfológica entre elas.” — CLASSE gramatical. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Classe_gramatical#:~:text=As%20classes%20s%C3%A3o%20dividas%20entre,preposi%C3%A7%C3%A3o%2C%20conjun%C3%A7%C3%A3o%2C%20interjei%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 10 out. 2022.

³³⁶ LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. p. 353.

³³⁷ CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. p. 129.

³³⁸ Metadados são dados sobre dados. Por exemplo, considerando que um arquivo digital é um dado, são metadados os dados disponíveis a respeito dele, como a data de criação, data de modificação, tamanho do arquivo, localização etc. Para saber mais: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Metadados>. Acesso em: 10 out. 2022.

³³⁹ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise**: teaching machines to read, write, and understand. p. 14.

³⁴⁰ “Chamamos de *parsing* o processo de análise sintática, nome também usado na linguística para fazer referência à análise sintática humana.” — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. 1. ed. São Paulo: Parábola, 2022. *E-book* (não paginado).

³⁴¹ PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise**: teaching machines to read, write, and understand. p. 14.

são devidamente “anotados” (assinalados com anotações) de maneira a revelar a estrutura sintática³⁴² da frase.

Sob a designação genérica de anotação semântica estão diversas técnicas de marcação tendentes a elucidar o sentido de uma palavra ou expressão sob determinado contexto³⁴³.

Relembre-se que a ambiguidade, tratada alhures em suas diferentes vertentes³⁴⁴, traz incerteza quanto ao sentido da frase, a qual admitirá múltiplas interpretações.

Em acréscimo, a ambiguidade exsurge no bojo das mais variadas Tarefas de NLP. Tome-se como exemplo a anotação de classes gramaticais (*POS tagging*). Em português, a palavra “manga” pode designar uma fruta ou a parte do vestuário que recobre o braço; em ambos os casos a classe gramatical é a mesma (substantivo)³⁴⁵. Considere, agora, o vocábulo “são”, o qual, a depender do contexto em que é empregado, pode significar “sadio”, “santo” ou uma forma do verbo *ser*³⁴⁶; na hipótese, a variedade de significantes importa também em variedade de classes gramaticais (adjetivo, substantivos e verbo³⁴⁷), o que dificulta a anotação de POS.

Felizmente, “a análise semântica, juntamente com a estatística, pode ajudar a resolver a ambiguidade da linguagem natural”³⁴⁸.

³⁴² Sobre sintaxe, *vide* subseção 2.3.4.4.

³⁴³ Sobre contexto, *vide* subseção 2.3.4.5.

³⁴⁴ Sobre ambiguidade, *vide* a subseção 2.3.5.

³⁴⁵ Segundo o dicionário Houaiss, o vocábulo “são” na acepção de “— MANGA. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

³⁴⁶ Exemplo colhido de: CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. p. 311.

³⁴⁷ Segundo o dicionário Houaiss, o vocábulo “são” na acepção de “— SÃO. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

³⁴⁸ Tradução nossa. No original: “Semantic analysis, along with statistics, can help resolve the ambiguity of natural language—the fact that words or phrases often have multiple meanings or interpretations.” — LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. p. 7.

2.3.8 *Corpus* linguístico: papel e relevância

Corpus linguístico, cujo plural é *corpora*,

pode ser definido como uma coleção de textos, ou transcrições de gravações de áudio, produzidos naturalmente na comunicação humana, legíveis por computador e representativos de uma língua ou variedade da língua que se deseja estudar.³⁴⁹

O uso de *corpora* está relacionado à *linguística de corpus*, área da linguística que se ocupa da coleta e análise desse material³⁵⁰.

Da definição acima conclui-se que³⁵¹: **(i)** ao NLP interessa o *corpus* que possa ser lido por Programas de Computador; **(ii)** “qualquer que seja sua extensão, o *corpus* é finito”; **(iii)** “por mais representativo que possa ser, o *corpus* representa somente uma parte das possibilidades realizáveis da língua e do discurso”.

Diz-se que um *corpus* é anotado se, além dos textos, há marcações que lhe acrescentam informações linguísticas — morfológica, morfossintática, sintática, semântica etc.³⁵² As anotações podem ser endereçadas manualmente por linguistas (*corpus* padrão ouro³⁵³) ou geradas por Programas de Computador conhecidos como anotadores ou etiquetadores³⁵⁴. É possível atribuir etiquetas a cada palavra (inclusive para sinais de pontuação e outros símbolos), anotar segmentos de texto, bem como atribuir marcações que relacionem palavras e/ou segmentos de texto entre si³⁵⁵.

³⁴⁹ MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus: guia prático**. *E-book* (não paginado).

³⁵⁰ LINGUÍSTICA de corpus. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lingu%C3%ADstica_de_corpus. Acesso em: 10 out. 2022.

³⁵¹ FERREIRA, Marcelo; LOPES, Marcos. **Para conhecer Linguística Computacional**. p. 69-70.

³⁵² Nesse sentido: “[...] um texto anotado nada mais é que um texto analisado linguisticamente, e essa análise pode ser sintática, morfológica, semântica, discursiva etc.” — FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³⁵³ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³⁵⁴ FERREIRA, Marcelo; LOPES, Marcos. **Para conhecer Linguística Computacional**. p. 71.

³⁵⁵ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

Percebe-se, pois, que um *corpus* equivale a um *Dataset* de material textual que pode ser utilizado para desenvolvimento, segundo a abordagem baseada em dados, de Tarefas e Aplicativos de NLP. Isso porque, a exemplo do que ocorre com qualquer outro tipo de dado, as técnicas de *machine learning* permitem capturar padrões expressos no *corpus* linguístico.

Ainda que o *corpus* não seja anotado, é possível aproveitá-lo no Processamento de Linguagem Natural por meio de técnicas de Aprendizado não Supervisionado. Já um *corpus* anotado habilita o emprego do Aprendizado Supervisionado, fornecendo exemplos para treinamento e avaliação de Modelos dedicados à análise linguística que integram Tarefas e Aplicativos de NLP. Nesse sentido:

Aquilo que para os linguistas é um *corpus* anotado, para os profissionais de PLN [Processamento de Linguagem Natural], é um conjunto de dados linguístico — um *dataset*. Podem existir *datasets* de várias naturezas: de imagens, de vídeos etc. Para nós, os dados são sempre de material textual. Por essa razão, não é exatamente correto afirmar que, no aprendizado de máquina, não há incorporação de conhecimento linguístico. O que acontece é que o conhecimento linguístico assume outra forma: se não há lugar para as regras linguísticas explícitas, os dados necessários para o aprendizado vêm na forma de um *corpus* cuidadosamente anotado, a que chamamos de *corpus* padrão ouro. Ou seja, o que os sistemas aprendem, na grande maioria dos casos, é aquilo que os linguistas analisaram, aquilo que anotaram.³⁵⁶

Ainda sobre representatividade³⁵⁷ do *Dataset* (no caso, do *corpus* linguístico), imperioso lembrar que dela depende a capacidade de generalização³⁵⁸ do sistema. Logo, para analisar a linguagem empregada nas obras de Machado de Assis, por exemplo, pode-se considerar representativo um *corpus* composto por todas as obras do autor³⁵⁹. Na contramão da representatividade,

³⁵⁶ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³⁵⁷ No ponto, remete-se o leitor ao Capítulo 1, especialmente à subseção 1.4.2, no que se refere à noção e importância da representatividade dos dados.

³⁵⁸ Sobre generalização, *vide* a subseção 1.2.1, no Capítulo 1.

³⁵⁹ MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus**: guia prático. *E-book* (não paginado).

sistemas treinados em um tipo de texto não costumam ter um bom desempenho quando levados a analisar um texto de gênero e/ou domínio diferente, pois a estrutura linguística e o vocabulário serão diferentes. Um sistema que realiza análise sintática treinando em um *corpus* com textos jornalísticos pode ter uma queda de 10% no desempenho quando realiza a análise sintática em um material diferente, como artigos de medicina.³⁶⁰

Há inúmeros *corpus* linguísticos — anotados, inclusive, e em vários idiomas — disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores, embora o manuseio desse material eletrônico, é claro, interesse mais a linguistas e a desenvolvedores.

2.4 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE NLP PARA CONSTRUÇÃO DE CHATBOTS

Há variadas implementações de Tarefas de NLP, treinadas e pontas para o uso.

Tomando as Tarefas de NLP voltadas à análise linguística como exemplo — como anotador de POS e analisador sintático —, há excelentes implementações aptas a operar sem qualquer tipo de adaptação ou personalização.

Contudo, Tarefas mais complexas, como *Chatbots*, frequentemente reclamam encadeamentos com outras Tarefas para satisfazer necessidades específicas.

Para ilustrar a associação de Tarefas, imagine-se um *chatterbot* capaz de fornecer respostas a indagações com fundamento em documentos disponíveis em determinado repositório. Tal Aplicativo de NLP³⁶¹ servir-se-ia da Tarefa “*question answering*” que, primeiramente, **(i)** acionaria a Tarefa “agente de conversação” para interagir com o usuário em linguagem natural, **(ii)** acionando posteriormente a Tarefa “extração de informação” para correta apreensão da intenção do usuário (compreensão das entidades e dos relacionamentos que

³⁶⁰ FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. *E-book* (não paginado).

³⁶¹ Chamado de *question answering chatbot* — LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action: understanding, analyzing, and generating text with python**. p. 363.

compõem o questionamento), (iii) bem como a Tarefa “recuperação de informação” para localizar o documento que satisfaça a necessidade de informação do usuário, (iv) documento este que será finalmente trabalhado pela Tarefa “*question answering*” — único esforço próprio envidado — apenas para isolar o excerto que solucione a questão formulada e apresentá-lo na forma de resposta ao usuário³⁶². Ademais, internamente, cada uma dessas Tarefas tira proveito de outras Tarefas de análise linguística, já examinadas.

Como se pode antever, a dinâmica de um *bot* de bate-papo³⁶³, por outro lado, tomaria outros rumos. Isso porque o arranjo Tarefas de NLP, mesmo na seara específica dos *Chatbots*, é ditada pelas peculiaridades do caso concreto, do tipo de problema que se pretende solucionar.

Noutra quadra, impende registrar a existência de diversas plataformas de desenvolvimento de *Chatbots* que encapsulam as Tarefas de NLP, assim como as interações entre elas, propiciando um processo criativo mais intuitivo e rápido. Entre as mais conhecidas plataformas, tem-se: IBM Watson Assistant, Microsoft Azure, Bot Service e Rasa³⁶⁴.

2.5 ESTRUTURA DO SISTEMA DE DIÁLOGO

Ponderando de forma exageradamente simplista acerca do que até aqui se expôs, conclui-se que o papel de qualquer *chatbot* é compreender mensagens emanadas do usuário e produzir, em contrapartida, respostas apropriadas.

Nesse cenário, a *estrutura geral de um sistema de diálogo* é descrita por uma coleção de módulos ou etapas individualmente responsáveis por atividades que podem ser integradas pelas Tarefas de NLP examinadas anteriormente.

³⁶² BIRD, Steven; KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural language processing with python**. p. 281-282.

³⁶³ Vide a subseção 2.1.3.2.2.

³⁶⁴ Para saber mais: FREED, Andrew R. **Conversational AI: chatbots that work**. p. 15-16.

Assim, para sistemas de diálogo baseados em voz, as mensagens recebidas do usuário desencadeiam o processamento sequencial dos seguintes módulos: **(i)** módulo de *reconhecimento de fala*: converte a mensagem de voz em mensagem de texto; **(ii)** módulo de *compreensão de linguagem natural*: analisa e “compreende” a transcrição; **(iii)** módulo *gerenciador de diálogo*: rege o fluxo de conversação, definindo a estratégia de condução do diálogo e, eventualmente, executando outras instruções computacionais ou evocando sistemas externos; **(iv)** módulo de *geração de linguagem natural*: elabora a resposta textual a ser ofertada ao usuário, seguindo a orientação do *gerenciador de diálogo*; **(v)** módulo de *sintetização de voz*: converte a resposta textual em voz sintetizada³⁶⁵.

A estrutura de um agente de conversação baseado em textos também segue o padrão acima, exceto pelos módulos de *reconhecimento de fala* e de *sintetização de voz* que devem ser suprimidos porque desnecessários.

Convém observar esses módulos um pouco mais de perto.

2.5.1.1 Reconhecimento de fala (*speech recognition*)

Em sendo um agente de conversação um sistema que propicia uma interface entre homem e máquina em linguagem natural — texto, voz ou ambos —, é compreensível que os diálogos baseados em voz sejam tão populares, sobretudo diante da comodidade que oferecem.

O presente trabalho, como já se informou, é centrado na investigação de sistemas de diálogo baseados em textos.

³⁶⁵ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

2.5.1.2 Compreensão de linguagem natural (NLU)

À vista da mensagem textual, o sistema de diálogo, por meio do módulo de *compreensão de linguagem natural* (*natural language understanding*, em inglês, sigla NLU), intenta analisar e interpretar a transcrição³⁶⁶.

Para alcançar seu mister, o módulo utiliza várias as Tarefas de NLP para coletar informações do texto, como a *detecção de sentimento* (espécie do gênero Tarefa de *classificação de texto*³⁶⁷) *reconhecimento de entidade nomeada*, *extração de relacionamento* (ambas espécies do gênero Tarefa de extração de informação) etc. Como resultado, o módulo captura todas as informações possíveis, expressas (*v.g.*, entidades nomeadas) ou implícitas (*v.g.*, sentimentos) no texto de entrada³⁶⁸.

Além das informações já mencionadas (entidades, relacionamento e sentimentos), o módulo deve identificar a intenção do usuário (*user intent*)³⁶⁹, bem como os parâmetros-chaves para atendê-la³⁷⁰ — quando se pede a um *chatbot*

³⁶⁶ Tradução nossa. No original: “NLU refers to a process by which an inanimate object with computing power is able to comprehend spoken language.” — CHOPRA, Rohan; GODBOLE, Aniruddha M.; SADVILKAR, Nipun; SHAH, Muzaffar Bashir; GHOSH, Sohom; GUNNING, Dwight. **The natural language processing workshop**: Confidently design and build your own NLP projects with this easy-to-understand practical guide. p. 4.

³⁶⁷ “No aprendizado de máquina, a classificação é o problema de categorizar dados em uma ou mais classes conhecidas. Os dados podem ser originalmente de diferentes formatos, como texto, voz, imagem ou número. A classificação de texto é uma instância especial do problema de classificação, onde os dados de entrada estão em formato texto e o objetivo é categorizar segmentos desses dados em um ou mais blocos (chamados de classe) de um conjunto de blocos predefinidos (classes). Os segmentos a serem categorizados podem ter comprimento arbitrário: um caractere, uma palavra, uma frase, um parágrafo ou um documento completo.” — tradução nossa. No original: “In machine learning, classification is the problem of categorizing a data instance into one or more known classes. The data point can be originally of different formats, such as text, speech, image, or numeric. Text classification is a special instance of the classification problem, where the input data point(s) is text and the goal is to categorize the piece of text into one or more buckets (called a class) from a set of pre-defined buckets (classes). The ‘text’ can be of arbitrary length: a character, a word, a sentence, a paragraph, or a full document.” — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³⁶⁸ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³⁶⁹ FREED, Andrew R. **Conversational AI**: chatbots that work. p. 26.

³⁷⁰ Para saber mais: FREED, Andrew R. **Conversational AI**: chatbots that work. p. 27-28.

para tocar determinada música, por exemplo, o *software* deve apreender a intenção (ouvir música) e o parâmetro (canção) informados.

2.5.1.3 Gerenciador de diálogo (DM)

De posse das informações colhidas no módulo anterior, o sistema, por meio do gerenciador de diálogo (*dialogue manager*), deve decidir o que dizer e/ou o que fazer em seguida. Formalmente, o gerenciador de diálogo é “um importante módulo cujo propósito é coordenar o fluxo de diálogo e comunicar-se com outros subsistemas e componentes”³⁷¹.

É importante lembrar que as informações prestadas pelo usuário podem vir fracionadas ao longo do diálogo, motivo pelo qual, para coordenar adequadamente o seu fluxo, o módulo precisa monitorar o *contexto* da conversa, promovendo a *detecção de tópicos*³⁷² e a *extração de relacionamentos*³⁷³ espalhados pelas diferentes manifestações do usuário:

o gerenciador de diálogo é um módulo que controla e orienta o fluxo da conversa. Imagine-o como uma tabela contendo informações extraídas nas etapas de NLU e armazenadas simultaneamente para todas as declarações do diálogo em curso. O gerenciador de diálogo desenvolve uma estratégia por meio de regras ou outros mecanismos complexos, como aprendizado por reforço, para utilizar efetivamente as informações obtidas da entrada. Os gerenciadores de diálogo predominam em diálogos orientados a tarefas uma vez que há um objetivo definido a ser alcançado via conversação.³⁷⁴

³⁷¹ Tradução nossa. No original: “Following the NLU component in the chatbot process is the dialogue manager (DM), an important module whose purpose is to coordinate the flow of the dialogue and communicate with other sub-systems and components.” — GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures**. p. 14.

³⁷² Tradução nossa. No original: “Following the NLU component in the chatbot process is the dialogue manager (DM), an important module whose purpose is to coordinate the flow of the dialogue and communicate with other sub-systems and components.” — GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures**. p. 20.

³⁷³ Tradução nossa. No original: “Following the NLU component in the chatbot process is the dialogue manager (DM), an important module whose purpose is to coordinate the flow of the dialogue and communicate with other sub-systems and components.” — GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures**. p. 19.

³⁷⁴ Tradução nossa. No original: “A dialog manager is a module that controls and guides the flow of the conversation. Imagine this as a table containing information extracted in NLU steps and stored concurrently for all utterances in the ongoing conversation. The dialog manager develops a strategy via rules or other complex mechanisms, such as reinforcement learning, to effectively

A segunda função do gerenciador de diálogo (comunicar-se com outros subsistemas e componentes) diz respeito a ações adicionais que o *chatbot* pode executar, como apresentar um gráfico para o usuário, encaminhar um *e-mail*, consultar um banco de dados ou acionar um sistema externo³⁷⁵.

2.5.1.4 Geração de linguagem natural (NLG)

À vista da mensagem textual, o sistema de diálogo, O módulo de *geração de linguagem natural* (*natural language generation*, em inglês, sigla NLG), como dito, engendra a resposta textual de forma inteligível aos seres humanos, segundo a orientação traçada pelo *gerenciador de diálogo*³⁷⁶.

Cotejando NLG e NLU, pode-se dizer que

quando um humano fala com uma máquina, a máquina interpreta a linguagem com a ajuda do processo [ou módulo] NLU. Ao usar o processo [ou módulo] NLG, a máquina gera uma resposta apropriada e a compartilha com o humano, tornando assim mais fácil para os humanos entenderem a máquina.³⁷⁷

2.5.1.5 Sintetização de voz

Finalmente, por meio da sintetização de voz ou síntese de texto para fala (*text-to-speech synthesis*) converte-se a resposta textual gerada pelo NLG em

utilize the information obtained from the input. Dialog managers are mostly prevalent in goal-oriented dialogs since there's a definite objective to reach via the conversation.” — VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³⁷⁵ KONG, Xiaoquan; WANG, Guan. **Conversational AI with Rasa**: Build, test, and deploy AI-powered, enterprise-grade virtual assistants and chatbots. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2021. *E-book*. p. 64.

³⁷⁶ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

³⁷⁷ Tradução nossa. No original: “So, when a human speaks to a machine, the machine interprets the language with the help of the NLU process. By using the NLG process, the machine generates an appropriate response and shares it with the human, thus making it easier for humans to understand the machine.” — CHOPRA, Rohan; GODBOLE, Aniruddha M.; SADVILKAR, Nipun; SHAH, Muzaffar Bashir; GHOSH, Sohom; GUNNING, Dwight. **The natural language processing workshop**: Confidently design and build your own NLP projects with this easy-to-understand practical guide. p. 4.

voz³⁷⁸. Já se disse, o módulo é desnecessário quando o *chatbot* for baseado exclusivamente em texto.

Com fulcro na compreensão das técnicas de Aprendizado de Máquina examinadas no Capítulo 1, este capítulo objetivou, em especial, apresentar as etapas básicas de construção dos chatbots e examinar as potencialidades de seu uso, fundamentos teóricos úteis ao exame da utilização dos agentes de conversação pela Administração Pública sob a ótica da facilidade de interação com os administrados, da eficiência administrativa, da efetividade do Direito de Acesso à Informação e da promoção da Sustentabilidade, temáticas do capítulo subsequente.

³⁷⁸ VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. *E-book* (não paginado).

Capítulo 3

ATENDIMENTO DOS ADMINISTRADOS VIA CHATBOTS

3.1 O PRISMA DA INTERAÇÃO FACILITADA

Os *Chatbots* são uma inovação tecnológica que vem mudando a forma como as empresas e instituições oferecem suporte aos seus clientes e usuários. Eles são capazes de oferecer uma interface de usuário conversacional, que permite uma interação mais natural e intuitiva com o sistema³⁷⁹. Esta interface de conversação é capaz de substituir ou melhorar a tradicional interface gráfica, que se caracteriza pela utilização de elementos visuais, tais como botões e menus. Nesse sentido, a interação humana com *Chatbots*

vai muito além de um conjunto limitado de comandos pré-definidos. Afirma-se que o ato de dialogar com *chatbots* de maneira semelhante à forma de dialogar com humanos permite um meio natural, intuitivo, robusto e eficiente para obter conhecimento ou solicitar uma transação.³⁸⁰

A vantagem de se utilizar um *chatbot*, pois, é que ele permite ao usuário obter informações e resolver problemas de forma natural. Ao invés de precisar navegar por diversas páginas e menus — com as quais muitas vezes não está familiarizado — para encontrar a informação que deseja, o usuário pode simplesmente conversar com o *chatbot*, que irá entender sua necessidade e apresentar as informações desejadas.

De mais a mais, *Chatbots* baseados em aprendizado de máquina são capazes de aprender com o tempo, o que significa que podem se adaptar ao

³⁷⁹ MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. p. 13.

³⁸⁰ Tradução nossa. No original: “Chatbots Dialogue systems interact with users, relying on connected natural language dialogues, where the use of language goes way beyond a limited set of predefined commands. It is claimed that spoken conversation with chatbots in a manner similar to that of human-human dialogues allows for a natural, intuitive, robust, and efficient means to get knowledge or to request a transaction.” — GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots**: learning linguistic structures. Basileia, Switzerland: Springer, 2019. *E-book*. p. 13.

comportamento dos usuários e oferecer soluções cada vez mais personalizadas. Porém, em que pesem as vantagens e os surpreendentes avanços, não se pode perder de vista que

para dialogar bem, os computadores precisam não apenas usar corretamente a linguagem, mas também entender os mundos mental e social de seus interlocutores. [...] Grandes melhorias em flexibilidade e capacidade de resposta só virão, no entanto, se os pesquisadores forem capazes de resolver alguns dos problemas mais difíceis de dar aos computadores bom senso e a capacidade de raciocinar efetivamente com o conhecimento cotidiano.³⁸¹

Um caso de sucesso bem ilustra a conveniência da facilidade interativa propiciada pelos *Chatbots*. A primeira³⁸² e a segunda³⁸³ edição do Relatório de Inteligência Artificial, coordenado pelo ministro do Superior Tribunal de Justiça (STJ) Luis Felipe Salomão, sintetizam o resultado das pesquisas realizadas em 2019 e 2021, respectivamente, com o objetivo geral de apurar o uso da Inteligência Artificial nos tribunais brasileiros. Ambos os documentos registram um interessante projeto envolvendo um *chatbot* baseado em Aprendizado de Máquina chamado JUDI; um *bot* implantado em 2019 e ainda em funcionamento no âmbito do Tribunal de Justiça de São Paulo, cujo objetivo é solucionar o problema da sobrecarga nos canais de atendimento presenciais dos Juizados Especiais Cíveis. A ideia é levar o atendimento virtual a qualquer pessoa com acesso à internet, esclarecendo questões gerais sobre o funcionamento dos Juizados, bem como dúvidas acerca dos requisitos (condições e documentos) para que o usuário possa, se for o caso, aviar sua reclamação de modo suscinto e adequado. A solução está

³⁸¹ Tradução nossa. No original: “In order to play well with others in dialog, computers need not only to use language well, but also to understand the mental and social worlds of their interlocutors. Major improvements in flexibility and responsiveness will only come, however, if researchers are able to crack some of the very hard problems of giving computers common sense and the ability to reason effectively with everyday knowledge.” — DICKINSON, Markus; BREW, Chris; MEURERS, Detmar. **Language and computers**. [S. l.]: Wiley-Blackwell, 2013. *E-book*. p. 176.

³⁸² SALOMÃO, Luis Felipe (coord.). **Inteligência artificial: tecnologia aplicada à gestão dos conflitos no âmbito do poder judiciário brasileiro**. São Paulo: FGV, [2020]. *E-book*. Disponível em: https://ciapj.fgv.br/sites/ciapj.fgv.br/files/estudos_e_pesquisas_ia_1afase.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

³⁸³ SALOMÃO, Luis Felipe (coord.). **Inteligência artificial: tecnologia aplicada à gestão dos conflitos no âmbito do poder judiciário brasileiro**. 2. ed. São Paulo: FGV, [2022]. *E-book*. Disponível em: https://ciapj.fgv.br/sites/ciapj.fgv.br/files/relatorio_ia_2fase.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

disponível aos usuários por meio de uma interface de *chat* exibida no portal eletrônico do Tribunal.

3.2 O PRISMA DA EFICIÊNCIA ADMINISTRATIVA

3.2.1 O Princípio Constitucional da Eficiência

A Emenda Constitucional nº 19/1998 adicionou ao rol do *caput* do artigo 37 mais um Princípio Administrativo expresso: o da Eficiência. A ele também aludiu a Lei nº 9.784/99³⁸⁴ em seu art. 2º, *caput*.

Segundo Hely Lopes Meirelles e José Emmanuel Burle Filho³⁸⁵, “o princípio da eficiência exige que a atividade administrativa seja exercida com presteza, perfeição e rendimento funcional”, porquanto a função administrativa não se satisfaz com a mera legalidade, “exigindo resultados positivos para o serviço público e satisfatório atendimento das necessidades da comunidade e de seus membros”.

Os mesmos autores veem a eficiência não só como princípio, mas como um dos deveres³⁸⁶ da Administração Pública, equivalente³⁸⁷ “ao ‘dever de boa administração’ da doutrina italiana, o que já se acha consagrado, entre nós,

³⁸⁴ BRASIL. **Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999**. Regula o processo administrativo no âmbito da Administração Pública Federal. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9784.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

³⁸⁵ MEIRELLES, Hely Lopes; BURLE FILHO, José Emmanuel. **Direito administrativo brasileiro**. 42. ed. atual. até a Emenda Constitucional 90, de 15.9.2015. São Paulo: Malheiros, 2016. p. 105.

³⁸⁶ José dos Santos Carvalho Filho também situa a Eficiência Administrativa entre os deveres da Administração: “Incluído em mandamento constitucional, o princípio [da eficiência administrativa] pelo menos prevê para o futuro maior oportunidade para os indivíduos exercerem sua real cidadania contra tantas falhas e omissões do Estado. Trata-se, na verdade, de dever constitucional da Administração, que não poderá desrespeitá-lo, sob pena de serem responsabilizados os agentes que derem causa à violação.” — CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de direito administrativo**. *E-book* (não paginado).

³⁸⁷ Em uníssono, Celso Antônio Bandeira de Mello pondera que “o princípio da eficiência não parece ser mais do que uma faceta de um princípio mais amplo já superiormente tratado, de há muito, no Direito italiano: o princípio da ‘boa administração’. Este último significa, como resulta das lições de Guido Falzone, em desenvolver a atividade administrativa ‘do modo mais congruente, mais oportuno e mais adequado aos fins a serem alcançados, graças à escolha dos meios e da ocasião de utilizá-los, concebíveis como os mais idôneos para tanto”’. — DE MELLO, Celso Antônio Bandeira. **Curso de Direito Administrativo**. 32. ed. rev. e atual. até a Emenda Constitucional 84, de 2.12.2014. São Paulo: Atlas, 2015. p. 126.

pela Reforma Administrativa Federal do Dec.-lei 200/67”³⁸⁸, abrangendo “os aspectos quantitativo e qualitativo do serviço, para aquilatar do seu rendimento efetivo, do seu custo operacional e da sua real utilidade para os administrados e para a Administração.”³⁸⁹

Para Maria Sylvia Zanella Di Pietro,

o princípio da eficiência apresenta, na realidade, dois aspectos: pode ser considerado em relação ao **modo de atuação do agente público**, do qual se espera o melhor desempenho possível de suas atribuições, para lograr os melhores resultados; e em relação ao **modo de organizar, estruturar, disciplinar a Administração Pública**, também com o mesmo objetivo de alcançar os melhores resultados na prestação do serviço público.³⁹⁰

Já Fernanda Marinela defende que a Eficiência Administrativa

consiste na busca de resultados práticos de produtividade, de economicidade, com a conseqüente redução de desperdícios do dinheiro público e rendimentos típicos da iniciativa privada, sendo que, nessa situação, o lucro é do povo; quem ganha é o bem comum.³⁹¹

Noutra banda, observa Odete Medauar que “o princípio da eficiência determina que a Administração deve agir, de modo rápido e preciso, para produzir resultados que satisfaçam as necessidades da população.”³⁹²

José dos Santos Carvalho Filho avalia que

“o núcleo do princípio é a procura de produtividade e economicidade e, o que é mais importante, a exigência de reduzir os desperdícios de dinheiro público, o que impõe a execução dos

³⁸⁸ MEIRELLES, Hely Lopes; BURLE FILHO, José Emmanuel. **Direito administrativo brasileiro**. p. 116.

³⁸⁹ MEIRELLES, Hely Lopes; BURLE FILHO, José Emmanuel. **Direito administrativo brasileiro**. p. 117.

³⁹⁰ DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella. **Direito administrativo**. 33. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2020. *E-book* (não paginado), grifo do autor.

³⁹¹ MARINELA, Fernanda. **Direito administrativo**. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. *E-book* (não paginado).

³⁹² MEDAUAR, Odete. **Direito Administrativo moderno**. 21. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2018. p. 127.

serviços públicos com presteza, perfeição e rendimento funcional.”³⁹³

Por fim, o referido autor³⁹⁴ condensa o pensamento dos administrativistas ao elencar os aspectos vinculados ao princípio da eficiência, a saber: **(i)** produtividade; **(ii)** boa qualidade; **(iii)** economicidade, inclusive com vistas à obtenção de uma boa relação custo/benefício; **(iv)** celeridade e presteza; e **(v)** desburocratização (a burocracia “é um inegável entrave para a eficiência na Administração”) e flexibilização.

Com base em tais atributos, propõe-se refletir se a admissão de *Chatbots* prestigia a eficiência administrativa; é o que far-se-á em seguida.

3.2.2 *Chatbots* e o Princípio da Eficiência Administrativa

Sumit Raj³⁹⁵ registra que, no âmbito da iniciativa privada, sob a ótica dos usuários de produtos ou serviços, *Chatbots* oferecem inúmeros atrativos: **(i)** ampla acessibilidade: na medida em que facilitam a interação com o usuário³⁹⁶; **(ii)** eficiência: porque reduzem o esforço do usuário e agilizam seu atendimento; **(iii)** alta disponibilidade: *Chatbots* estão disponíveis sete dias por semana, vinte e quatro horas por dia, não precisam de pausas, não se cansam e executam tarefas repetitivas ou inéditas com o mesmo desempenho; **(iv)** escalabilidade: se o *bot* atende satisfatoriamente um único cliente, ele será capaz de atender de igual maneira centenas ou milhares de solicitações, eliminando a espera dos clientes/usuários por atendentes livres; **(v)** custo reduzido: por motivos óbvios, o custo de operação dos *bots* é inferior ao do atendimento tradicional; e **(vi)** potencialização de solução de problemas e identificação de oportunidades de melhoria (*insights*).

³⁹³ CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de direito administrativo**. *E-book* (não paginado).

³⁹⁴ CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de direito administrativo**. *E-book* (não paginado).

³⁹⁵ RAJ, Sumit. **Building chatbots with python: using natural language processing and machine learning**. [S. l.]: Apress, 2019. *E-book*. p. 5-6.

³⁹⁶ A respeito, *vide* subseção 3.2.

Ocorre que, acaso admitidos na Administração Pública, os agentes de conversação proporcionariam os mesmíssimos benefícios.

À guisa de exemplo, agentes de conversação podem se dedicar a responder dúvidas comuns sobre serviços públicos, automatizar o preenchimento de formulários e a emissão de certidões, orientar usuários sobre como realizar determinadas solicitações, bem assim promover o acesso a sistemas e a diversos outros tipos de informação de forma dialógica e descomplicada.

Assim sendo, os *Chatbots* estão vocacionados à concreção do princípio constitucional da eficiência administrativa, já que capazes de automatizar as mais diversas postulações submetidas à Administração Pública, tornando-as mais rápidas, eficientes, acessíveis e altamente disponíveis à população, sem a necessidade de interação com atendentes.

Sob a perspectiva da redução da burocracia, sistemas de diálogo estão aptos a contribuir na eliminação de etapas e intermediários, universalizando e facilitando o acesso direto dos administrados a informações e serviços públicos, o que, intrinsecamente, tal e qual qualquer outro recurso colocado à disposição do processo de desburocratização, cria um ambiente favorável ao incremento da eficiência administrativa.

Para além da promoção intuitiva e meramente teórica da desburocratização³⁹⁷ como um dos fatores de fomento à eficiência administrativa,

³⁹⁷ A Lei nº 13.726, de 8 de outubro de 2018, legitima a utilização de *Chatbots* como mecanismo de racionalização de atos e procedimentos administrativos. É o que se deduz do artigo 6º (ao referir que, à exceção das hipóteses previstas no próprio dispositivo, a comunicação entre o Poder Público e o cidadão poderá ser feita por qualquer meio) e dos incisos I, IV e V do parágrafo único do artigo 7º ("Art. 7º É instituído o Selo de Desburocratização e Simplificação, destinado a reconhecer e a estimular projetos, programas e práticas que simplifiquem o funcionamento da administração pública e melhorem o atendimento aos usuários dos serviços públicos. Parágrafo único. O Selo será concedido na forma de regulamento por comissão formada por representantes da Administração Pública e da sociedade civil, observados os seguintes critérios: I - a racionalização de processos e procedimentos administrativos; [...] IV - a redução do tempo de espera no atendimento dos serviços públicos; V - a adoção de soluções tecnológicas ou organizacionais que possam ser replicadas em outras esferas da administração pública.") — BRASIL. **Lei nº 13.726, de 8 de outubro de 2018.** Racionaliza atos e procedimentos administrativos dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e institui o Selo de Desburocratização e Simplificação. Brasília, DF: Presidência da República, [2018]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-

emerge a **Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021** — que, ao que tudo indica, deve ficar conhecida como Lei do Governo Digital —, para enunciar:

Art. 1º Esta Lei dispõe sobre princípios, regras e instrumentos para o aumento da eficiência da administração pública, especialmente por meio da desburocratização, da inovação, da transformação digital e da participação do cidadão.

Dito de outra forma, a relação entre desburocratização e aumento da eficiência administrativa é expressamente reconhecida em lei, nos termos do dispositivo em destaque.

De observar-se inicialmente que, nos termos do artigo 2º, o referido Diploma Legal se aplica “aos órgãos da administração pública federal, abrangendo os Poderes Executivo, Judiciário e Legislativo, incluído o Tribunal de Contas da União, e o Ministério Público da União” (inciso I), “às entidades da administração pública indireta federal, incluídas as empresas públicas e sociedades de economia mista, suas subsidiárias e controladas, que prestem serviço público, autarquias e fundações públicas” (inciso II), bem assim “às administrações diretas e indiretas dos demais entes federados, nos termos dos incisos I e II do *caput* deste artigo, desde que adotem os comandos desta Lei por meio de atos normativos próprios” (inciso III). Por outro lado, a Lei não se aplica “a empresas públicas e sociedades de economia mista, suas subsidiárias e controladas, que não prestem serviço público” (parágrafo 1º). O parágrafo segundo enfatiza que “as referências feitas nesta Lei, direta ou indiretamente, a Estados, Municípios e ao Distrito Federal são cabíveis somente na hipótese” de adoção de seus comandos por meio de atos normativos próprios.

Nesse passo, importa avaliar se os *Chatbots*, na qualidade de veículos de inovação, de transformação digital e de participação do cidadão que são, podem concorrer para concretizar o desiderato legal de incremento da eficiência administrativa.

Ao esquadrihar o indigitado Diploma Legal, remetem à utilização de *Chatbots* os seguintes princípios e diretrizes contemplados no artigo 3º: “a desburocratização, a modernização, o fortalecimento e a simplificação da relação do poder público com a sociedade, mediante serviços digitais, acessíveis inclusive por dispositivos móveis” (inciso I); “a disponibilização em plataforma única do acesso às informações e aos serviços públicos” (inciso II); “a possibilidade aos cidadãos, às pessoas jurídicas e aos outros entes públicos de demandar e de acessar serviços públicos por meio digital, sem necessidade de solicitação presencial” (inciso III); “a transparência na execução dos serviços públicos e o monitoramento da qualidade desses serviços” (inciso IV); “o dever do gestor público de prestar contas diretamente à população sobre a gestão dos recursos públicos” (inciso VI); “o uso de linguagem clara e compreensível a qualquer cidadão” (inciso VII); “a simplificação dos procedimentos de solicitação, oferta e acompanhamento dos serviços públicos, com foco na universalização do acesso e no autosserviço” (inciso X); “a eliminação de formalidades e de exigências cujo custo econômico ou social seja superior ao risco envolvido” (inciso XI); “a acessibilidade da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, nos termos da Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência)” (inciso XIX); “o tratamento adequado a idosos, nos termos da Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003 (Estatuto do Idoso)” (inciso XXIV); e, “a promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação no setor público” (inciso XXVI).

A aderência dos *Chatbots* à Lei também exsurge no artigo 4º, que firma as noções de autosserviço (“acesso pelo cidadão a serviço público prestado por meio digital, sem necessidade de mediação humana” — inciso II); plataformas de governo digital (“ferramentas digitais e serviços comuns aos órgãos, normalmente ofertados de forma centralizada e compartilhada, necessárias para a oferta digital de serviços e de políticas públicas” — inciso IX); e, transparência ativa (“disponibilização de dados pela administração pública independentemente de solicitações” — inciso XI). Nessa linha de ideias, um *Chatbot* idealizado para conferir ao administrado acesso a informações ou a serviços sem intervenção humana é tido como uma *plataforma de governo digital* promotora do *autosserviço* e da *transparência ativa*.

A respeito da prestação digital de serviços, preconiza o artigo 14 que ela “deverá ocorrer por meio de tecnologias de amplo acesso pela população, inclusive pela de baixa renda ou residente em áreas rurais e isoladas” (*caput*), preferencialmente por meio do autosserviço.

Conclui-se, assim, que a utilização de *Chatbots* pela Administração Pública atende, indubitavelmente, a cada um dos aspectos ínsitos ao princípio da eficiência.

3.3 O PRISMA DO DIREITO DE ACESSO À INFORMAÇÃO

3.3.1 Direitos fundamentais: aspectos gerais

A terminologia “Direito Fundamental” é utilizada pela nossa Constituição na inscrição do Título II, que se refere aos “Direitos e Garantias Fundamentais”, denotando que a expressão é gênero da qual são espécie todos os demais direitos fundamentais, em especial os denominados direitos e deveres individuais e coletivos (Capítulo I), os direitos sociais (Capítulo II), a nacionalidade (Capítulo III), os direitos políticos (Capítulo IV) e a disciplina dos partidos políticos (Capítulo V).

Em meios aos diversos conceitos de direitos fundamentais, adota-se o formulado por George Marmelstein, segundo o qual

direitos fundamentais são normas jurídicas, intimamente ligadas à ideia de dignidade da pessoa humana e de limitação do poder, positivadas no plano constitucional de determinado Estado Democrático de Direito, que, por sua importância axiológica, fundamentam e legitimam todo o ordenamento jurídico.³⁹⁸

Referido autor reconhece que o conceito é restritivo, porquanto “somente considera como fundamentais aqueles direitos que possuem hierarquia constitucional e que são ligados à dignidade da pessoa humana e à limitação do poder”, mas esclarece que a intenção é justamente atribuir especial tratamento

³⁹⁸ MARMELSTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014. p. 17.

somente aos direitos genuinamente fundamentais, “evitando o uso inflacionado dessa expressão, capaz de desvalorizar o conceito como um todo.”³⁹⁹

Cabe aqui um breve parêntese para registrar que, na concepção de Ingo Sarlet, dignidade da pessoa humana é

a qualidade intrínseca e distintiva reconhecida em cada ser humano que o faz merecedor do mesmo respeito e consideração por parte do Estado e da comunidade, implicando, neste sentido, um complexo de direitos e deveres fundamentais que assegurem a pessoa tanto contra todo e qualquer ato de cunho degradante e desumano, como venham a lhe garantir as condições existenciais mínimas para uma vida saudável, além de propiciar e promover sua participação ativa e corresponsável nos destinos da própria existência e da vida em comunhão com os demais seres humanos, mediante o devido respeito aos demais seres que integram a rede da vida.⁴⁰⁰

Nessa linha de ideias, a supremacia dos direitos fundamentais ocorre quando “se reconhece que o indivíduo tem, primeiro, direitos, e, depois, deveres perante o Estado, e que os direitos que o Estado tem em relação ao indivíduo se ordenam ao objetivo de melhor cuidar das necessidades dos cidadãos.”⁴⁰¹

3.3.1.1 Distinção: direitos fundamentais e direitos humanos

Ainda no tocante à terminologia, compreende-se não haver distinção significativa entre as expressões “Direitos Fundamentais” e “Direitos Humanos”. Nesse sentido, defende-se que as expressões retromencionadas possuem identidade axiológica e teleológica.

Contudo, Ingo Wolfgang Sarlet aponta que as locuções diferem quanto ao **plano de positivação**: enquanto a expressão “direitos fundamentais” alude àqueles “direitos do ser humano reconhecidos e positivados na esfera do direito constitucional positivo de determinado Estado”, a locução “direitos humanos”

³⁹⁹ MARMELSTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. p. 19.

⁴⁰⁰ SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015. *E-book* (não paginado).

⁴⁰¹ MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. 14. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva Educação, 2019. (Série IDP). *E-book* (não paginado).

refere a direitos consagrados no plano do Direito Internacional, ou seja, que independem “de vinculação com determinada ordem constitucional, e que, portanto, aspiram à validade universal, [...] de tal sorte que revelam um inequívoco caráter supranacional (internacional).”⁴⁰²

Flávio Martins⁴⁰³ enfatiza que a própria Constituição de 1988 utiliza-se da locução “direitos humanos” em vários dispositivos: art. 4º, inciso II (“prevalência dos direitos humanos”); art. 5º, § 3º (“os tratados e convenções internacionais sobre direitos humanos que forem aprovados [...]”); art. 109, § 5º (“Nas hipóteses de grave violação de direitos humanos, o Procurador-Geral da República, com a finalidade de assegurar o cumprimento de obrigações [...]”); art. 134, *caput* (“A Defensoria Pública é instituição permanente [...], incumbindo-lhe, como expressão e instrumento do regime democrático, fundamentalmente, a orientação jurídica, a promoção dos direitos humanos [...]”).

A propósito, Sarlet discorda do uso da expressão “direitos humanos” como sucedâneo dos termos “direitos do homem” ou “direitos naturais”, porquanto os dois últimos guardam relação com a concepção jusnaturalista, ao passo que os primeiros (os direitos humanos) são reconhecidos e assegurados pelo direito positivo de determinado Estado, estando assim espacial e temporalmente delimitados. Apesar disso, sob o ponto de vista histórico, reconhece aquele autor que tanto os direitos humanos como os fundamentais decorrem do “reconhecimento, pelo direito positivo, de uma série de direitos naturais do homem, que, neste sentido, assumem uma dimensão pré-estatal e, para alguns, até mesmo supraestatal.”⁴⁰⁴

⁴⁰² SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. 12. ed. rev., atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015. *E-book* (não paginado).

⁴⁰³ NUNES JÚNIOR, Flávio Martins Alves. **Curso de direito constitucional**. 3. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2019. *E-book* (não paginado).

⁴⁰⁴ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

3.3.1.2 Classificação dos direitos em dimensões

Divergências terminológicas à parte, certo é que a promoção dos direitos fundamentais se deu de forma paulatina no decorrer de evolução histórico-social, como consequência das conquistas políticas que lhes asseguraram assento constitucional. Ainda sob a perspectiva de transformações históricas, doutrinadores costumam reunir os direitos fundamentais em diferentes grupos, denominados inicialmente de gerações⁴⁰⁵.

Ocorre que o vocábulo “geração” não está livre de críticas⁴⁰⁶, pois remete à ideia de substituição, de superação, razão pela qual atualmente prefere-se o vocábulo “dimensão” dos direitos fundamentais, mais consentâneo com o “caráter de um processo cumulativo, de complementaridade, e não de alternância”⁴⁰⁷.

Verifica-se certa convergência de opiniões em torno da existência e do conteúdo de três dimensões de direito fundamentais, embora haja quem defenda uma quarta e até uma quinta dimensão⁴⁰⁸.

A primeira dimensão consagra direitos civis e políticos, ligados ao valor “liberdade”. Tal dimensão compreende em seu rol os direitos à vida, à

⁴⁰⁵ “Em rigor, o lema revolucionário do século XVIII [...] exprimiu em três princípios cardeais todo o conteúdo possível dos direitos fundamentais, profetizando até mesmo a sequência histórica de sua gradativa institucionalização: liberdade, igualdade e fraternidade. Com efeito, descoberta a fórmula de generalização e universalidade, restava doravante seguir os caminhos que consentissem inserir na ordem jurídica positiva de cada ordenamento político os direitos e conteúdos materiais referentes àqueles postulados. Os direitos fundamentais passaram na ordem institucional a manifestar-se em três gerações sucessivas, que traduzem sem dúvida um processo cumulativo e qualitativo, o qual, segundo tudo faz prever, tem por bússola uma nova universalidade: a universalidade material e concreta, em substituição da universalidade abstrata e, de certo modo, metafísica daqueles direitos, contida no jusnaturalismo do século XVIII.” — BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. 26. ed. São Paulo: Malheiros, 2011. p. 562-563.

⁴⁰⁶ “É comum, em livros didáticos de direito constitucional, que se faça menção a distintas gerações de direitos fundamentais. Na maioria das vezes, contudo, a referência a essas gerações não cumpre qualquer função explicativa ou didática. Mais do que isso, em geral a repetição irrefletida de uma determinada ordem de gerações tende a confundir mais do que esclarecer. Estudantes de direito constitucional tendem a supor que a história dos direitos fundamentais no Brasil pode ser compreendida a partir da mesma sequência geracional eventualmente válida para outros países.” — SILVA, Virgílio Afonso da. **Direito constitucional brasileiro**. 1 ed. São Paulo: EDUSP, 2021, p. 123.

⁴⁰⁷ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴⁰⁸ BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. p. 585-609.

liberdade, à propriedade, à igualdade perante a lei (igualdade formal), direitos de participação política (como o direito de voto e a capacidade eleitoral passiva), além das chamadas “liberdades de expressão coletiva (liberdades de expressão, imprensa, manifestação, reunião, associação etc.)”⁴⁰⁹.

De feição individualista, os direitos de primeira dimensão são oponíveis principalmente contra o Estado, impondo a este, em essência, uma abstenção, uma não ingerência — em vez de uma conduta estatal positiva —, o que lhes confere um caráter negativo. Não por acaso pondera Paulo Bonavides:

Os direitos da primeira geração ou direitos da liberdade têm por titular o indivíduo, são oponíveis ao Estado, traduzem-se como faculdades ou atributos da pessoa e ostentam uma subjetividade que é seu traço mais característico; enfim, são direitos de resistência ou de oposição perante o Estado.⁴¹⁰

Em termos de encadeamento de acontecimentos históricos que culminaram nos direitos de segunda dimensão, Marmelstein, referindo-se à ambiência inicial dos direitos de primeira dimensão, relata que

[...] apesar do espírito humanitário que inspirou as declarações liberais de direitos [com especial destaque, segundo o mesmo autor, para a Declaração Universal dos Direitos do Homem e do Cidadão, de 1789, decorrente da Revolução Francesa, e a Declaração de Direitos da Virgínia, de 1776, decorrente da Independência dos EUA] e do grande salto que foi dado na direção da limitação do poder estatal e da participação do povo nos negócios públicos, o certo é que essas declarações não protegiam a todos. Muitos setores da sociedade, sobretudo os mais carentes ainda não estavam totalmente satisfeitos apenas com essa liberdade de “faz de conta”. Eles queriam mais. A igualdade meramente formal, da boca para fora, que não saía do papel, era mesmo que nada. Por isso, eles pretendiam e reivindicaram também um pouco mais de igualdade e inclusão social.⁴¹¹

Por isso se diz que os direitos de segunda dimensão acentuam o valor “igualdade” entre os homens (igualdade em sentido material) e são fruto de intensos movimentos reivindicatórios, decorrência das injustiças ocasionadas pelo

⁴⁰⁹ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴¹⁰ BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. p. 563-564.

⁴¹¹ MARMELESTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. p. 43.

liberalismo aos indivíduos que não podiam viver condignamente porque não detinham os meios de produção⁴¹². Nessas circunstâncias, não mais se aspirava a liberdade em relação ao Estado, e sim que este (o Estado) proporcionasse formas de efetivação dos direitos individuais mediante uma atuação positiva, um fazer:

Os direitos de primeira geração tinham como finalidade, sobretudo, possibilitar a limitação do poder estatal e permitir a participação do povo nos negócios públicos. Já os direitos de segunda geração possuem um objetivo diferente. Eles impõem diretrizes, deveres e tarefas a serem realizadas pelo Estado, no intuito de possibilitar aos seres humanos melhor qualidade de vida e um nível razoável de dignidade como pressuposto do próprio exercício da liberdade. Nessa acepção, os direitos fundamentais de segunda geração funcionam como uma alavanca ou uma catapulta capaz de proporcionar o desenvolvimento do ser humano, fornecendo-lhe as condições básicas para gozar, de forma efetiva, a tão necessária liberdade.⁴¹³

Por estarem associados a reivindicações de justiça social, os direitos fundamentais de segunda geração são chamados de *direitos sociais*, denominação que de forma alguma sugere serem direitos de coletividades⁴¹⁴, até porque, via de regra⁴¹⁵, seus titulares são indivíduos singularmente considerados.

⁴¹² “O século XIX foi palco da chamada Revolução Industrial, resultante do desenvolvimento de técnicas de produção que proporcionaram um crescimento econômico nunca antes visto. É esse período que os franceses chamaram de *Belle Époque*, simbolizando o espírito de prosperidade vivido pela sociedade. No entanto, essa prosperidade ocorreu à custa do sacrifício de grande parcela da população, sobretudo dos trabalhadores, que sobreviviam em condições cada vez mais deploráveis. Não havia limitação para jornada de trabalho, salário mínimo, férias, nem mesmo descanso regular. O trabalho infantil era aceito e as crianças eram submetidas a trabalhos braçais como se adultos fossem. [...] É nesse contexto que nasce o Estado do bem-estar social (*Welfare State*), um novo modelo político, no qual o Estado, sem se afastar dos alicerces básicos do capitalismo (economia de mercado, livre-iniciativa e proteção da propriedade privada), compromete-se a promover maior igualdade social e a garantir as condições básicas para uma vida digna.” — MARMELSTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. p. 44-45.

⁴¹³ MARMELSTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. p. 48.

⁴¹⁴ “O surgimento dessa segunda dimensão de direitos é decorrência do crescimento demográfico, da forte industrialização da sociedade e, especialmente, do agravamento das disparidades sociais que marcaram a virada do século XIX para o século XX. Reivindicações populares começam a florescer, exigindo um papel mais ativo do Estado na correção das fissuras sociais e disparidades econômicas, em suma, na realização da justiça social — o que justifica a intitulação desses direitos como ‘direitos sociais’, não por envolverem direitos de coletividades propriamente, mas por tratarem de direitos que visam alcançar a justiça social.” — MASSON, Nathalia. **Manual de direito constitucional**. 6. ed. rev., ampl. e atual. Salvador: JusPODIVM, 2018. p. 215.

⁴¹⁵ “[...] tanto direitos sociais, quanto direitos civis e políticos protegem bens jurídicos cuja incidência

Os direitos fundamentais de segunda dimensão correspondem aos direitos à saúde, educação, trabalho, habitação, previdência social, assistência social, entre outros.

Nada obstante seu marcante traço prestacional, a segunda dimensão, consoante adverte Sarlet, compreende não só direitos de cunho positivo,

mas também as assim denominadas “liberdades sociais”, do que dão conta os exemplos da liberdade de sindicalização, do direito de greve, bem como do reconhecimento de direitos fundamentais aos trabalhadores, tais como o direito a férias e ao repouso semanal remunerado, a garantia de um salário mínimo, a limitação da jornada de trabalho, apenas para citar alguns dos mais representativos.⁴¹⁶

Rafael Barretto⁴¹⁷ aponta que a terceira geração de direitos fundamentais ganhou força após a Segunda Guerra Mundial, especialmente após o surgimento da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1945, e a Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 1948, porquanto,

após a Segunda Guerra, a maneira de compreender os direitos humanos muda totalmente no cenário internacional; antes, os direitos eram tratados como questões internas de cada Estado, de cada governo com seus cidadãos; após, passam a ser tratados como questão universal, inerente ao ser humano, numa perspectiva global, cosmopolita.

Denominados de direitos de fraternidade ou solidariedade, os direitos fundamentais de terceira dimensão caracterizam-se pela titularidade coletiva ou difusa, por “se desprenderem, em princípio, da figura do homem-indivíduo como seu titular, destinando-se à proteção de grupos humanos (família, povo, nação)”⁴¹⁸.

é simultaneamente individualizada e coletiva, como ocorre, no caso dos direitos sociais, com o direito à saúde, o direito à habitação e o direito à proteção ambiental, onde a afetação do direito pode produzir danos individuais e/ou transindividuais. Da mesma forma, no caso dos direitos civis e políticos, verifica-se uma maior ou menor dimensão coletiva, visto que tais direitos encerram também faculdades de associação para o exercício e tutela das liberdades.” – *In*: SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴¹⁶ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴¹⁷ BARRETTO, Rafael. **Direitos humanos**. 4. ed. Salvador: JusPODIVM, 2014. (Coleção Sinopses para Concursos). p. 45.

⁴¹⁸ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos

Na categoria figuram, com certo grau de consenso⁴¹⁹, os direitos “transindividuais” à paz, à autodeterminação dos povos, ao desenvolvimento, ao meio ambiente e qualidade de vida, bem como o direito à conservação e utilização do patrimônio histórico e cultural e o direito de comunicação⁴²⁰.

A propósito, denominação *direitos de terceira geração* já foi adotada no Supremo Tribunal Federal, que assim enquadrou o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (Recurso Extraordinário nº 134.297/SP⁴²¹ e Mandado de Segurança 22164-0/SP⁴²²).

fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴¹⁹ Alexandre de Moraes situa, entre os direitos de terceira dimensão, o direito a um meio ambiente equilibrado, ao progresso, à paz, à autodeterminação dos povos e a outros direitos difusos — MORAES, Alexandre. **Direito constitucional**. 32. ed. rev. e atual. até a EC nº 91, de 18 de fevereiro de 2016. São Paulo: Atlas, 2016. *E-book* (não paginado). Na visão de Gilmar Mendes e Paulo Branco, tem-se entre os direitos de terceira dimensão o direito à paz, ao desenvolvimento, à qualidade do meio ambiente, à conservação do patrimônio histórico e cultural — MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado). Para Nathalia Masson, enquadram-se na terceira geração os direitos ao desenvolvimento, ao progresso, ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, à autodeterminação dos povos, à propriedade sobre o patrimônio comum da humanidade, à qualidade de vida, os direitos do consumidor e da infância e da juventude — MASSON, Nathalia. **Manual de direito constitucional**. p. 215.

⁴²⁰ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴²¹ BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1. Turma). **Recurso Extraordinário nº 134297-8 São Paulo**. RECURSO EXTRAORDINÁRIO – ESTAÇÃO ECOLÓGICA – RESERVA FLORESTAL NA SERRA DO MAR – PATRIMÔNIO NACIONAL (CF, ART. 225, § 4º) – LIMITAÇÃO ADMINISTRATIVA QUE AFETA O CONTEÚDO ECONÔMICO DO DIREITO DE PROPRIEDADE – DIREITO DO PROPRIETÁRIO À INDENIZAÇÃO – DEVER ESTATAL DE RESSARCIR OS PREJUÍZOS DE ORDEM PATRIMONIAL SOFRIDOS PELO PARTICULAR – RE NÃO CONHECIDO. [...] – Direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado: a consagração constitucional de um típico direito de terceira geração (CF, art. 225, *caput*). Recorrente: Estado de São Paulo. Recorridos: Paulo Ferreira Ramos e cônjuge. Relator: Celso de Mello, 13 de junho de 1995. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=207731>. Acesso em: 18 fev. 2023.

⁴²² BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Mandado de Segurança nº 22164-0 São Paulo**. REFORMA AGRÁRIA – IMÓVEL RURAL SITUADO NO PANTANAL MATO-GROSSENSE – DESAPROPRIAÇÃO-SANÇÃO (CF, ART. 184) – POSSIBILIDADE – FALTA DE NOTIFICAÇÃO PESSOAL E PRÉVIA DO PROPRIETÁRIO RURAL QUANTO À REALIZAÇÃO DA VISTORIA (LEI Nº 8.629/93, ART. 2º, § 2º) – OFENSA AO POSTULADO DO DUE PROCESS OF LAW (CF, ART. 5º, LIV) – NULIDADE RADICAL DA DECLARAÇÃO EXPROPRIATÓRIA – MANDADO DE SEGURANÇA DEFERIDO. [...] A QUESTÃO DO DIREITO AO MEIO AMBIENTE ECOLÓGICAMENTE EQUILIBRADO – DIREITO DE TERCEIRA GERAÇÃO – PRINCÍPIO DA SOLIDARIEDADE. O direito à integridade do meio ambiente – típico direito de terceira geração – constitui prerrogativa jurídica de titularidade coletiva, refletindo, dentro do processo de afirmação dos direitos humanos, a expressão

Ainda pendentes de abono no plano do Direito Internacional e das ordens constitucionais internas, fala-se na quarta e até na quinta dimensão dos direitos fundamentais.

À guisa de ilustração, Paulo Bonavides defende a existência de uma quarta dimensão, resultado da globalização dos direitos fundamentais, que corresponderia “à derradeira fase de institucionalização do Estado social”⁴²³. Para o constitucionalista cearense, integram esta quarta dimensão os direitos à democracia (no caso, a democracia direta), à informação e ao pluralismo⁴²⁴.

Por outro lado, como dito, a doutrina costuma classificar o direito à paz como de terceira dimensão. Paulo Bonavides, porém, entende que o direito à paz deva ser deslocado para uma dimensão autônoma, a quinta dimensão, já que a paz constitui supremo direito da humanidade e axioma da democracia participativa⁴²⁵.

3.3.1.3 Titulares dos direitos fundamentais

Em face de seu interesse prático, impende abordar brevemente a questão dos titulares dos direitos fundamentais.

significativa de um poder atribuído, não ao indivíduo identificado em sua singularidade, mas, num sentido verdadeiramente mais abrangente, à própria coletividade social. [...]. Impetrante: Antônio de Andrade Ribeiro Junqueira. Impetrado: Presidente da República. Relator: Celso de Mello, 30 de outubro de 1995. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=85691>. Acesso em: 18 fev. 2023.

⁴²³ BONAVIDES, Paulo. Curso de Direito Constitucional. p. 571.

⁴²⁴ “A democracia positivada enquanto direito da quarta geração há de ser, de necessidade, uma democracia direta. Materialmente possível graças aos avanços da tecnologia de comunicação, e legitimamente sustentável graças à informação correta e às aberturas pluralistas do sistema. Desse modo, há de ser também uma democracia isenta já das contaminações da mídia manipuladora, já do hermetismo de exclusão, de índole autocrática e unitarista, familiar aos monopólios do poder. Tudo isso, obviamente, se a informação e o pluralismo vingarem por igual como direitos paralelos e coadjuvantes da democracia; esta, porém, enquanto direito do gênero humano, projetado e concretizado no último grau de sua evolução conceitual.” — BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. p. 571.

⁴²⁵ BONAVIDES, Paulo. A quinta geração dos direitos fundamentais. **Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 82-93, abr./jun. 2015. Disponível em: <http://dfj.emnuvens.com.br/dfj/article/view/534#:~:text=Destaca%20a%20paz%20como%20um,de%20supremo%20direito%20da%20humanidade>. Acesso em: 18 fev. 2023.

De saída, frise-se que parcela significativa da doutrina utiliza a expressão *titular* como sinônima do termo *destinatário de direitos fundamentais*, entendimento que não é o melhor, na concepção de Sarlet:

“Titular do direito, notadamente na perspectiva da dimensão subjetiva dos direitos e garantias fundamentais, é quem figura como sujeito ativo da relação jurídico-subjetiva, ao passo que destinatário é a pessoa (física, jurídica ou mesmo ente despersonalizado) em face da qual o titular pode exigir o respeito, proteção ou promoção do seu direito.”⁴²⁶

A despeito de o *caput* do artigo 5º da Constituição Federal de 1988⁴²⁷ ter atribuído de modo expreso a titularidade dos direitos fundamentais aos residentes no país, brasileiros ou estrangeiros, a doutrina e a jurisprudência do Supremo Tribunal Federal reconhecem que o *princípio da universalidade* fora albergado pelo direito constitucional positivo brasileiro:

“De acordo com o princípio da universalidade, todas as pessoas, pelo fato de serem pessoas são titulares de direitos e deveres fundamentais, o que, por sua vez, não significa que não possa haver diferenças a serem consideradas, inclusive, em alguns casos, por força do próprio princípio da igualdade, além de exceções expressamente estabelecidas pela Constituição, como dá conta a distinção entre brasileiro nato e naturalizado, algumas distinções relativas aos estrangeiros, entre outras.”⁴²⁸

Via de consequência, alguns direitos são assegurados a todos, inclusive a estrangeiros não residentes⁴²⁹, porquanto ínsitos ao princípio da

⁴²⁶ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴²⁷ “Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: [...]”

⁴²⁸ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴²⁹ BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1. Turma). **Habeas Corpus nº 103311 Paraná**. PENAL E PROCESSO PENAL. HABEAS CORPUS. TRÁFICO ILÍCITO DE ENTORPECENTES. LEI Nº 6.368/76, ARTIGOS 12 E 18, I. SUBSTITUIÇÃO DE PENA PRIVATIVA DE LIBERDADE POR RESTRITIVA DE DIREITOS. REQUISITOS OBJETIVOS E SUBJETIVOS DO ART. 44 DO CÓDIGO PENAL PRESENTES. ESTRANGEIRO. POSSIBILIDADE. ORDEM CONCEDIDA. 1. O Princípio da Isonomia, garantia pétrea constitucional extensível aos estrangeiros, impede que o condenado não nacional pelo crime de tráfico ilícito de entorpecentes seja privado da concessão do benefício da substituição da pena privativa por restritiva de direitos quando atende aos requisitos objetivos e subjetivos do art. 44 do Código Penal. (Precedentes: HC 85894, Rel. Ministro GILMAR MENDES, TRIBUNAL PLENO, DJe 28/09/2007; HC 103068/MG, Rel. Ministro DIAS TOFFOLI, PRIMEIRA TURMA, DJe 21/02/2011; HC 103093/RS, Rel. Ministro GILMAR

dignidade da pessoa humana. Nem a ilegal permanência do estrangeiro em território nacional, em que pese a eventual incidência de sanções, é capaz de afastar a titularidade de alguns direitos fundamentais.

Entende-se por estrangeiros residentes aqueles que se encontram, ao menos temporariamente, no País.

Este é o caso, por exemplo, do estrangeiro que trabalha no Brasil, resida com familiares ou mesmo aquele beneficiado com visto de duração superior ao do turista ou de outra pessoa que apenas ingresse no País de forma eventual, por exemplo, para visitar amigos ou parentes, atividades profissionais de curta duração, entre outras.⁴³⁰

Alexandre de Moraes assim sintetiza a questão:

[...] a expressão residentes no Brasil deve ser interpretada no sentido de que a Carta Federal assegura ao estrangeiro todos os direitos e garantias mesmo que não possua domicílio no País, só podendo, porém, assegurar a validade e gozo dos direitos fundamentais dentro do território brasileiro, não excluindo, pois, o estrangeiro em trânsito pelo território nacional, que possui

MENDES, SEGUNDA TURMA, DJe 01/10/2010; HC 89976/RJ, Rel. Ministra ELLEN GRACIE, TRIBUNAL PLENO, DJe 24/04/2009; HC 96011/RS, Rel. Ministro JOAQUIM BARBOSA, SEGUNDA TURMA, DJe 10/09/2010; HC 96923/SP, Rel. Ministro GILMAR MENDES, SEGUNDA TURMA, DJe 10/09/2010; HC 91600/RS, Rel. Ministro SEPÚLVEDA PERTENCE, PRIMEIRA TURMA, DJ 06/09/2007; HC 84715, Rel. Ministro JOAQUIM BARBOSA, SEGUNDA TURMA, DJ 29/06/2007). [...] 3. É cediço na Corte que: “O SÚDITO ESTRANGEIRO, MESMO AQUELE SEM DOMICÍLIO NO BRASIL, TEM DIREITO A TODAS AS PRERROGATIVAS BÁSICAS QUE LHE ASSEGUREM A PRESERVAÇÃO DO "STATUS LIBERTATIS" E QUE LHE GARANTAM A OBSERVÂNCIA, PELO PODER PÚBLICO, DA CLÁUSULA CONSTITUCIONAL DO "DUE PROCESS". - O súdito estrangeiro, mesmo o não domiciliado no Brasil, tem plena legitimidade para impetrar o remédio constitucional do "habeas corpus", em ordem a tornar efetivo, nas hipóteses de persecução penal, o direito subjetivo, de que também é titular, à observância e ao integral respeito, por parte do Estado, das prerrogativas que compõem e dão significado à cláusula do devido processo legal. - A condição jurídica de não nacional do Brasil e a circunstância de o réu estrangeiro não possuir domicílio em nosso país não legitimam a adoção, contra tal acusado, de qualquer tratamento arbitrário ou discriminatório. Precedentes (HC 94.016/SP, Rel. Min. CELSO DE MELLO, v.g.). - Impõe-se, ao Judiciário, o dever de assegurar, mesmo ao réu estrangeiro sem domicílio no Brasil, os direitos básicos que resultam do postulado do devido processo legal, notadamente as prerrogativas inerentes à garantia da ampla defesa, à garantia do contraditório, à igualdade entre as partes perante o juiz natural e à garantia de imparcialidade do magistrado processante (...)”. (HC 102041/SP, Rel. Ministro Celso de Mello, SEGUNDA TURMA, DJe 20/08/2010). [...] 6. Parecer do *parquet* pela concessão da ordem. Ordem concedida. Paciente: Luiz Alberto Aquino Benitez. Impetrante: Defensoria Pública da União. Relator: Luiz Fux, 7 de junho de 2011. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur194360/false>. Acesso em: 18 fev. 2023.

⁴³⁰ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

igualmente acesso às ações, como o mandado de segurança e demais remédios constitucionais.⁴³¹

De igual forma, são assegurados os direitos fundamentais a brasileiros mesmo sem efetiva residência no País, “pois a titularidade depende exclusivamente do vínculo jurídico da nacionalidade”. De observar-se que a expressão “brasileiros” contida no *caput* do artigo 5º da Lei Maior designa brasileiros natos e naturalizados, ressalvadas as exceções previstas no próprio texto constitucional. Assim, entre os direitos assegurados exclusivamente aos nacionais, “destacam-se os direitos políticos, embora precisamente quanto a estes existam restrições em relação aos brasileiros naturalizados.”⁴³²

Malgrado a ausência de norma constitucional expressa, doutrina⁴³³ e jurisprudência⁴³⁴ são uníssonas em reconhecer que as pessoas jurídicas são

⁴³¹ MORAES, Alexandre. **Direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴³² SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

⁴³³ “Não há, em princípio, impedimento insuperável a que pessoas jurídicas venham, também, a ser consideradas titulares de direitos fundamentais, não obstante estes, originalmente, terem por referência a pessoa física. Acha-se superada a doutrina de que os direitos fundamentais se dirigem apenas às pessoas humanas” — MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado). “[...] os direitos enunciados e garantidos pela constituição são de brasileiros, pessoas físicas e jurídicas.” — MORAES, Alexandre. **Direito constitucional**. *E-book* (não paginado). “[...] a extensão da titularidade de direitos fundamentais às pessoas jurídicas tem por finalidade maior a de proteger os direitos das pessoas físicas [...]” — SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado). “[...] o constitucionalismo contemporâneo tem salientado o princípio da universalidade dos direitos fundamentais, a partir do que se considera que tais direitos, em cada Estado, têm por destinatários toda e qualquer pessoa física ou jurídica privada que esteja localizada dentro de seu território.” — MOTTA, Sylvio. **Direito Constitucional**: teoria, jurisprudência e questões. 27. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2018. *E-book* (não paginado).

⁴³⁴ No âmbito do Superior Tribunal de Justiça destaca-se a Súmula nº 227, adiante retratada. Entre as decisões do Supremo Tribunal Federal que reconhecem pessoas jurídicas como titulares de direitos fundamentais está o julgado que garantiu a assistência judiciária gratuita à pessoa jurídica que comprovadamente não tenha recursos suficientes para custear as despesas processuais: BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Agravo Regimental nos Embargos de Declaração na Reclamação nº 1905 São Paulo**. ASSISTÊNCIA JUDICIÁRIA GRATUITA - PESSOA JURÍDICA. Ao contrário do que ocorre relativamente às pessoas naturais, não basta a pessoa jurídica asseverar a insuficiência de recursos, devendo comprovar, isto sim, o fato de se encontrar em situação inviabilizadora da assunção dos ônus decorrentes do ingresso em juízo. Agravante: PAM Brasil Transportes Rodoviários LTDA. Agravado: 4º Vice-Presidente do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo. Relator: Marco Aurélio, 15 de agosto de 2002. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur98145/false>. Acesso em: 18 fev. 2023.

titulares de alguns direitos fundamentais compatíveis com sua peculiar natureza. Deveras, vários dos direitos enumerados nos incisos do artigo 5º são extensíveis às pessoas jurídicas, como, por exemplo, o princípio da isonomia, da legalidade, o direito de propriedade e até mesmo direitos à honra e à imagem, que, uma vez afrontados, ensejam a devida reparação pecuniária — de acordo com a Súmula nº 227 do Superior Tribunal de Justiça⁴³⁵, pessoas jurídicas podem experimentar abalo moral. Outros direitos são assegurados especificamente às pessoas jurídicas, como, no caso das associações, o direito de representar seus filiados (artigo 5º, inciso XXI) e o de não serem compulsoriamente dissolvidas, exceto por decisão judicial transitada em julgado (artigo 5º, inciso XXI).

A ampliação da titularidade de direitos fundamentais às pessoas jurídicas, conforme Sarlet, se presta à proteção dos direitos das pessoas naturais, “além do que em muitos casos é mediante a tutela da pessoa jurídica que se alcança uma melhor proteção dos indivíduos.”⁴³⁶

3.3.2 O direito à informação e o Direito de Acesso à Informação

3.3.2.1 Distinção e recorte

De saída, cumpre ressaltar que este trabalho perfilha a distinção entre direito à informação, Direito de Acesso à Informação e direito de informar traçada por Sarlet, Marinoni e Mitidiero, a saber:

O direito à informação (no sentido de direito a ser informado), que inclui o direito de acesso à informação (a prerrogativa de poder acessar informações), não se confunde com a liberdade de informação (o direito de informar), embora tenha com a mesma fortes pontos de contato e corresponda a uma particular dimensão desta última. As três figuras se fazem presentes atualmente tanto nos catálogos de direitos e fundamentais das constituições

⁴³⁵ BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **Súmula nº 227**. A pessoa jurídica pode sofrer dano moral. Brasília, DF: Superior Tribunal de Justiça, [1999]. Disponível em: https://www.stj.jus.br/docs_internet/revista/electronica/stj-revista-sumulas-2011_17_capSumula227.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

⁴³⁶ SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. *E-book* (não paginado).

democráticas e encontram previsão no sistema internacional de reconhecimento dos direitos humanos.⁴³⁷

Em similar lição, assinala Wilson Steinmetz:

O direito fundamental de acesso à informação é um dos direitos constitucionais relativos à informação. É o direito de se informar. Os outros são o direito de informar – decorrente da liberdade de manifestação do pensamento (art. 5º, IV) e da liberdade de comunicação (art. 5º, IX) e também do que prescreve o art. 220, caput, e § 1º – e o direito de ser informado (art. 5º, XXIII). Não obstante sejam juridicamente distintos, os direitos relativos à informação possuem entre si uma forte conexão material. Isso é especialmente claro em relação ao direito de informar e ao direito de se informar.⁴³⁸

Referido autor define o Direito de Acesso à Informação como aquele que “protege, *prima facie*, as ações ou condutas de procura, levantamento, consulta, pesquisa, coleta ou recebimento de informações”, destacando que seu titular “tem um direito a que os Poderes Públicos e, em certos casos, também os particulares não obstaculizem ou impeçam essas ações.”⁴³⁹

Por outro lado, acerca das citadas conformações, quais sejam, direito a ser informado, direito de poder acessar informações e direito de informar, apenas as duas primeiras inserem-se nos limites do presente trabalho.

Com efeito, será objeto de análise o direito à informação — assim entendido como o direito de receber e de acessar informações —, mas não o direito de informar, seja individual, seja na seara da liberdade de informação jornalística ou da liberdade de comunicação em geral.

⁴³⁷ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴³⁸ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

⁴³⁹ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

3.3.2.2 O direito à informação na CRFB

O direito à informação foi cristalizado pelo constituinte de 1988 como direito fundamental com dupla menção no catálogo do artigo 5º. A primeira, insculpida no inciso XIV, estabelece que “é assegurado a todos o acesso à informação e resguardado o sigilo da fonte, quando necessário ao exercício profissional”⁴⁴⁰. A segunda, prevista no inciso XXXIII, preconiza que

todos têm direito a receber dos órgãos públicos informações de seu interesse particular, ou de interesse coletivo ou geral, que serão prestadas no prazo da lei, sob pena de responsabilidade, ressalvadas aquelas cujo sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado.

Ao cotejar tais dispositivos, anota a doutrina⁴⁴¹ que

não se vislumbra repetição ou redundância, porque, enquanto o inciso XIV possui caráter geral, assegurando o direito à informação perante o particular ou o Estado, o inciso XXXIII enfatiza o direito de acessar a informação exclusivamente perante os órgãos públicos.

Constata-se ainda menção constitucional ao direito à informação no § 2º do artigo 216, ao preconizar que “cabem à administração pública, na forma da lei, a gestão da documentação governamental e as providências para franquear sua consulta a quantos dela necessitem”, bem assim no artigo 37, § 3º, inciso II, que dispõe:

Art. 37. [...]

§ 3º A lei disciplinará as formas de participação do usuário na administração pública direta e indireta, regulando especialmente:
[...]

II - o acesso dos usuários a registros administrativos e a informações sobre atos de governo, observado o disposto no art. 5º, X e XXXIII;

⁴⁴⁰ “Na primeira parte do texto a informação é assegurada a todos. Na segunda parte é dada uma garantia às profissões ligadas à informação, de guardar sigilo de suas fontes, se esse sigilo for realmente necessário para o exercício profissional.” — MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito à informação e meio ambiente**. 2. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Malheiros, 2018. p. 55.

⁴⁴¹ FIGUEIREDO, Lúcia Valle. **Curso de Direito Administrativo**. 9. ed. rev., ampl. e atual. até a Emenda Constitucional 56/2007. São Paulo: Malheiros, 2008. p. 62-63.

Os dispositivos constitucionais em exame permitem verificar que

O direito de acesso à informação desdobra-se em duas direções. Em primeiro lugar, cada indivíduo tem o direito de ter acesso a informações acerca de si próprio, mas que estejam sob poder do Estado. Esse primeiro aspecto do tema se vincula a interesses como a privacidade, o poder do indivíduo de controlar suas informações pessoais e, eventualmente, a proteção contra discriminações. Em segundo lugar, o acesso à informação diz respeito ao direito de todos, e de cada um, de ter acesso em caráter permanente a informações sobre os atos públicos de interesse geral [...]. O art. 5º, XXXIII, identifica como objeto desse aspecto do direito “informação de interesse coletivo ou geral”. O art. 37, § 3º, II, de forma mais específica, menciona o direito de ter acesso a registros administrativos e a informações sobre atos de governo.⁴⁴²

Abre-se um breve parêntese para evocar lição doutrinária reveladora de que o direito à informação e a eficiência administrativa, no caso específico da prestação de serviços públicos, encontram-se umbilicalmente associados por força do parágrafo 3º do artigo 37 da CRFB:

[...] a EC n. 19/98 também alterou o art. 37, § 3º, da CF, determinando-o como um instrumento para que os indivíduos possam exercer efetivamente sua cidadania e exigir eficiência, permitindo que a lei discipline as formas de participação do usuário na administração direta e indireta, regule as reclamações relativas à prestação dos serviços públicos em geral, garanta o acesso dos usuários a registros administrativos e informações sobre atos de governo e regulamente a representação contra o exercício negligente ou abusivo dos cargos, empregos e funções públicas. Esse, com certeza, é um excelente instrumento para a efetivação do princípio da eficiência.⁴⁴³

Não é demasiado lembrar, finalmente, da garantia⁴⁴⁴ processual consubstanciada no *habeas data*, ação constitucional destinada a “assegurar o

⁴⁴² BARCELLOS, Ana Paula de. **Curso de direito constitucional**. Rio de Janeiro: Forense, 2018. *E-book* (não paginado).

⁴⁴³ MARINELA, Fernanda. **Direito administrativo**. *E-book* (não paginado).

⁴⁴⁴ “Direitos são bens da vida que as normas jurídicas consagram, garantias são os instrumentos previstos em normas jurídicas para assegurar a plena fruição desses bens, dos direitos. [...] Essencialmente, tudo o que o indivíduo pode juridicamente gozar é um direito, tudo o que for previsto para assegurar esse gozo é uma garantia. Os direitos existem de forma autônoma, já as garantias têm caráter acessório, instrumental, pois se prestam à proteção de algum direito. [...] Garantias são, portanto, instituições jurídicas que instrumentalizam o indivíduo na defesa de seus direitos junto aos Poderes da República, em especial o Judiciário, garantindo a efetividade dos direitos fundamentais declarados na Constituição. A título exemplificativo, podemos citar o *habeas corpus*, o *habeas data*, o mandado de segurança, o mandado de injunção, a ação popular etc. Por oportuno, esclarecemos que [...] as garantias fundamentais [...] não passam de

conhecimento de informações relativas à pessoa do impetrante, constantes de registros ou bancos de dados de entidades governamentais ou de caráter público” (inciso LXXII do art. 5º).

3.3.2.3 Objeto do direito à informação

Embora nossa Carta Política não defina o que é informação, pode-se, de forma geral, interpretar o vocábulo de maneira ampla, compreendo-o como “qualquer juízo de fato ou de valor sobre pessoas, coisas, fatos, relações, ideias, conceitos, representações, opiniões, crenças etc.”⁴⁴⁵

Por conseguinte, resta igualmente ampliado o objeto do direito à informação (no sentido do direito de receber e de poder acessar informações) para alcançar

toda e qualquer informação, incluindo [...] o direito de acesso às informações em poder do Estado e entidades públicas ou, como definido pela legislação específica que regula o acesso a tais informações, desde que não importe em restrição ilegítima sob o ponto de vista constitucional do objeto do direito.⁴⁴⁶

Via de regra, pois, tem-se por protegido o direito de acesso “a qualquer tipo de informação, independentemente de conteúdo, relevância, finalidade, âmbito de vida ou fronteiras.”⁴⁴⁷

direitos previstos para a proteção de outros direitos. Logo, também integram os direitos fundamentais.” — MOTTA, Sylvio. **Direito Constitucional: teoria, jurisprudência e questões**. 27. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2018. *E-book* (não paginado).

⁴⁴⁵ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

⁴⁴⁶ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴⁴⁷ Wilson Steinmetz refere-se a “estrangeiros residentes”, em interpretação aparentemente mais literal do texto do *caput* do art. 5º da CRFB — STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

Contudo, já se adiantou, o direito fundamental à informação (direito de ser informado e de ter acesso a informações) não é absoluto^{448 449}, podendo haver delimitação do âmbito de sua proteção “em favor de outros direitos ou bens constitucionalmente protegidos (e.g., segurança nacional, segredo de justiça, ordem pública, honra, imagem, intimidade, vida privada)”, sempre com a ressalva de que “eventuais restrições legislativas ou judiciais estão sujeitas ao exame de proporcionalidade”, sem a qual tais “restrições carecem de legitimidade constitucional.”⁴⁵⁰

3.3.2.4 Titulares e sujeitos passivos

São titulares do direito à informação tanto pessoas naturais, brasileiros (natos ou naturalizados) e estrangeiros⁴⁵¹, quanto pessoas jurídicas, o que não afasta “eventuais restrições também quanto a titularidade em

⁴⁴⁸ No mesmo sentido, referindo-se ao inciso XXXIII do art. 5º, inciso II do § 3º do art. 37 e § 2º do art. 216 da CRFB, dispositivos de aplicação disciplinada pela Lei nº 12.527/2011, Marcelo Alexandrino e Vicente Paulo afirmam que “o direito à informação não é absoluto, como, aliás, acontece com todos os direitos fundamentais” — ALEXANDRINO, Marcelo, PAULO, Vicente. **Direito Administrativo Descomplicado**. 29. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Método, 2021. p. 210-211.

⁴⁴⁹ Embora excedam o escopo do presente trabalho, é preciso tecer algumas breves considerações sobre as restrições ao Direito de Acesso à Informação. Afora as restrições traçadas pela CRFB (como a que, em certas circunstâncias, assegura o sigilo da fonte), há outras previstas na legislação infraconstitucional. A Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), ao tempo em que assegura a oferta ao cidadão de informações produzidas ou custodiadas por órgãos e entidades públicas, estabelece as seguintes restrições: (i) informações classificadas em grau de sigilo reservado secreto ou ultrassecreto, nos termos da própria lei — artigos 23 a 30; (ii) informações protegidas por outras leis, como os segredos de justiça e industrial e sigilos fiscal e bancário — *vide* artigo 22; e, (iii) informações pessoais, relativas à intimidade, vida privada, honra e imagem das pessoas — artigo 31. Ainda no campo da legislação infraconstitucional, há que se registrar a existência de restrições estabelecidas na Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018, autointitulada Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que “dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural” — artigo 1º.

⁴⁵⁰ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

⁴⁵¹ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

determinadas situações, em especial quando se trata de acesso a informações em poder dos órgãos estatais”⁴⁵².

São sujeitos passivos (destinatários) os Poderes Públicos, assim como os particulares. “Para exemplificar, um hospital privado que negar ao paciente acesso ao teor de seu prontuário clínico estará violando o direito fundamental de acesso à informação.”⁴⁵³

A fim de demonstrar que o particular pode ostentar a condição de sujeito passivo por motivos relacionados apenas indiretamente à Constituição, argumenta Sarlet que há diferentes níveis de vinculação dos destinatários,

o que decorre, em parte, já do próprio texto constitucional (arts. 5.º, XXXIII, e 139, III), assim como da legislação infraconstitucional e da jurisprudência, destacando-se aqui o fato de a Lei de Acesso à Informação (Lei 12.527/11) dispor que o dever de disponibilizar e prestar informações abarca todos os órgãos públicos da administração direta e indireta de todos os níveis da Federação, de todos os órgãos estatais, empresas públicas, fundações, sociedades de economia mista, assim como entidades privadas que de algum modo tenham recebido ou recebam recursos públicos, neste caso apenas no que diz respeito às informações relativas aos recursos recebidos (arts. 1.º e 2.º).⁴⁵⁴

3.3.2.5 Dimensões subjetiva e objetiva

Os direitos fundamentais podem ser classificados sob duplo enfoque, um subjetivo e outro objetivo, assentando que tais direitos são, simultaneamente, direitos subjetivos e elementos essenciais da ordem constitucional objetiva. Assim,

Enquanto direitos subjetivos, os direitos fundamentais outorgam aos titulares a prerrogativa de impor os seus interesses em face dos órgãos obrigados. Por outro lado, em sua dimensão objetiva, os

⁴⁵² SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴⁵³ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

⁴⁵⁴ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

direitos fundamentais formam a base do ordenamento jurídico de um Estado de Direito democrático.⁴⁵⁵

A perspectiva objetiva repercute significativamente no mundo jurídico porque implica “que o direito fundamental não seja considerado exclusivamente sob perspectiva individualista, mas, igualmente, que o bem por ele tutelado seja visto como um valor em si, a ser preservado e fomentado”⁴⁵⁶.

A exemplo dos direitos fundamentais em geral, o direito à informação também apresenta dupla dimensão subjetiva e objetiva.

À luz de sua dimensão subjetiva, o direito à informação se apresenta não só como “um conjunto de posições subjetivas de natureza negativa (defensiva), como é o caso do direito de não ser impedido de se informar e a faculdade de não se informar”, mas também como um direito de cunho positivo, “no sentido de um direito a prestações de natureza informativa e um direito à proteção e mesmo participação na organização e no procedimento”⁴⁵⁷.

Sob a ótica da dimensão objetiva, o direito à informação acentua o papel da publicidade e da transparência no âmbito do Poder Público, elementos indispensáveis a um Estado Democrático de Direito e à garantia do pluralismo político, a implicar “tanto a existência de um dever de proteção estatal e correlatos deveres na seara organizatória e procedimental”⁴⁵⁸.

3.3.3 *Chatbots* e Direito de Acesso à Informação

Consequência imediata da perspectiva objetiva do direito à informação, ao Estado não basta garantir o direito geral de ser informado e de Acesso à Informação, devendo “assegurar um sistema informacional funcional, de

⁴⁵⁵ MASSON, Nathalia. Manual de direito constitucional. p. 220.

⁴⁵⁶ MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴⁵⁷ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁴⁵⁸ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

modo que cada cidadão possa efetivamente ter condições de se informar sobre os assuntos essenciais para o Estado Democrático”⁴⁵⁹.

Em consonância com tal posicionamento doutrinário, a **Lei nº 12.527/2011**, denominada *Lei de Acesso à Informação*, de ampla vinculação, conforme se deduz de seus dois artigos iniciais⁴⁶⁰, ao disciplinar “o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal”⁴⁶¹, estabeleceu conceitos, princípios e diretrizes atinentes àquele direito fundamental, fixando ainda os procedimentos quanto ao acesso, normas quanto à divulgação e regras quanto às restrições ao exercício deste direito, bem como as responsabilidades de agentes públicos e de militares.

Da análise do referido Diploma Legal, percebe-se que *várias de suas prescrições podem ser implementadas por Chatbots*, tais como de “divulgação de informações de interesse público, independentemente de solicitações” (art. 3º, inciso II), de “utilização de meios de comunicação viabilizados pela tecnologia da informação” (art. 3º, inciso III), de “desenvolvimento do controle social da administração pública” (art. 3º, inciso V), de que “é dever do Estado garantir o direito de acesso à informação, que será franqueada, mediante procedimentos objetivos

⁴⁵⁹ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. E-book (não paginado).

⁴⁶⁰ “Além dos entes que compõem a Administração Direta, o parágrafo único do art. 1º determina que também estão subordinados às regras dessa lei os órgãos públicos integrantes da administração direta dos Poderes Executivo, Legislativo, incluindo as Cortes de Contas, e Judiciário e do Ministério Público; as autarquias, as fundações públicas, as empresas públicas, as sociedades de economia mista e demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios. O art. 2º amplia, ainda, a aplicação da lei, no que couber, às entidades privadas sem fins lucrativos que recebam, para realização de ações de interesse público, recursos públicos diretamente do orçamento ou mediante subvenções sociais, contrato de gestão, termo de parceria, convênios, acordo, ajustes ou outros instrumentos congêneres. Entretanto, o parágrafo único do art. 2º afirma que a publicidade a que estão submetidas as entidades citadas no caput refere-se à parcela dos recursos públicos recebidos e à sua destinação, sem prejuízo das prestações de contas a que estejam legalmente obrigadas.” — MARINELA, Fernanda. **Direito administrativo**. E-book (não paginado).

⁴⁶¹ BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2011]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

e ágeis, de forma transparente, clara e em linguagem de fácil compreensão” (art. 5º), de “gestão transparente da informação, propiciando amplo acesso a ela e sua divulgação” (art. 6º, inciso I), de “orientação sobre os procedimentos para a consecução de acesso, bem como sobre o local onde poderá ser encontrada ou obtida a informação almejada” (art. 7º, inciso I), de fornecimento/obtenção de todas as informações referidas nos demais incisos do artigo 7º e de divulgação de todas as informações referidas no *caput* e parágrafo 1º do artigo 8º.

Em síntese, *Chatbots* se apresentam como uma importante ferramenta, também, em prol do Direito Fundamental de Acesso à Informação, capaz de habilmente concretizar aquele imperativo constitucional, porque possibilitam ao administrado obter informações de maneira fácil, assertiva, com menor custo e maior eficiência, independentemente da mediação de um agente público.

3.4 O PRISMA DA SUSTENTABILIDADE

3.4.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável⁴⁶²

O severo desequilíbrio ambiental firmou-se, nos últimos anos, como concreta ameaça à existência humana. Nas palavras de Juarez Freitas:

Ao que tudo indica, nos próximos milhões de anos, o planeta não será extinto. A humanidade é que corre real perigo. A gravidade das questões ambientais encontra-se, no presente estágio, isenta de dúvidas, em pontos fulcrais. O peso dessa ou daquela causa, sim, pode ser debatido, porém a crise ambiental é indesmentível.⁴⁶³

A proteção ambiental, multifacetada que é, encerra desafios variados e interdisciplinares⁴⁶⁴, cuja compreensão perpassa inexoravelmente pela noção primeira de Sustentabilidade.

⁴⁶² Texto extraído do artigo elaborado por David Matalon Neto como requisito para aprovação no módulo “Tributação Ambiental” ministrado no curso de Mestrado em Ciência Jurídica da Universidade do Vale do Itajaí.

⁴⁶³ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁶⁴ Razão pela qual Juarez Freitas qualifica a sustentabilidade como “princípio gerador de obrigações pluridimensionais”. — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

Pontificam Cruz e Ferrer⁴⁶⁵ que a Sustentabilidade “não é nada mais do que um processo mediante o qual se tenta construir uma sociedade global capaz de se perpetuar indefinidamente no tempo em condições que garantam a dignidade humana”. Uma vez alcançado tal ideal social, “será sustentável tudo aquilo que contribua com esse processo e insustentável será aquilo que se afaste dele”.

Nessa linha de pensamento, Veiga entende que “o foco do debate sobre a sustentabilidade está na esperança de que a humanidade deixe de abreviar o prazo de sua inevitável extinção se souber cuidar da biocapacidade dos ecossistemas dos quais depende.”⁴⁶⁶

Similar noção oferece Boff⁴⁶⁷ ao teorizar que a Sustentabilidade corresponde, em essência, ao

“conjunto dos processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades da presente e das futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões.”

José Joaquim Gomes Canotilho⁴⁶⁸ observa que a Sustentabilidade consiste num princípio aberto, e, portanto, de difícil conceituação. A exemplo da democracia, liberdade, juridicidade e igualdade, princípios igualmente estruturantes do Estado Constitucional, a Sustentabilidade “não transporta soluções prontas, vivendo de ponderações e de decisões problemáticas”. Em que pese tal dificuldade, o autor português destaca, como “imperativo categórico que está na gênese do

⁴⁶⁵ CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. **Revista Seqüência**, Florianópolis, v. 36, n. 71, p. 239-278, dez. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2015v36n71p239>. Acesso em: 15 jul. 2021. p. 240.

⁴⁶⁶ VEIGA, José Eli da. **Para entender o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora 34, 2015. *E-book*. p. 64.

⁴⁶⁷ BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017. *E-book*. p. 11.

⁴⁶⁸ CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O Princípio da sustentabilidade como Princípio estruturante do Direito Constitucional. **Tékhnê**, Barcelos, v. 8, n. 13, p. 7-18, jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-99112010000100002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 15 jul. 2021. p. 8-9.

princípio da sustentabilidade”, que os seres humanos “devem organizar os seus comportamentos e ações de forma a não viverem: (i) à custa da natureza; (ii) à custa de outros seres humanos; (iii) à custa de outras nações; (iv) à custa de outras gerações.”

A compreensão da Sustentabilidade como princípio também é perfilhada por Paulo Márcio Cruz e Zenildo Bodnar⁴⁶⁹, que destacam seu potencial para consolidar-se como novo paradigma indutor do Direito com vocação de aplicabilidade em escala global:

[...] com o cenário transnacional atual surge a necessidade da emergência e da consolidação de um novo paradigma do Direito que deve ser mais dúctil e operacionalmente adequado para a produção dialética e democrática de um repertório de argumentos mais densos e legítimos no atual contexto de complexidade. A sustentabilidade emerge, naturalmente, como grande potencial axiológico para ser aplicada e reconhecida na centralidade desta nova ordem jurídica altamente complexa, plural e transnacionalizada.⁴⁷⁰

Já na visão de Freitas, a Sustentabilidade viceja de um almejado estilo de vida⁴⁷¹ e, sob o aspecto jurídico-normativo, classifica-se como princípio de assento constitucional que tem como fim último garantir a todos um permanente estado de bem-estar:

[...] é o princípio constitucional que determina, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente inclusivo, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar,

⁴⁶⁹ “[...] a compreensão da sustentabilidade, enquanto princípio indutor do novo paradigma do direito deve resultar do aporte cognitivo fornecido pela sociologia, economia e também pela filosofia.” — CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. **Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade**. Itajaí: UNIVALI, 2012. *E-book*. Disponível em: <https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Documents/ecjs/E-book%202012%20GLOBALIZA%C3%87%C3%83O,%20TRANSNACIONALIDADE%20E%20SUSTENTABILIDADE.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2022. p. 54.

⁴⁷⁰ CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. *Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade*. p. 48-49.

⁴⁷¹ “[...] a sustentabilidade suscita autêntica transformação do estilo de vida, em todas áreas, como parte do projeto maior da religação homeostática (mantidas as diferenças) e da responsabilidade compartilhada.” — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. *E-book* (não paginado).

preferencialmente de modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar.⁴⁷²

A partir do conceito oferecido por Freitas, tem-se que o direito ao bem-estar material e imaterial⁴⁷³, por ser um objetivo multifacetado, também induz naturalmente a pluridimensionalidade da própria Sustentabilidade.

Para a doutrina clássica, a categoria Sustentabilidade é tripartite, compreendendo as dimensões ambiental, social e econômica⁴⁷⁴.

A dimensão ambiental ou ecológica é, de todas, a mais conhecida. Concerne à qualidade ambiental, em todos os seus enfoques, não só como direito das atuais e das futuras gerações⁴⁷⁵, mas também como condição essencial à perpetuação da espécie humana. Nesse sentido:

(a) não existe longevidade digna em ambiente degradado e, que é mais importante, no limite, (b) não pode haver sequer vida humana sem o zeloso resguardo da sustentabilidade ambiental, em tempo útil, donde segue que (c) ou se protege a qualidade ambiental ou, simplesmente, não haverá futuro para a nossa espécie.⁴⁷⁶

Para José Joaquim Gomes Canotilho,

a sustentabilidade ecológica deve impor: (1) que a taxa de consumo de recursos renováveis não pode ser maior que a sua taxa de regeneração; (2) que os recursos não renováveis devem ser utilizados em termos de poupança ecologicamente racional, de forma que as futuras gerações possam também, futuramente, dispor destes (princípio da eficiência, princípio da substituição

⁴⁷² FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁷³ “De fato, a sustentabilidade, indo além do Relatório Brundtland, assume as demandas concernentes ao bem-estar físico e psíquico, não se atendo ao atendimento das necessidades materiais e o faz sem ampliar os riscos suscitados, em escala industrial, pelo próprio ser humano.” — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁷⁴ “[...] pelo menos desde a Cúpula de Johannesburgo fala-se com toda clareza das três dimensões da Sustentabilidade: a social, a ambiental e a econômica.” — CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. *Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos*. p. 240.

⁴⁷⁵ “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” — BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

⁴⁷⁶ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

tecnológica, etc.); (3) que os volumes de poluição não possam ultrapassar quantitativa e qualitativamente a capacidade de regeneração dos meios físicos e ambientais; (4) que a medida temporal das “agressões” humanas esteja numa relação equilibrada com o processo de renovação temporal; (5) que as ingerências “nucleares” na natureza devem primeiro evitar-se e, a título subsidiário, compensar-se e restituir-se.⁴⁷⁷

Como se percebe, o compromisso das gerações atuais não se limita a assegurar às futuras igual quantidade e qualidade de recursos naturais. Tendo a degradação ambiental, em diversos aspectos, chegado a níveis críticos, já não é suficiente simplesmente preservar os elementos bióticos e abióticos, mas reverter, na medida do possível, os danos causados em larga medida por fatores antrópicos. Ingo Sarlet e Tiago Fensterseifer assim enunciam a ideia:

Até por uma questão de justiça entre gerações humanas, a geração presente teria a responsabilidade de deixar como legado às gerações futuras condições ambientais idênticas ou melhores do que aquelas recebidas das gerações passadas, estando a geração vivente, portanto, vedada a alterar em termos negativos as condições ecológicas, até por força do princípio da proibição de retrocesso socioambiental e do dever (do Estado e dos particulares) de melhoria progressiva da qualidade ambiental.⁴⁷⁸

Sob o aspecto econômico, a Sustentabilidade alcançou expressiva visibilidade, porquanto a base produtiva repousa inexoravelmente sobre os recursos naturais, vale dizer, depende do que é gerado pela natureza, especialmente em relação à energia⁴⁷⁹.

A promoção da Sustentabilidade econômica implica harmonizar a preservação ambiental com as práticas do mercado. Afinal, conforme assinalada

⁴⁷⁷ CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O Princípio da sustentabilidade como Princípio estruturante do Direito Constitucional. p. 9.

⁴⁷⁸ SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. Notas sobre a proibição de retrocesso em matéria (socio) ambiental. *In*: PRIEUR, Michel *et al.* **O princípio da proibição de retrocesso ambiental**. Brasília: Senado Federal, 2011. p. 121-206. *E-book*. Disponível em: <http://www2.senado.gov.br/bdsf/item/id/242559>. Acesso em: 8 fev. 2023. p. 159.

⁴⁷⁹ CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade. p. 50-51.

Freitas, “o que interessa é a sustentabilidade nortear o desenvolvimento, não o contrário.”⁴⁸⁰

Advertem Paulo Márcio Cruz e Gabriel Real Ferrer⁴⁸¹, porém, que a Sustentabilidade econômica impõe duplo desafio: “por um lado, aumentar a geração de riqueza, de um modo ambientalmente sustentável e, por outro, encontrar os mecanismos para a sua mais justa e homogênea distribuição”.

A dimensão social, por outro lado, repousa exatamente na redução das desigualdades sociais, no combate à concentração de riquezas e na promoção do acesso à moradia, alimentação, educação, saúde, entre outros direitos classificados como sociais – artigo 6º da Constituição Federal – ou ínsitos ao princípio constitucional da Dignidade da Pessoa Humana – artigo 1º, III, da Magna Carta⁴⁸².

Acerca da especial relevância da Sustentabilidade social, Paulo Márcio Cruz e Zenildo Bodnar elucidam que:

Um dos objetivos mais importantes de qualquer projeto de futuro com sustentabilidade é a busca constante pela melhora das condições sociais das populações mais fragilizadas socialmente. Isso porque os problemas sociais e ambientais estão necessariamente interligados e somente será possível tutelar adequadamente o meio ambiente com a melhora das condições gerais destas populações.⁴⁸³

E depois,

[...] não se admite o modelo do desenvolvimento excludente, insensível e iníquo. De nada serve cogitar da sobrevivência

⁴⁸⁰ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁸¹ CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. p. 244.

⁴⁸² GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; GARCIA, Heloise Siqueira. Dimensão social do princípio da sustentabilidade: uma análise do mínimo existencial ecológico. *In*: SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes; GARCIA, Heloise Siqueira (org.) **Lineamentos sobre sustentabilidade segundo Gabriel Real Ferrer**. Itajaí: UNIVALI, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 15 mar. 2021. p. 44-45.

⁴⁸³ CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade. p. 113.

enfasiada de poucos, encarcerados no estilo oligárquico, relapso e indiferente, que nega a conexão dos seres vivos, a ligação de tudo e, mais grave, sabota a condição imaterial do desenvolvimento. Logo, não pode haver, sob a égide do paradigma da sustentabilidade, espaço para a simplificação mutiladora, nem para a discriminação negativa (inclusive de gênero, como realça o ODS 5, da Agenda 2030). Válidas são apenas as distinções voltadas a auxiliar os desfavorecidos, mediante ações positivas e intervenções empáticas e altruístas (efetivamente recompensadoras) que permitem fazer frente à pobreza (material e cognitiva), segundo métricas confiáveis, que contemplem os efeitos oblíquos das mazelas socioambientais.⁴⁸⁴

Para além do tripé clássico, Juarez Freitas⁴⁸⁵ defende a existência de cinco dimensões, com acréscimo das dimensões ética e a jurídico-política. Para ele, a dimensão ética decorre da ligação intersubjetiva e natural de todos os seres, destacando o senso cooperativo como atributo evolutivo essencial à preservação da vida⁴⁸⁶. Apresenta ainda a dimensão jurídico-política⁴⁸⁷ como dever constitucional de proteger a liberdade de cada pessoa, titular de cidadania ambiental, “no processo de estipulação intersubjetiva do conteúdo intertemporal de direitos e deveres fundamentais das gerações presentes e futuras, sempre que possível diretamente”⁴⁸⁸.

Há que se destacar, ainda, a crescente consolidação e importância da chamada dimensão tecnológica da Sustentabilidade, tal como trabalhada por Paulo Márcio Cruz, Gabriel Real Ferrer e Zenildo Bodnar, que irrompe num contexto de evolução tecnológica mundial sem precedentes:

⁴⁸⁴ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁸⁵ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁸⁶ Segundo Freitas, a dimensão ética da sustentabilidade compreende, em síntese: “(a) a ligação de toda vida, acima do antropocentrismo estrito, (b) o impacto retroalimentador de ações e omissões, (c) a exigência de universalização concreta do bem-estar e (d) o engajamento na causa que, sem negar a dignidade humana, proclama a dignidade dos seres vivos em geral.” — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁸⁷ Para Freitas, a dimensão jurídico-política resguarda, entre outros direitos fundamentais: o direito à longevidade digna, à alimentação sem excessos e carências, ao ambiente limpo, à educação de qualidade, à democracia, à informação livre e de conteúdo qualificado, ao processo judicial e administrativo com desfecho tempestivo, à segurança, à renda oriunda do trabalho decente, à boa administração pública e à moradia digna — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁴⁸⁸ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

A sustentabilidade foi inicialmente construída a partir de uma tríplice dimensão: ambiental, social e econômica. Na atual sociedade do conhecimento é imprescindível que também seja adicionada a dimensão tecnológica, pois é a inteligência humana individual e coletiva acumulada e multiplicada que poderá garantir um futuro sustentável.⁴⁸⁹

Apesar das surpreendentes inovações tecnológicas, ressoa cristalina a premência de mecanismos eficazes de ordenação dos processos modernos, apresentando-se a dimensão tecnológica como força capaz de potencializar as demais dimensões tradicionais da Sustentabilidade.

Não se pode perder de vista que dimensões da Sustentabilidade estão intimamente interligadas e repercutem umas nas outras, atuando de forma sistêmica, razão pela qual não devem ser analisadas isoladamente⁴⁹⁰. Consequência disso, não há hierarquia entre as dimensões, devendo-se idealmente prestigiá-las todas de forma isonômica e equilibrada ou, ao menos, minorar o sacrifício de uma em detrimento de outra⁴⁹¹. Em uníssono, argumentam Sarlet e Fensterseifer⁴⁹²:

“[...] a própria noção de sustentabilidade deve ser tomada a partir dos eixos econômico, social e ambiental. Tais eixos, contudo, devem ser concebidos e aplicados de forma isonômica e equilibrada, refutando-se, consoante já frisado, toda e qualquer hierarquização prévia, notadamente pelo fato de que é no seu

⁴⁸⁹ CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade. p. 112.

⁴⁹⁰ “Tais dimensões (ética, jurídico-política, ambiental, social e econômica) se entrelaçam e se constituem mutuamente, na dialética da sustentabilidade, que não pode, sob o risco de irremediável prejuízo ecossistêmico, ser rompida ou bloqueada. Como sublinhado, não se trata de singela junção de características esparsas, mas de dimensões intimamente articuladas pelo pensamento sistemático, essenciais à modelagem do desenvolvimento fecundo.” — FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. *E-book* (não paginado).

⁴⁹¹ “Importante se observar que entre as dimensões deve haver um processo de horizontalidade quer-se, dizer que não deve haver hierarquia nas dimensões da sustentabilidade a fim de que não seja afetada alguma delas. Trata-se de um exercício complexo que nem sempre atingirá o equilíbrio entre as dimensões, mas tal deve ser o desiderato: observar se a dimensão que está sendo tratada não está prejudicando as demais, que estão em um mesmo nível, sempre objetivando não lhes prejudicar ou, no máximo, causar-lhes um menor impacto.” — SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de. Sustentabilidade corporativa: uma iniciativa de cunho social transformando o meio ambiente. **Revista Jurídica - Unicuritiba**, Curitiba, v. 4, n. 45, p. 245-262, 2016. p. 256.

⁴⁹² SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. *E-book*. p. 145.

conjunto que tais dimensões se prestam à promoção de uma existência digna na perspectiva de uma ‘economia verde’.”

Do ponto de vista da Economia, os diferentes enfoques conducentes à Sustentabilidade podem ser reunidos, conforme destaca Veiga⁴⁹³, em três vertentes básicas. Para a corrente tradicional, majoritária e mais influente, a consecução da Sustentabilidade sujeita-se diretamente ao fomento do crescimento econômico de maneira a elevar a renda per capita de um país para algo em torno de US\$ 20 mil. Acredita-se que, abaixo disso, o desenvolvimento não pode se preocupar com a proteção ambiental; acima dessa marca, haveria mais melhorias ambientais que degradações. A corrente chamada “ecológica”, por sua vez, defende que a Sustentabilidade depende de “um regime em que a qualidade de vida de uma sociedade segue melhorando, sem que isso continue a exigir significativa expansão de seu subsistema econômico”. Caberia então aos países altamente desenvolvidos fazer a transição para um modelo de prosperidade sem crescimento — batizado por economistas clássicos do século XIX como “condição estacionária” —, ao tempo em que contribuiriam com o desenvolvimento dos países menos favorecidos. Há ainda a corrente dos que buscam uma terceira via, acreditando que a sucessiva evolução do processo produtivo culminará na ecoeficiência de produtos e serviços, que serão capazes de satisfazer as necessidades humanas sem causar impactos ambientais e minimizando o uso de recursos naturais não renováveis. Dessa forma, a economia poderia continuar a crescer sem violar os limites ecológicos e sem exaurir os recursos naturais não renováveis.

Em comum, as três correntes acabam por esbarrar, de qualquer forma, no dilema do crescimento. Os críticos da primeira corrente apontam não haver evidências de que o crescimento econômico — que é estimado pela média — possa ensejar uma melhor distribuição de renda. Entre os opositores da segunda vertente, há os que a veem como a rejeição do capitalismo, os que são contrários a qualquer tipo de limitação ao crescimento econômico e os que ressaltam sua incompatibilidade com a democracia. A terceira corrente encontra obstáculo em

⁴⁹³ VEIGA, José Eli da. **Sustentabilidade**: a legitimação de um novo valor. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019. *E-book* (não paginado).

evidências históricas de que ganhos de eficiência energética ou no uso de determinados minerais metálicos não reduzem o consumo; antes, acarretam seu aumento por conta de investimentos em outros segmentos.

Diante desse cenário, pondera Veiga⁴⁹⁴ que a Sustentabilidade reclama um modelo macroeconômico que, infelizmente, ainda não existe: uma “macroeconomia que, além de reconhecer os sérios limites naturais à expansão das atividades econômicas, rompa com a lógica social do consumismo”.

No ponto, cumpre alertar que, apesar das possíveis opiniões em contrário, Sustentabilidade não se confunde com desenvolvimento sustentável; cuidam-se de categorias diversas, embora complementares.

Desenvolvimento sustentável é aquele que permite suprir às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras também possam fazê-lo. Essa definição, decerto a mais conhecida e aceita, foi consagrada no relatório denominado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland”, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas em 1987 sob a presidência de Gro Harlem Brundtland — médica que foi Ministra do Meio Ambiente e Primeira-Ministra da Noruega⁴⁹⁵.

Críticas ao Relatório Brundtland acusam-no de ter sido extremamente antropocêntrico. A medular preocupação com a satisfação das necessidades humanas, sem lhe estatuir limites ecológicos, conferiu à definição de desenvolvimento sustentável uma conotação reducionista.

Nessa esteira, as celeumas envolvendo as categorias Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável poderiam ter sido facilmente evitadas se a Comissão Brundtland tivesse primeiro apresentado a definição da

⁴⁹⁴ VEIGA, José Eli da. **Sustentabilidade**: a legitimação de um novo valor. *E-book* (não paginado).

⁴⁹⁵ Para saber mais: GRO Harlem Brundtland. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Gro_Harlem_Brundtland. Acesso em: 8 fev. 2023.

Sustentabilidade e, só após, com base nela, descrito o desenvolvimento sustentável. É o que observa Bosselmann⁴⁹⁶, acrescentando que:

Os defensores e críticos do conceito de desenvolvimento sustentável concordam que o significado original da sustentabilidade foi obscurecido pela definição de Brundtland. Eles discordam, porém, sobre a sustentabilidade ter sido substituída pelo desenvolvimento sustentável ao ponto de não ser mais relevante para a política e para produção legislativa.

As diversas formulações concebidas nos anos subsequentes mantiveram, em geral, a chamada equidade intergeracional como elemento fulcral, o que poderia sugerir certo consenso em torno daquela renomada definição de desenvolvimento sustentável. Todavia, o emprego do vocábulo “necessidades” aliado ao prestígio de que desfrutam os economistas modernos talvez tenha induzido a falsa percepção de que o desenvolvimento se resume a mero progresso material ou aumento de produtividade⁴⁹⁷.

Assim, o desafio de conciliar preservação ecológica e desenvolvimento socioeconômico, gerando, ainda assim, oportunidades empresariais, erigiu o desenvolvimento sustentável em um dos grandes desafios do mundo contemporâneo⁴⁹⁸.

Como se percebe, mesmo preocupado em salvaguardar o setor empresarial, o desenvolvimento sustentável não se reduz a simples crescimento econômico num contexto de preservação ambiental. O desenvolvimento aqui almejado é muito mais amplo, sendo dotado, ao menos, de contornos socioeconômicos.

⁴⁹⁶ BOSSELMANN, Klaus. **O princípio da sustentabilidade**: transformando direito e governança. Tradução de Phillip Gil França. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2015. p. 45.

⁴⁹⁷ VEIGA, José Eli da. Para entender o desenvolvimento sustentável. p. 6-7.

⁴⁹⁸ CRUZ, Paulo Márcio; SOARES, Josemar Sidnei. Critério ético e sustentabilidade na sociedade pós-moderna: impactos nas dimensões econômicas, transnacionais e jurídicas. **Revista Novos Estudos Jurídicos**, v. 17, n. 3, p. 401-418, set-dez 2012. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/nej/issue/view/224>. Acesso em: 27 jul. 2021. p. 404.

Para Boff⁴⁹⁹, o desenvolvimento deve ser compreendido em sua perspectiva integral, como “um processo econômico, social, cultural e político abrangente”, voltado ao sucessivo incremento do bem-estar da população como um todo e de cada um de seus membros, tendo como fundamento a “participação ativa, livre e significativa” do indivíduo, assim como a “justa distribuição dos benefícios” daí decorrentes.

De outra parte, na esteira das ideias de Amartya Kumar Sen⁵⁰⁰, indiano e Prêmio Nobel de Economia de 1998, defende Veiga⁵⁰¹ que a “expansão da liberdade se revela o principal meio e o principal fim do desenvolvimento”, motivo pelo qual consistiria o desenvolvimento “na eliminação de tudo o que limita as escolhas e as oportunidades das pessoas”, como pobreza, escassez de oportunidades econômicas, tirania, insuficiência de serviços públicos e de assistência social, marginalização social e política, entre outros. Para ele, o crescimento econômico é um importante instrumento de ampliação das liberdades dos membros de uma sociedade, mas as liberdades também dependem de outras fontes, como dos serviços de educação e saúde, e, principalmente, dos direitos civis. Em última análise, o desenvolvimento “abrange desde a proteção dos direitos humanos até o aprofundamento da democracia, passando pelo acesso à educação de qualidade e tudo o que isso implica em termos de inovação”.

Em que pesem as lúcidas propostas de alargar a percepção de desenvolvimento sustentável, conferindo-lhe alcance para além do singelo crescimento econômico, certo é que a Sustentabilidade desponta como ideal ainda maior, “como a meta global a ser atingida”, ao passo que o desenvolvimento sustentável figura como “um dos instrumentos que devem permitir sua consecução”.⁵⁰²

⁴⁹⁹ BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade**: o que é - o que não é. p. 42.

⁵⁰⁰ Para saber mais: AMARTYA sen. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Amartya_Sen. Acesso em: 8 fev. 2023.

⁵⁰¹ VEIGA, José Eli da. Para entender o desenvolvimento sustentável. p. 43.

⁵⁰² CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. p. 243.

Eis aí a distinção entre desenvolvimento sustentável e Sustentabilidade: esta denota um fim a ser colimado; aquele, um dos meios para alcançá-la. Nesse sentido, pontifica Souza:

As diferenças entre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável afloram com um processo em que a primeira se relaciona com o fim, enquanto o segundo com o meio. O Desenvolvimento Sustentável como meio para que seja possível obter equilíbrio entre o progresso, a industrialização, o consumo e a estabilidade ambiental, como objetivo a Sustentabilidade e o bem-estar da sociedade.⁵⁰³

Como se percebe, a par da evidente distinção conceitual entre Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, as categorias não são mutuamente exclusivas; antes, se integram harmonicamente⁵⁰⁴.

E no plano prático não é diferente, razão pela qual mostra-se descabido o entendimento de que o desenvolvimento é incompatível com a Sustentabilidade. Como é consabido, a complexa crise ambiental não promana exclusivamente das sociedades desenvolvidas, mas decorre também da pobreza que assola países subdesenvolvidos e emergentes. Ora, se a pobreza pode ser enfrentada pelo desenvolvimento, conclui-se que este, se devidamente articulado, favorece a própria Sustentabilidade.⁵⁰⁵

3.4.2 O papel do direito à informação no Estado Democrático e Socioambiental de Direito

Os desafios impostos pela grave crise ambiental não encontram solução adequada nos paradigmas do Estado Liberal ou no Estado Social. O Estado Democrático de Direito passa então a reclamar nova leitura, um novo

⁵⁰³ SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de. Sustentabilidade corporativa: uma iniciativa de cunho social transformando o meio ambiente. p. 249.

⁵⁰⁴ “De fato, a sustentabilidade, indo além do Relatório Brundtland, assume as demandas concernentes ao bem-estar físico e psíquico, não se atendo ao atendimento das necessidades materiais e o faz sem ampliar os riscos suscitados, em escala industrial, pelo próprio ser humano.” – FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁵⁰⁵ CRUZ, Paulo Márcio; SOARES, Josemar Sidnei. Critério ético e sustentabilidade na sociedade pós-moderna: impactos nas dimensões econômicas, transnacionais e jurídicas. p. 412.

enfoque, desta feita à luz do *direito fundamental ao meio ambiente*, nos termos do artigo 225 combinado com artigo 5º, § 2º, da CRFB:

O art. 225 estabelece um autêntico direito *fundamental*, já que o catálogo dos DF [direitos fundamentais] é materialmente aberto (art. 5º, § 2º). Como expressão de sua indivisibilidade, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado estende e reforça o significado dos direitos à vida (art. 5º, *caput*) e à saúde (arts. 6º, 196 s.), além da dignidade da pessoa humana (art. 1º, III), para garantir uma vida saudável e digna que propicie o desenvolvimento humano. Assim, o conceito da dignidade está aberto e em constante mutação, reconstruindo-se permanentemente em razão da evolução cultural de uma sociedade e da inserção de novos valores ao seu conteúdo, ampliando a condição existencial humana além da dimensão estritamente biológica.⁵⁰⁶

Como dito alhures, a questão da Sustentabilidade não se resume à perspectiva meramente ecológica, ostentando natureza multidimensional. Entre as dimensões da Sustentabilidade, a social detém importância icônica, porquanto a miséria e a pobreza, a par de outros fatores, além de atentarem contra a dignidade da pessoa humana, são infensas à preservação ambiental.

Via de consequência, surge o que a doutrina denomina de *Estado Democrático e Socioambiental de Direito*⁵⁰⁷, o Estado Democrático de Direito comprometido com a tutela integrada e interdependente “dos direitos sociais e dos direitos ecológicos, agrupados sob o rótulo genérico de *direitos fundamentais socioambientais* ou *direitos econômicos, sociais, culturais e ambientais* (DESCA)”⁵⁰⁸.

Bem entendido, a expressão “Estado Socioambiental” não designa preocupação exclusiva com direitos ditos ecológicos e sociais; antes, se ocupa dos

⁵⁰⁶ KRELL, Andreas Joachim. Artigo 225, *caput*. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book* (não paginado).

⁵⁰⁷ Entre outras nomenclaturas doutrinárias, tem-se: “Estado Pós-social, Estado Constitucional Ecológico, Estado de Direito Ambiental, Estado de Direito Ecológico, Estado Socioambiental, Estado do Ambiente, Estado Ambiental, Estado de Bem-Estar Ambiental, Estado Verde, Estado de Prevenção e Estado Sustentável.” — SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito ambiental**. p. 40.

⁵⁰⁸ SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito ambiental**. p. 41.

direitos econômicos, sociais, culturais e ambientais, todos igualmente enfeixados pela categoria pluridimensional da Sustentabilidade.

De outra parte, nosso *Estado (Socioambiental) de Direito* também se apresenta como *Estado Democrático*, porque assim o qualifica o artigo 1^a, *caput*, de nossa Carta Política. Democracia, nos termos do parágrafo único do artigo 1^o da CF/88, significa que “todo o poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição” — a expressão “diretamente” denota uma democracia participativa. Porém, essa democracia participativa não se limita ao voto, admitindo-se outras importantes formas de participação pública nas mais diversas searas.

Na esfera constitucional, o direito à participação (artigo 1^o, inciso II⁵⁰⁹ e parágrafo único) contempla, além do direito de sufrágio (artigos 14 e seguintes), os seguintes instrumentos de participação pública: a iniciativa popular de lei (artigo 14, inciso III, artigo 29, inciso XIII, artigo 61, § 2^o, da CF/88 e Lei n^o 9.709/98), o plebiscito (artigo 14, inciso I, da CF/88 e Lei n^o 9.709/98) e o referendo (artigo 14, inciso II, da CF/88 e Lei n^o 9.709/98).

No terreno infraconstitucional, a participação pública foi prestigiada por diversos diplomas legais, inclusive ambientais. Entre eles, a **Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n^o 6.938/81)**⁵¹⁰ estabelece, em seu artigo 4^o, inciso V, que tal política visará “à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à *divulgação de dados e informações ambientais* e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e

⁵⁰⁹ “O conceito clássico de cidadania o ligava a um Estado, o novo conceito que se vislumbra o liga a uma comunidade formada pela adesão de várias comunidades políticas, com a necessidade de uma reestruturação de novos espaços para sua atuação, de incrementar a proteção efetiva dos direitos fundamentais e **incentivar a construção de uma cidadania ativa, que leve o cidadão a se sentir responsável por cada ato praticado pelos entes estatais.**” — AGRA, Walber de Moura. Artigo 1^o, inciso II. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book* (não paginado), grifo nosso.

⁵¹⁰ BRASIL. **Lei n^o 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

do equilíbrio ecológico”. A **Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)**⁵¹¹ consagra, em seu artigo 6º, como princípio dessa política a “cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade” (inciso VI), e o “direito da sociedade à informação e ao controle social” (inciso X).

Noutra quadra, o direito fundamental à informação, que guarda íntima relação com o princípio da publicidade⁵¹² (artigo 37, *caput*, da CRFB), é indispensável ao pleno exercício da democracia participativa, o que reforça, nesse contexto, sua dupla utilidade: configura a um só tempo requisito da participação pública e instrumento de controle social. A respeito, Ana Claudia Bento Graf preleciona que

“o direito à informação constitui um indicador significativo dos avanços em direção a uma democracia participativa: oponível ao Estado, comprova a adoção do princípio da publicidade dos atos administrativos; sob o ponto de vista do cidadão, é instrumento de controle social do poder e pressuposto da participação popular, na medida em que o habilita a interferir efetivamente nas decisões governamentais; e se analisado em conjunto com a liberdade de imprensa e o banimento da censura, também funciona como instrumento de controle social do poder”⁵¹³

Isso porque

O direito fundamental de acesso à informação contribui para a livre formação das ideias, opiniões, avaliações, convicções e crenças da pessoa sobre assuntos ou questões de interesse público, relativos ao Estado e à sociedade civil, e de interesse individual ou de grupo. Contribui para o livre, consciente e responsável desenvolvimento da personalidade. Por fim, contribui para a preservação e desenvolvimento do pluralismo político (art. 1º, V) e, por consequência, do regime democrático.⁵¹⁴

⁵¹¹ BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...] e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

⁵¹² O ato de informar importa, em última análise, em dar publicidade.

⁵¹³ GRAF, Ana Claudia Bento. O direito à informação ambiental. *In*: FREITAS, Vladimir Passos de (org.). **Direito ambiental em evolução**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2009. v. 1. p. 13-14.

⁵¹⁴ STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição**

Daí se pode extrair o caráter instrumental do direito à informação, que normalmente não se afigura como um fim em si mesmo, mas estabelece um mecanismo, um meio de se efetivar outros direitos, especialmente direitos fundamentais⁵¹⁵, como o direito ao meio ambiente.

No que concerne ao **acesso específico à informação ambiental**, o art. 225, § 1º, da CRFB, a fim de conferir efetividade ao direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impõe ao Poder Público o dever de “exigir, na forma da lei, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (inciso IV), bem como a obrigatoriedade de “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (inciso VI).

Na esfera infraconstitucional, a temática do Acesso à Informação ambiental é versada em diversas leis. Na **Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81)**, por exemplo, a informação ambiental figura na parte referente ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (art. 6º, § 3º)⁵¹⁶ e nos

do Brasil. *E-book* (não paginado).

⁵¹⁵ Preconiza o artigo 21 da Lei nº 12.527: “Não poderá ser negado acesso à informação necessária à tutela judicial ou administrativa de direitos fundamentais”.

⁵¹⁶ “Art 6º - Os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, assim estruturado: I - órgão superior: o Conselho de Governo, com a função de assessorar o Presidente da República na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais; II - órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida; III - órgão central: a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República, com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente; IV - órgãos executores: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes, com a finalidade de executar e fazer executar a política e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente, de acordo com as respectivas competências; V - Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; VI - Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições; [...] § 3º Os órgãos central, setoriais, seccionais e locais mencionados neste artigo deverão fornecer

instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (art. 9º, VII, X e XI⁵¹⁷, e art. 10, § 1º⁵¹⁸). Por pertinência, não se pode deixar de mencionar a **Lei de Acesso à Informação Ambiental (Lei nº 10.650/2003)**⁵¹⁹ que “dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA”.

Independentemente da previsão legal, observe-se que o direito à informação ambiental é, por natureza, de interesse público, até porque, como dito, busca assegurar a efetividade ao direito fundamental ao meio ambiente sadio, “bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” — *caput* do artigo 225 da CRFB.

Dessa forma, nada impede que a Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), venha a expandir a abrangência e o alcance da anterior Lei de Acesso à Informação Ambiental (Lei n. 10.650/2003) para permitir o acesso à informação ambiental de forma ampla, sem se restringir aos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA.

Nesse sentido, o artigo 6º da Lei nº 12.527/2011 ocupou-se de “assegurar a: I - gestão transparente da informação, propiciando amplo acesso a ela e sua divulgação; II - proteção da informação, garantindo-se sua disponibilidade, autenticidade e integridade”. De par com isso, o artigo 3º do mesmo Diploma Legal

os resultados das análises efetuadas e sua fundamentação, quando solicitados por pessoa legitimamente interessada.” — grifo nosso.

⁵¹⁷ “Art 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente: [...] VII - o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente; [...] X - a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; XI - a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; [...]”.

⁵¹⁸ “Art. 10. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental. § 1º Os pedidos de licenciamento, sua renovação e a respectiva concessão serão publicados no jornal oficial, bem como em periódico regional ou local de grande circulação, ou em meio eletrônico de comunicação mantido pelo órgão ambiental competente. [...]”.

⁵¹⁹ BRASIL. **Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003**. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.650.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

estabelece as seguintes diretrizes:

I - observância da publicidade como preceito geral e do sigilo como exceção;

II - divulgação de informações de interesse público, independentemente de solicitações;

III - utilização de meios de comunicação viabilizados pela tecnologia da informação;

IV - fomento ao desenvolvimento da cultura de transparência na administração pública;

V - desenvolvimento do controle social da administração pública.

Quanto à legitimidade para obter de entidades públicas (ou a elas equiparadas)⁵²⁰ acesso a informações de natureza ambiental com supedâneo na Lei nº 12.527/2011, Ingo Sarlet e Tiago Fensterseifer teorizam que “o interesse coletivo que qualifica o acesso à informação ambiental será o fundamento legitimador de tais pedidos”⁵²¹, alicerçados, para tanto, no disposto o artigo 8º daquele Diploma Legal, segundo o qual, “é dever dos órgãos e entidades públicas promover, independentemente de requerimentos, a divulgação em local de fácil acesso, no âmbito de suas competências, de informações de *interesse coletivo ou geral* por eles produzidas ou custodiadas”.

3.4.3 Chatbots e Sustentabilidade

À vista do que se até aqui expôs, impressiona o modo como o princípio constitucional da Sustentabilidade se relaciona com as temáticas do Direito Fundamental de Acesso à Informação e com os princípios constitucionais da publicidade e da Eficiência.

Em reforço aos argumentos já expendidos, evoca-se a doutrina de Juarez Freitas acerca da importância da efetividade do Direito de Acesso à

⁵²⁰ É de se observar a ampla vinculação à Lei de Acesso à Informação, conforme preconizam seus arts 1º e 2º.

⁵²¹ SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito ambiental**. p. 208.

Informação em benefício da Sustentabilidade, mais especificamente, no que tange à fiscalização e ao controle de programas públicos pela sociedade:

No quadro das relações administrativas, em deferência ao princípio constitucional da sustentabilidade, importa realizar uma robusta guinada de rota. [...]

Como se afigura inequívoco, no âmbito das relações de administração, os direitos fundamentais ainda não se impõem com a suficiente densidade eficaz. [...] embora o acesso à informação seja reconhecido como direito fundamental, são incipientes os procedimentos assecuratórios da “governança digital”, algo que desfalca o controle dos programas públicos.⁵²²

Referindo-se à necessária irradiação da Sustentabilidade nas relações administrativas e à premência da transmutação do Direito Administrativo, sempre em concórdia com os demais princípios de regência, referido autor entretece o princípio da Sustentabilidade, o princípio da publicidade, o dever de transparência, o direito fundamental à informação e o princípio da eficiência, além de aludir novamente ao ditame de fiscalização e controle da Administração Pública pela sociedade:

[...] o princípio da publicidade ou da máxima transparência (não a mecânica veiculação de dados ininteligíveis), em confluência com o princípio da sustentabilidade, consagra o direito fundamental à boa informação e facilita o escrutínio digital de políticas públicas. Nessa ótica, a proteção da privacidade não pode cercear o acesso a dados abertos indispensáveis à tutela dos direitos fundamentais das gerações presentes e futuras.

[...] O princípio da sindicabilidade dos atos, contratos e procedimentos administrativos experimenta vívido alargamento ao se relacionar com a sustentabilidade, no exercício do controle integrado (externo, interno, social e judicial). Nessa chave, passam a ser sindicáveis não apenas os elementos formais de praxe, mas o grau de conformidade sistêmica das políticas públicas, tendo em mira a obtenção de benefícios multidimensionais líquidos.

[...] no novo Direito Administrativo, a avaliação de sustentabilidade dos impactos passa a ser obrigatória e requer [...] a pertinente ponderação e o ponderado *trade-off* entre eficiência e equidade, via

⁵²² FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

sopesamento de benefícios e custos, diretos e indiretos (externalidades) [...].⁵²³

E por falar em transparência, segundo o escólio de Paulo Affonso Leme Machado, cuida-se de “um sistema que pretende deixar a Administração Pública visível a qualquer hora e em qualquer momento” não só ao público, mas aos integrantes da Administração, que podem analisar seus próprios atos. E mais: para ele, a transparência está jungida ao princípio da eficiência, já que é “meio para uma Administração eficiente e correta”.⁵²⁴

O entrelaçamento da Sustentabilidade com as temáticas em destaque pode ser haurido, ainda, na conjuntura das metas de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030⁵²⁵ das Nações Unidas.

Nesse contexto, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 16 (“Paz, Justiça e Instituições Eficazes”)⁵²⁶ definitivamente relaciona as noções de Estado Democrático de Direito (meta 16.3 – “Promover o Estado de Direito, em nível nacional e internacional, e garantir a igualdade de acesso à justiça para todos”), a participação pública na Administração (meta 16.7 – “Garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis”), o Direito ao Acesso à Informação (meta 16.10 – “Assegurar o acesso público à informação e proteger as liberdades fundamentais, em conformidade com a legislação nacional e os acordos internacionais”), o princípio da eficiência e a

⁵²³ FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade**: direito ao futuro. *E-book* (não paginado).

⁵²⁴ MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito à informação e meio ambiente**. São Paulo: Malheiros, 2018. p. 67-68.

⁵²⁵ “[...] desde 2015, a principal agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) para promover o desenvolvimento dos países é agenda 2030, um plano de ação focado na erradicação da pobreza e na promoção do desenvolvimento sustentável a partir da efetivação dos direitos humanos.” — SARTORI, Márcia Aparecida; TAVARES, Sérgio Marcus Nogueira; PINATO, Tassiane Boreli (org.). **Objetivos de desenvolvimento sustentável**: práticas para o alcance da agenda 2030. São Bernardo do Campo: Universidade Metodista de São Paulo, 2020. p. 10.

⁵²⁶ Objetivo 16: “Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.” — AGENDA 2030. (2015). Objetivo de desenvolvimento sustentável 16 – paz, justiça e instituições eficazes. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=16>. Acesso em: 8 fev. 2023.

transparência (meta 16.6 – “Desenvolver instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis”) à Sustentabilidade.

A toda evidência, o direito fundamental à informação (que inclui a informação ambiental), o princípio da publicidade, a transparência administrativa e o princípio da eficiência encontram-se imbricados entre si e, simultaneamente, atrelados ao princípio da Sustentabilidade; logo, considerando que *Chatbots* podem ter um papel relevante em prol dos referidos temas, conforme já se expôs, infere-se que os agentes de conversação podem igualmente cooperar com a Sustentabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da tecnologia é essencial para que o setor público faça frente à demanda sempre crescente, para dele aproximar os administrados e para que se possa prestar melhores serviços à sociedade.

Nessa senda, emerge o Aprendizado de Máquina como um novo paradigma de desenvolvimento de sistemas de Inteligência Artificial, permitindo que computadores aprendam e evoluam no deslinde de problemas específicos a partir de exemplos e da experiência própria. Essa estratégia, chamada de “abordagem orientada por dados”, apresenta vantagens sobre a abordagem clássica de explícita codificação de regras pelo desenvolvedor, mormente quando o problema é complexo a ponto de não existir Algoritmo orientado por regras capaz de resolvê-lo ou quando é desejável um Algoritmo capaz de se adaptar a diferentes cenários, escapando da rigidez característica da abordagem tradicional. Para isso, um sistema baseado em técnicas de Aprendizado de Máquina fará uso de um Modelo, uma estrutura que, por reproduzir padrões de dados já conhecidos (porque fornecidos na forma de exemplos ou capturados durante o funcionamento prático do Algoritmo), pode ser aplicada a dados inéditos com vistas à realização de previsões. O bom funcionamento diante de dados inéditos (conhecido como Generalização) depende não só da quantidade e da qualidade dos dados, mas também de adequações na conformação do Modelo — *vide* o item 1.4 para mais informações.

Assim surgiram os *Chatbots* modernos, uma das várias Tarefas⁵²⁷ de que se ocupa o Processamento de Linguagem Natural, subcampo da Inteligência Artificial que estuda abordagens computacionais voltadas à modelagem, análise, compreensão e produção de linguagem humana verbal, falada ou escrita. Estando os *Chatbots* situados em subcampo da Inteligência Artificial, é natural que seu desenvolvimento possa ocorrer segundo a abordagem orientada por regras (a exemplo dos primitivos *Chatbots*), pela abordagem orientada por dados (usando

⁵²⁷ *Vide* subseção 2.3.7.

técnicas de Aprendizado de Máquina) ou de forma híbrida (combinação das duas abordagens)⁵²⁸, o que explica o salto de qualidade dos *Chatbots* mais recentes, que passaram a incorporar técnicas de Aprendizado de Máquina. Tal como acontece com outros Aplicativos de NLP⁵²⁹, os *Chatbots* enfrentam desafios relacionados às características da linguagem verbal, tais como ambiguidade, a falta de conhecimento comum inerente à maioria dos humanos (que permite dizer muito, com poucas palavras) e a diversidade de estruturas sentenciais entre idiomas⁵³⁰. Em que pese as dificuldades, reveladoras da íntima relação entre linguística e Processamento de Linguagem Natural⁵³¹, o desenvolvimento de *Chatbots* atingiu bom nível de sofisticação⁵³² e de popularidade.

Tendo isso em vista, e já retomando a hipótese levantada para esta pesquisa, observou-se, em primeiro lugar, que *Chatbots* tendem a facilitar a comunicação eletrônica entre a Administração Pública e os administrados porque esses sistemas proporcionam uma interação (por texto e/ou voz) natural e intuitiva entre aqueles, o que reduz e até elimina o período de adaptação do usuário, tornando a ferramenta mais atrativa. Por outro lado, isso não significa a definitiva superação da interface gráfica (baseada em elementos gráficos como botões, janelas e menus), mas sim que a interface de conversação pode substituir a interface gráfica ou com ela ser combinada, melhorando a experiência do usuário.

Além do que, conforme evidenciado anteriormente, por meio da linguagem natural, o usuário pode simplesmente dialogar com o *Chatbot*, que tentará identificar suas necessidades e atendê-lo da melhor forma possível, sem a necessidade de percorrer muitas páginas ou de estar familiarizado com o leiaute do *software*. Além disso, *Chatbots* baseados em Aprendizado de Máquina aprendem com a experiência, o que lhes permite oferecer soluções cada vez mais personalizadas e assertivas – diminuindo erros de informação ao usuário,

⁵²⁸ Vide subseção 2.3.6.

⁵²⁹ Vide subseção 2.3.3.

⁵³⁰ Vide subseção 2.3.5.

⁵³¹ Vide subseção 2.3.4.

⁵³² Sobre a estrutura do sistema diálogo, vide item 2.5.

reduzindo o tempo de resposta, aumentando a eficácia do atendimento e, entre outras possíveis, reduzindo o custo da Administração Pública.

Já sob o ponto de vista do Princípio da Eficiência, a exemplo do que ocorre na iniciativa privada, os *Chatbots* possibilitam à Administração Pública atender demandas eletronicamente de maneira célere, simplificada e com custo reduzido, porquanto permitem reduzir o número de servidores envolvidos no atendimento ao público.

Por oportuno, relembre-se que por meio de dispositivos variados (centrais telefônicas, computadores pessoais, *tablets*, *smartphones*, *smart tvs* etc.), os administrados podem estabelecer diálogos em linguagem natural com *bots* por voz, *e-mail*, SMS, plataformas de mensagens (WhatsApp, Facebook Messenger, Skype, Telegram etc.), além de aplicativos e páginas *web* especialmente concebidos para esta finalidade. À pluralidade de formas de se evocar os *bots* soma-se a sua alta disponibilidade (a qualquer dia e em qualquer horário) reforçando a percepção de Eficiência.

Ainda na arena da Eficiência Administrativa, cumpre mencionar que a Lei do Governo Digital (Lei nº 14.129/2021) — *que visa ao aumento da eficiência por meio da modernização e simplificação da relação do Poder Público com a sociedade* — pode ser concretizada, em diversos aspectos, utilizando-se *Chatbots*. É o caso dos princípios e diretrizes contemplados no artigo 3º, incisos I, II, III, IV, VI, VII, X, XI, XIX, XXIV e XXVI⁵³³ da referida Lei. Também se compatibilizam com

⁵³³ “Art. 3º São princípios e diretrizes do Governo Digital e da eficiência pública: I - a desburocratização, a modernização, o fortalecimento e a simplificação da relação do poder público com a sociedade, mediante serviços digitais, acessíveis inclusive por dispositivos móveis; II - a disponibilização em plataforma única do acesso às informações e aos serviços públicos, observadas as restrições legalmente previstas e sem prejuízo, quando indispensável, da prestação de caráter presencial; III - a possibilidade aos cidadãos, às pessoas jurídicas e aos outros entes públicos de demandar e de acessar serviços públicos por meio digital, sem necessidade de solicitação presencial; IV - a transparência na execução dos serviços públicos e o monitoramento da qualidade desses serviços; [...] VI - o dever do gestor público de prestar contas diretamente à população sobre a gestão dos recursos públicos; VII - o uso de linguagem clara e compreensível a qualquer cidadão; [...] X - a simplificação dos procedimentos de solicitação, oferta e acompanhamento dos serviços públicos, com foco na universalização do acesso e no autosserviço; XI - a eliminação de formalidades e de exigências cujo custo econômico ou social seja superior ao risco envolvido; [...] XIX - a acessibilidade da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, nos termos da Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência); [...] XXIV - o tratamento adequado a idosos, nos termos

os *Chatbots* os conceitos legais de autosserviço, de plataformas de governo digital e de transparência ativa (incisos II, IX e XI do artigo 4^{o534}), tanto assim que, nesses termos, os administrados que utilizem um *Chatbot* para acesso a informações ou a serviços públicos sem qualquer tipo de mediação humana seriam categorizados como usuários de uma *plataforma de governo digital promotora do autosserviço e da transparência ativa*. Observe-se que *Chatbots* devotados à prestação digital de serviços públicos atenderiam perfeitamente aos ditames do artigo 14 da lei⁵³⁵.

Confirma-se, por todos esses motivos, que o uso de *Chatbots* favorece a Eficiência Administrativa.

Agora com os olhos fitos no direito à informação, relembre-se que este foi tomado no sentido de *direito de ser informado* e engloba o Direito de Acesso à Informação, vale dizer, a *prerrogativa de poder acessar informações*. Dito isso, a Lei nº 12.527/2011 (Lei de Acesso à Informação) disciplinou o inciso XXXIII do art. 5º, o inciso II do § 3º do art. 37 e o § 2º do art. 216 da Constituição Federal, e, ao fazê-lo, trouxe vários preceitos que, tal e qual a Lei do Governo Digital, são passíveis de serem efetivados por *Chatbots*; entre eles, “divulgação de informações de interesse público, independentemente de solicitações” (art. 3º, inciso II), “utilização de meios de comunicação viabilizados pela tecnologia da informação” (art. 3º, inciso III), “desenvolvimento do controle social da administração pública” (art. 3º, inciso V), de que “é dever do Estado garantir o direito de acesso à informação, que será franqueada, mediante procedimentos objetivos e ágeis, de forma transparente, clara e em linguagem de fácil compreensão” (art. 5º), de

da Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003 (Estatuto do Idoso); [...] e XXVI - a promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação no setor público.”

⁵³⁴ “Art. 4º Para os fins desta Lei, considera-se: [...] II - autosserviço: acesso pelo cidadão a serviço público prestado por meio digital, sem necessidade de mediação humana; [...] IX - plataformas de governo digital: ferramentas digitais e serviços comuns aos órgãos, normalmente ofertados de forma centralizada e compartilhada, necessárias para a oferta digital de serviços e de políticas públicas; [...] XI - transparência ativa: disponibilização de dados pela administração pública independentemente de solicitações. [...]”

⁵³⁵ “Art. 14. A prestação digital dos serviços públicos deverá ocorrer por meio de tecnologias de amplo acesso pela população, inclusive pela de baixa renda ou residente em áreas rurais e isoladas, sem prejuízo do direito do cidadão a atendimento presencial. Parágrafo único. O acesso à prestação digital dos serviços públicos será realizado, preferencialmente, por meio do autosserviço.”

“gestão transparente da informação, propiciando amplo acesso a ela e sua divulgação” (art. 6º, inciso I), direito de obter “orientação sobre os procedimentos para a consecução de acesso, bem como sobre o local onde poderá ser encontrada ou obtida a informação almejada” (art. 7º, inciso I), de obtenção de todas as informações referidas nos demais incisos do artigo 7º e de divulgação, independentemente de requerimentos, de todas as informações referidas no *caput* e parágrafo 1º do artigo 8º⁵³⁶.

Como consequência da constatação de que essas prescrições da Lei de Acesso à Informação podem ser implementadas por *Chatbots*, confirma-se que os agentes de conversação podem habilmente conferir maior efetividade ao Direito de Acesso à Informação.

Cambiando o ângulo de análise da hipótese, é chegado o momento de focar a Sustentabilidade e suas ramificações, começando pela relação com o direito à informação.

Sabe-se que o direito fundamental à informação está umbilicalmente ligado ao princípio da publicidade (artigo 37, *caput*, da CRFB) e é condição *sine qua non* à democracia participativa, impondo-se, a um só tempo, como requisito à participação popular e instrumento de controle social:

[...] o dever constitucional de transparência, publicidade e informação, além de permitir o controle social, imprescindível a um Estado Democrático de Direito, assegura (ou facilita) a fruição (e proteção) de outros direitos fundamentais (não apenas, mas em especial os direitos de participação política e de crítica, e também os direitos sociais), pois o acesso a informações atuais, corretas e completas, por exemplo, em matéria orçamentária, permite fiscalizar a destinação de recursos para os fins constitucionalmente previstos, como é o caso dos direitos à saúde e à educação, os

⁵³⁶ “Art. 8º É dever dos órgãos e entidades públicas promover, independentemente de requerimentos, a divulgação em local de fácil acesso, no âmbito de suas competências, de informações de interesse coletivo ou geral por eles produzidas ou custodiadas. § 1º Na divulgação das informações a que se refere o caput, deverão constar, no mínimo: I - registro das competências e estrutura organizacional, endereços e telefones das respectivas unidades e horários de atendimento ao público; II - registros de quaisquer repasses ou transferências de recursos financeiros; III - registros das despesas; IV - informações concernentes a procedimentos licitatórios, inclusive os respectivos editais e resultados, bem como a todos os contratos celebrados; V - dados gerais para o acompanhamento de programas, ações, projetos e obras de órgãos e entidades; e VI - respostas a perguntas mais frequentes da sociedade.”

quais inclusive têm assegurado investimento mínimo de recursos públicos.⁵³⁷

Nesse sentido, o direito à informação detém natureza instrumental, porque, longe de ser autotélico, erige-se como meio de concreção de outros direitos, especialmente de direitos fundamentais, como o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (artigo 225 combinado com artigo 5º, § 2º, da CRFB).

Não se pode olvidar que o direito à informação alberga o acesso específico à informação sobre meio ambiente, com assento na Magna Carta (art. 225, § 1º, incisos IV e VI⁵³⁸) e na legislação infraconstitucional — v.g., na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81).

Para evidenciar em definitivo a íntima associação da Sustentabilidade com o direito fundamental de acesso à informação, com a transparência, com o Estado Democrático de Direito, com a participação popular na Administração e com a Eficiência Administrativa, há que se aludir ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 16 (“Paz, Justiça e Instituições Eficazes”) da Agenda 2030 das Nações Unidas, o qual *expressamente vincula a Sustentabilidade (i)* à noção de Estado Democrático de Direito (meta 16.3 – “Promover o Estado de Direito, em nível nacional e internacional, e garantir a igualdade de acesso à justiça para todos”), *(ii)* à participação pública na Administração (meta 16.7 – “Garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis”), *(iii)* ao Direito ao Acesso à Informação (meta 16.10 – “Assegurar o acesso público à informação e proteger as liberdades fundamentais, em conformidade com a legislação nacional e os acordos internacionais”), *(iv)* ao princípio da eficiência e

⁵³⁷ SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. E-book (não paginado).

⁵³⁸ “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: [...] IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; [...] VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; [...]”

(v) à transparência (meta 16.6 – “Desenvolver instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis”).

Há, como se vê, um enfeixamento da Sustentabilidade, do direito fundamental de Acesso à Informação e dos princípios constitucionais da publicidade e da Eficiência Administrativa, *de tal sorte que, para favorecer a Sustentabilidade, basta favorecer qualquer dos demais.*

Ora, já se demonstrou que os inclusivos *Chatbots* constituem valiosa ferramenta digital de “cibercidadania”⁵³⁹, prestigiando o direito fundamental de Acesso à Informação e os princípios constitucionais da publicidade e da Eficiência Administrativa, motivo pelo qual, *ipso facto*, também favorecem a Sustentabilidade que com eles forma um plexo de direitos e princípios.

Restou, assim, integralmente confirmada a hipótese levantada nesta Pesquisa, *i.e.*, que a adoção de *Chatbots* no âmbito da Administração Pública é capaz de facilitar a comunicação eletrônica com a sociedade, de favorecer a Eficiência Administrativa, de efetivar o Direito de Acesso à Informação⁵⁴⁰ e de contribuir com a Sustentabilidade.

Finalmente, entre possíveis desdobramentos da Pesquisa, pode-se destacar sua ampliação para incluir o estudo das limitações ou restrições⁵⁴¹ ao

⁵³⁹ “Com os recursos cada vez mais desenvolvidos e eficazes das tecnologias de informação, já há algum tempo se fala no estabelecimento de uma espécie de cibercidadania, que permite que mais pessoas possam de modo mais eficaz, e mesmo mais simples e econômico, exercer um controle social da administração.” — SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. *E-book* (não paginado).

⁵⁴⁰ “A Constituição também não especifica os meios de acesso. Em princípio, as ações de acesso à informação podem se processar ou viabilizar por quaisquer meios, desde que lícitos. Contudo, do direito de acesso à informação não decorre um imediato direito subjetivo aos meios materiais ou financeiros de acesso à informação. Isso não significa que os Poderes Públicos estejam desobrigados constitucionalmente de, na medida do possível e progressivamente, adotar políticas públicas que disponibilizem os meios e promovam o acesso igual e universal à informação. Além disso, havendo pedido ou requerimento, é dever dos órgãos públicos permitir ou dar acesso a informações de interesse particular, coletivo ou geral que detenham (art. 5º, XXXIII).” — STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. *E-book* (não paginado).

⁵⁴¹ Há restrições estabelecidas na CRFB, Lei de Acesso à Informação, Lei do Governo Digital, Lei Geral de Proteção de Proteção de Dados Pessoais e por outras leis infraconstitucionais, como as que disciplinam os segredos de justiça e industrial e os sigilos fiscal e bancário. No ponto,

direito à informação acompanhado da inafastável investigação, com mira em aplicações práticas, de mecanismos de autenticação de usuários em seus mais variados níveis, abordando tanto as tecnologias existentes como o arcabouço jurídico correlato (v.g., Lei nº 14.063, de 23 de setembro de 2020⁵⁴²).

Por todo exposto, compreende-se que a utilização dos *Chatbots* pela Administração Pública é capaz de propiciar a facilitação da comunicação eletrônica dessa com a sociedade, de favorecer a eficiência administrativa, de efetivar o direito de acesso à informação e de contribuir com a sustentabilidade.

remete-se o leitor à nota de rodapé da subseção 3.3.2.3 que comenta a assertiva de que o direito à informação não é absoluto.

⁵⁴² BRASIL. **Lei nº 14.063, de 23 de setembro de 2020**. Dispõe sobre o uso de assinaturas eletrônicas em interações com entes públicos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14063.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

REFERÊNCIA DAS FONTES CITADAS

AGENDA 2030. (2015). Objetivo de desenvolvimento sustentável 16 – paz, justiça e instituições eficazes. Disponível em:
<https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=16>. Acesso em: 8 fev. 2023.

AGRA, Walber de Moura. Artigo 1º, inciso II. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book*.

AGRELA, Lucas. Google marca fotos de casal de negros como "gorilas". **Exame**, [S. l], 1 set. 2015. Tecnologia. Disponível em:
<https://exame.com/tecnologia/google-marca-fotos-de-casal-de-negros-como-gorilas/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

AGUILAR, Luis Joyanes. **Fundamentos de programação**: algoritmos, estruturas de dados e objetos. Tradução de Paulo Heraldo Costa do Valle. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. *E-book*.

ALEXANDRINO, Marcelo, PAULO, Vicente. **Direito Administrativo Descomplicado**. 29. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Método, 2021.

ALTO-FALANTE inteligente. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alto-falante_inteligente. Acesso em: 10 out. 2022.

AMARTYA sen. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Amartya_Sen. Acesso em: 8 fev. 2023.

ARTHUR samuel. *In*: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel. Acesso em: 13 fev. 2022.

ÁRVORE de análise sintática. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_de_an%C3%A1lise_sint%C3%A1tica. Acesso em: 10 out. 2022.

ASHLEY, Kevin D. **Artificial intelligence and legal analytics**: new tools for law practice in the digital age. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2017. *E-book*.

BAHIA, Magda. **Gramática da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016. *E-book*.

BANCO de dados. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Banco_de_dados. Acesso em: 10 out. 2022.

BARCELLOS, Ana Paula de. **Curso de direito constitucional**. Rio de Janeiro: Forense, 2018. *E-book*.

BARRETTO, Rafael. **Direitos humanos**. 4. ed. Salvador: JusPODIVM, 2014. (Coleção Sinopses para Concursos).

BAUMAN, Zygmunt; LYON, David. **Vigilância líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2014.

BECHARA, Evanildo. **Moderna gramática portuguesa**. 39. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2019. *E-book*.

BENDER, Emily M.; LASCARIDES, Alex. **Linguistic fundamentals for natural language processing II: 100 essentials from semantics and pragmatics**. [S. l.]: Morgan & Claypool Publishers, 2019. *E-book*.

BIBLIOTECA (computação). *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Biblioteca_\(computa%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Biblioteca_(computa%C3%A7%C3%A3o)). Acesso em: 17 out. 2022.

BINDMAN, Dan. Chatbot-based 'firm without lawyers' launched. **legalfutures**, [S. l.], 30 nov. 2017. Disponível em: <https://www.legalfutures.co.uk/latest-news/chatbot-based-firm-without-lawyers-launched>. Acesso em: 29 out. 2022.

BOEING, Daniel Henrique Arruda; MORAIS DA ROSA, Alexandre. **Ensinando um robô a julgar: pragmática, discricionariedade, heurísticas e vieses no uso de aprendizado de máquina no Judiciário**. 1. ed. Florianópolis: EMais, 2020.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017. *E-book*.

BONAVIDES, Paulo. A quinta geração dos direitos fundamentais. **Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 82-93, abr./jun. 2015. Disponível em: <http://dfj.emnuvens.com.br/dfj/article/view/534#:~:text=Destaca%20a%20paz%20como%20um,de%20supremo%20direito%20da%20humanidade>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. 26. ed. São Paulo: Malheiros, 2011.

BOSELNANN, Klaus. **O princípio da sustentabilidade: transformando direito e governança**. Tradução de Phillip Gil França. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2015.

BOT. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Bot>. Acesso em: 10 out. 2022.

BURKOV, Andriy. **The hundred-page machine learning book**. [S. l.]: Andriy Burkov, 2019. *E-book*.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999**. Regula o processo administrativo no âmbito da Administração Pública Federal. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9784.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003**. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. Brasília, DF: Presidência da República, [200-?]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.650.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...] e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2011]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, [2018]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.726, de 8 de outubro de 2018**. Racionaliza atos e procedimentos administrativos dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e institui o Selo de Desburocratização e Simplificação. Brasília, DF: Presidência da República, [2018]. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13726.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.063, de 23 de setembro de 2020**. Dispõe sobre o uso de assinaturas eletrônicas em interações com entes públicos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14063.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021**. Dispõe sobre princípios, regras e instrumentos para o Governo Digital e para o aumento da eficiência pública [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14129.htm. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **Súmula nº 227**. A pessoa jurídica pode sofrer dano moral. Brasília, DF: Superior Tribunal de Justiça, [1999]. Disponível em: https://www.stj.jus.br/docs_internet/revista/eletronica/stj-revista-sumulas-2011_17_capSumula227.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1. Turma). **Habeas Corpus nº 103311 Paraná**. PENAL E PROCESSO PENAL. HABEAS CORPUS. TRÁFICO ILÍCITO DE ENTORPECENTES. LEI Nº 6.368/76, ARTIGOS 12 E 18, I. SUBSTITUIÇÃO DE PENA PRIVATIVA DE LIBERDADE POR RESTRITIVA DE DIREITOS. REQUISITOS OBJETIVOS E SUBJETIVOS DO ART. 44 DO CÓDIGO PENAL PRESENTES. ESTRANGEIRO. POSSIBILIDADE. ORDEM CONCEDIDA. 1. O Princípio da Isonomia, garantia pétrea constitucional extensível aos estrangeiros, impede que o condenado não nacional pelo crime de tráfico ilícito de entorpecentes seja privado da concessão do benefício da substituição da pena privativa por restritiva de direitos quando atende aos requisitos objetivos e subjetivos do art. 44 do Código Penal. (Precedentes: HC 85894, Rel. Ministro GILMAR MENDES, TRIBUNAL PLENO, DJe 28/09/2007; HC 103068/MG, Rel. Ministro DIAS TOFFOLI, PRIMEIRA TURMA, DJe 21/02/2011; HC 103093/RS, Rel. Ministro GILMAR MENDES, SEGUNDA TURMA, DJe 01/10/2010; HC 89976/RJ, Rel. Ministra ELLEN GRACIE, TRIBUNAL PLENO, DJe 24/04/2009; HC 96011/RS, Rel. Ministro JOAQUIM BARBOSA, SEGUNDA TURMA, DJe 10/09/2010; HC 96923/SP, Rel. Ministro GILMAR MENDES, SEGUNDA TURMA, DJe 10/09/2010; HC 91600/RS, Rel. Ministro SEPÚLVEDA PERTENCE, PRIMEIRA TURMA, DJ 06/09/2007; HC 84715, Rel. Ministro JOAQUIM BARBOSA, SEGUNDA TURMA, DJ 29/06/2007). [...] 3. É cediço na Corte que: "O SÚDITO ESTRANGEIRO, MESMO AQUELE SEM DOMICÍLIO NO BRASIL, TEM DIREITO A TODAS AS PRERROGATIVAS BÁSICAS QUE LHE ASSEGUREM A PRESERVAÇÃO DO "STATUS LIBERTATIS" E QUE LHE GARANTAM A OBSERVÂNCIA, PELO PODER PÚBLICO, DA CLÁUSULA CONSTITUCIONAL DO "DUE PROCESS". - O súdito estrangeiro, mesmo o não domiciliado no Brasil, tem plena legitimidade para impetrar o remédio constitucional do "habeas corpus", em ordem a tornar efetivo, nas hipóteses de persecução penal, o direito subjetivo, de que também é titular, à observância e ao integral respeito, por parte do Estado, das prerrogativas que compõem e dão significado à cláusula do devido processo legal. - A condição jurídica de não nacional do Brasil e a circunstância de o réu

estrangeiro não possuir domicílio em nosso país não legitimam a adoção, contra tal acusado, de qualquer tratamento arbitrário ou discriminatório. Precedentes (HC 94.016/SP, Rel. Min. CELSO DE MELLO, v.g.). - Impõe-se, ao Judiciário, o dever de assegurar, mesmo ao réu estrangeiro sem domicílio no Brasil, os direitos básicos que resultam do postulado do devido processo legal, notadamente as prerrogativas inerentes à garantia da ampla defesa, à garantia do contraditório, à igualdade entre as partes perante o juiz natural e à garantia de imparcialidade do magistrado processante (...). (HC 102041/SP, Rel. Ministro Celso de Mello, SEGUNDA TURMA, DJe 20/08/2010). [...] 6. Parecer do *parquet* pela concessão da ordem. Ordem concedida. Paciente: Luiz Alberto Aquino Benitez. Impetrante: Defensoria Pública da União. Relator: Luiz Fux, 7 de junho de 2011. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur194360/false>. Acesso em: 18 fev. 2023.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (1. Turma). **Recurso Extraordinário nº 134297-8 São Paulo**. RECURSO EXTRAORDINÁRIO – ESTAÇÃO ECOLÓGICA – RESERVA FLORESTAL NA SERRA DO MAR – PATRIMÔNIO NACIONAL (CF, ART. 225, § 4º) – LIMITAÇÃO ADMINISTRATIVA QUE AFETA O CONTEÚDO ECONÓMICO DO DIREITO DE PROPRIEDADE – DIREITO DO PROPRIETÁRIO À INDENIZAÇÃO – DEVER ESTATAL DE RESSARCIR OS PREJUÍZOS DE ORDEM PATRIMONIAL SOFRIDOS PELO PARTICULAR – RE NÃO CONHECIDO. [...] – Direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado: a consagração constitucional de um típico direito de terceira geração (CF, art. 225, *caput*). Recorrente: Estado de São Paulo. Recorridos: Paulo Ferreira Ramos e cônjuge. Relator: Celso de Mello, 13 de junho de 1995. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=207731>. Acesso em: 18 fev. 2023.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Agravo Regimental nos Embargos de Declaração na Reclamação nº 1905 São Paulo**. ASSISTÊNCIA JUDICIÁRIA GRATUITA - PESSOA JURÍDICA. Ao contrário do que ocorre relativamente às pessoas naturais, não basta a pessoa jurídica asseverar a insuficiência de recursos, devendo comprovar, isto sim, o fato de se encontrar em situação inviabilizadora da assunção dos ônus decorrentes do ingresso em juízo. Agravante: PAM Brasil Transportes Rodoviários LTDA. Agravado: 4º Vice-Presidente do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo. Relator: Marco Aurélio, 15 de agosto de 2002. Disponível em: <https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur98145/false>. Acesso em: 18 fev. 2023.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Mandado de Segurança nº 22164-0 São Paulo**. REFORMA AGRÁRIA – IMÓVEL RURAL SITUADO NO PANTANAL MATO-GROSSENSE – DESAPROPRIAÇÃO-SANÇÃO (CF, ART. 184) – POSSIBILIDADE – FALTA DE NOTIFICAÇÃO PESSOAL E PRÉVIA DO PROPRIETÁRIO RURAL QUANTO À REALIZAÇÃO DA VISTORIA (LEI Nº 8.629/93, ART. 2º, § 2º) – OFENSA AO POSTULADO DO DUE PROCESS OF LAW (CF, ART. 5º, LIV) – NULIDADE RADICAL DA DECLARAÇÃO EXPROPRIATÓRIA – MANDADO DE SEGURANÇA DEFERIDO. [...] A QUESTÃO DO DIREITO AO MEIO AMBIENTE ECOLÓGICAMENTE EQUILIBRADO – DIREITO DE TERCEIRA GERAÇÃO – PRINCÍPIO DA

SOLIDARIEDADE. O direito à integridade do meio ambiente – típico direito de terceira geração – constitui prerrogativa jurídica de titularidade coletiva, refletindo, dentro do processo de afirmação dos direitos humanos, a expressão significativa de um poder atribuído, não ao indivíduo identificado em sua singularidade, mas, num sentido verdadeiramente mais abrangente, à própria coletividade social. [...]. Impetrante: Antônio de Andrade Ribeiro Junqueira. Impetrado: Presidente da República. Relator: Celso de Mello, 30 de outubro de 1995. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=85691>. Acesso em: 18 fev. 2023.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O Princípio da sustentabilidade como Princípio estruturante do Direito Constitucional. **Tékhné**, Barcelos, v. 8, n. 13, p. 7-18, jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-99112010000100002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 15 jul. 2021.

CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Manual de direito administrativo**. 34. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2020. *E-book*.

CEGALLA, Domingos Paschoal. **Novíssima gramática da língua portuguesa**. 48. ed. rev. São Paulo: Companhia Ed. Nacional, 2008.

CHOLLET, François. **Deep learning with python**. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2018.

CHOPRA, Rohan; GODBOLE, Aniruddha M.; SADVILKAR, Nipun; SHAH, Muzaffar Bashir; GHOSH, Sohom; GUNNING, Dwight. **The natural language processing workshop**: confidently design and build your own NLP projects with this easy-to-understand practical guide. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2020. *E-book*.

CLASSE gramatical. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Classe_gramatical#:~:text=As%20classes%20s%C3%A3o%20divididas%20entre,preposi%C3%A7%C3%A3o%2C%20conjun%C3%A7%C3%A3o%2C%20interjei%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 10 out. 2022.

COMPUTAÇÃO em nuvem. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Computação_em_nuvem](https://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_em_nuvem). Acesso em: 10 out. 2022.

COMPUTING machinery and intelligence. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Computing_machinery_and_intelligence. Acesso em: 10 out. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA. **Resolução nº 332, de 21 de agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3429>. Acesso em: 2 jun. 2022.

CONTEXTO. *In*: Grande Dicionário da Língua Portuguesa. [S. l.]: Intangible Press, 2013. *E-book*.

CORMEN, Thomas H. **Desmistificando algoritmos**. Tradução de Arlete Simille Marques. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. **Globalização, transnacionalidade e sustentabilidade**. Itajaí: UNIVALI, 2012. *E-book*. Disponível em: <https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Documents/ecjs/E-book%202012%20GLOBALIZA%C3%87%C3%83O,%20TRANSNACIONALIDAD E%20E%20SUSTENTABILIDADE.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2022.

CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. **Revista Seqüência**, Florianópolis, v. 36, n. 71, p. 239-278, dez. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2015v36n71p239>. Acesso em: 15 jul. 2021.

CRUZ, Paulo Márcio; SOARES, Josemar Sidnei. Critério ético e sustentabilidade na sociedade pós-moderna: impactos nas dimensões econômicas, transnacionais e jurídicas. **Revista Novos Estudos Jurídicos**, v. 17, n. 3, p. 401-418, set-dez 2012. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/nej/issue/view/224>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CUNHA, Celso; CINTRA, Lindley. **Nova gramática do português contemporâneo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Lexikon: 2017. *E-book*.

Data Science Academy. **Deep learning book**. [S. l.]: [s. n.], 2019. *E-book*. Disponível em: <http://www.deeplearningbook.com.br/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

DAUMÉ III, Hal. **A course in machine learning**. [S. l.]: Hal Daumé III, 2017. *E-book*. Disponível em: <http://ciml.info/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

DE MELLO, Celso Antônio Bandeira. **Curso de Direito Administrativo**. 32. ed. rev. e atual. até a Emenda Constitucional 84, de 2.12.2014. São Paulo: Atlas, 2015.

DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella. **Direito administrativo**. 33. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2020. *E-book*.

DICKINSON, Markus; BREW, Chris; MEURERS, Detmar. **Language and computers**. [S. l.]: Wiley-Blackwell, 2013. *E-book*.

DR. SBAITSO. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Dr._Sbaitso. Acesso em: 10 out. 2022.

ELIZA. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/ELIZA>. Acesso em: 10 out. 2022.

FAQ. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/FAQ>. Acesso em: 10 out. 2022.

FERRARI, Isabela (org.); LEITE, Rafael; RAVAGNANI, Giovani; FEIGSON, Bruno. **Justiça Digital**. 1. ed. São Paulo: Thomson Reuters, 2020.

FERREIRA, Marcelo; LOPES, Marcos. **Para conhecer Linguística Computacional**. São Paulo: Contexto: 2019.

FIGUEIREDO, Lúcia Valle. **Curso de Direito Administrativo**. 9. ed. rev., ampl. e atual. até a Emenda Constitucional 56/2007. São Paulo: Malheiros, 2008.

FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística I: objetos teóricos**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Contexto, 2010.

FIORIN, José Luiz (org.). **Introdução à linguística II: princípios de análise**. 5. ed. São Paulo: Contexto: 2010.

FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de programação: a construção de algoritmos e estruturas de dados**. Tradução de Paulo Heraldo Costa do Valle. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

FREED, Andrew R. **Conversational AI: chatbots that work**. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2021. *E-book*.

FREITAS, Cláudia. **Linguística computacional**. 1. ed. São Paulo: Parábola, 2022. *E-book*.

FREITAS, Juarez. As políticas públicas e o direito fundamental à boa administração. **NOMOS**: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, Fortaleza, v.35, n.1, p.195-217, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/21688>. Acesso em: 18 fev. 2023.

FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4 ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. *E-book*.

GALITSKY, Boris. **Developing enterprise chatbots: learning linguistic structures**. Basileia, Switzerland: Springer, 2019. *E-book*.

GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; GARCIA, Heloise Siqueira. Dimensão social do princípio da sustentabilidade: uma análise do mínimo existencial ecológico. *In*: SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes; GARCIA, Heloise Siqueira (org.) **Lineamentos sobre sustentabilidade segundo Gabriel Real Ferrer**. Itajaí: UNIVALI, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 15 mar. 2021.

GÉRON, Aurélien. **Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems**. 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2019.

GIBBS, Samuel. Chatbot lawyer overturns 160,000 parking tickets in London and New York. **The Guardian**, [S. l.], 28 jun. 2016. Chatbots. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/28/chatbot-ai-lawyer-donotpay-parking-tickets-london-new-york>. Acesso em: 29 out. 2022.

GOOGLE now. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Now. Acesso em: 10 out. 2022.

GRAPHICAL user interface. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_user_interface. Acesso em: 10 out. 2022.

GRAF, Ana Claudia Bento. O direito à informação ambiental. *In*: FREITAS, Vladimir Passos de (org.). **Direito ambiental em evolução**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2009. v. 1.

GRO Harlem Brundtland. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Gro_Harlem_Brundtland. Acesso em: 8 fev. 2023.

HAGIWARA, Masato. **Real-world natural language processing**. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2021. *E-book*.

HEFF, Darrell. **Como mentir com estatística**. Tradução de Bruno Casotti. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2016. *E-book*.

HERNANDES, Dalmo. O nascimento e a evolução do computador de bordo. FlatOut, [S. l.], 27 jan. 2021. Car Culture. Disponível em: <https://flatout.com.br/o-nascimento-e-a-evolucao-do-computador-de-bordo/>. Acesso em: 10 out. 2022.

HOTRAKOOL, Wattanit; l0-Norm, l1-Norm, l2-Norm, ... , l-infinity Norm. *In*: HOTRAKOOL, Wattanit. **Rorasa's blog**. [S. l.], 13 mai. 2012. Disponível em: <https://rorasa.wordpress.com/2012/05/13/l0-norm-l1-norm-l2-norm-l-infinity-norm/>. Acesso em: 22 set. 2022.

IMPORTANCE markers in Gmail. *In*: Gmail Help. [S. l., 2022?]. Disponível em: <https://support.google.com/mail/answer/186543>. Acesso em: 10 out. 2022.

JEOPARDY!. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Jeopardy!>. Acesso em: 10 out. 2022.

KHAN, Rashid, DAS, Anik. **Build better chatbots**: a complete guide to getting started with chatbots. [S. l.]: Apress, 2018. *E-book*.

KONG, Xiaoquan; WANG, Guan. **Conversational AI with Rasa**: Build, test, and deploy AI-powered, enterprise-grade virtual assistants and chatbots. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2021. *E-book*.

KRELL, Andreas Joachim. Artigo 225, *caput*. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book*.

LANE, Hobson; HOWARD, Cole; HAPKE, Hannes Max. **Natural language processing in action**: understanding, analyzing, and generating text with python. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2019. *E-book*.

LEE, Wei-Meng. **Python machine learning**. Indianapolis, IN, USA: Wiley, 2019. *E-book*.

LEITE, Eduardo de Oliveira. **A monografia jurídica**. 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001.

LINGUAGEM. In: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

LINGUÍSTICA de corpus. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lingu%C3%ADstica_de_corpus. Acesso em: 17 out. 2022.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito à informação e meio ambiente**. 2. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Malheiros, 2018.

MANGA. In: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

MANNING, Christopher D.; RAGHAVAN, Prabhakar; SCHÜTZE, Hinrich. **Introduction to Information Retrieval**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2008.

MARMELSTEIN, George. **Curso de direitos fundamentais**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

MARSLAND, Stephen. **Machine learning**: an algorithmic perspective. 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2015. *E-book*.

MARTELOTTA, Mário Eduardo (org.). **Manual de linguística**. 2. ed. São Paulo: Contexto: 2011.

MARTINS, Ana Maria; CARRILHO, Ernestina (ed.). **Manual de linguística portuguesa**. [S. l.]: De Gruyter, 2016. *E-book*.

MASSARON, Luca; MUELLER, John Paul. **Machine learning for dummies**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2016. *E-book*.

MASSON, Nathalia. **Manual de direito constitucional**. 6. ed. rev., ampl. e atual. Salvador: JusPODIVM, 2018.

MATALON NETO, David; SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes de. Sociedade de consumo e algoritmos: reflexões contemporâneas. In: SOUZA, Maria Claudia

da Silva Antunes de (coord.). **Governança e sustentabilidade**: um planejamento estratégico à sadia qualidade de vida. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2022. p. 33-58.

MATTMANN, Chris. **Machine learning with TensorFlow**. 2nd ed. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2020. *E-book*.

MCTEAR, Michael. **Conversational AI**: dialog systems, conversational agents, and chatbots. [S. l.]: Morgan & Claypool, 2020. *E-book*.

MEDAUAR, Odete. **Direito Administrativo moderno**. 21. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2018.

MEIRELLES, Hely Lopes; BURLE FILHO, José Emmanuel. **Direito administrativo brasileiro**. 42. ed. atual. até a Emenda Constitucional 90, de 15.9.2015. São Paulo: Malheiros, 2016.

MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. 14. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva Educação, 2019. (Série IDP). *E-book*.

MITCHELL, Tom M. **Machine learning**. [S. l.]: McGraw-Hill, 1997.

MODELO. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

MOHRI, Mehryar; ROSTAMIZADEH, Afshin; TALWALKAR, Ameet. **Foundations of machine learning**. 2nd ed. Cambridge: The MIT Press, 2018. *E-book*.

MORAES, Alexandre. **Direito constitucional**. 32. ed. rev. e atual. até a EC nº 91, de 18 de fevereiro de 2016. São Paulo: Atlas, 2016. *E-book*.

MOREIRA FILHO, José Lopes. **Python para linguística de corpus**: guia prático. 1. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2021. *E-book*.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O. **Estatística Básica**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2010.

MOTTA, Sylvio. **Direito Constitucional**: teoria, jurisprudência e questões. 27. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2018. *E-book*.

NUNES JÚNIOR, Flávio Martins Alves. **Curso de direito constitucional**. 3. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2019. *E-book*.

ORLANDI, Eni Puccinelli. **O que é linguística**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

PARRY. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/PARRY>. Acesso em: 10 out. 2022.

PART of speech. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Part_of_speech. Acesso em: 10 out. 2022.

PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da pesquisa jurídica**: teoria e prática. 14. ed. rev., atual. e ampl. Florianópolis: Empório Modara, 2018.

PATEL, Ankur A.; ARASANIPALAI, Ajay Uppili. **Applied natural language processing in the enterprise**: teaching machines to read, write, and understand. 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2021.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. 1. ed. Curitiba: Alteridade, 2019.

PINHEIRO, João Ismael D.; CUNHA, Sonia Baptista da; CARVAJAL, Santiago Ramírez; GOMES, Gastão Coelho. **Estatística Básica**: a arte de trabalhar com dados. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

POOLE, David. **Álgebra linear**: uma introdução moderna. Tradução técnica de Martha Salerno Monteiro e Célia Mendes Carvalho Lopes. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

RACTER. *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Racter>. Acesso em: 10 out. 2022.

RAI, Saritha. Fired Indian technology workers turn to chatbots for counseling. **The Economic Times**, [S. l.], 11 dez. 2017. Bloomberg. Disponível em: <https://cio.economictimes.indiatimes.com/news/strategy-and-management/fired-indian-technology-workers-turn-to-chatbots-for-counseling/62018491>. Acesso em: 29 out. 2022.

RAJ, Sumit. **Building chatbots with python**: using natural language processing and machine learning. [S. l.]: Apress, 2019. *E-book*.

RASCHKA, Sebastian; MIRJALILI, Vahid. **Python machine learning**: machine learning and deep learning with python, scikit-learn, and TensorFlow 2. 3rd ed. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing, 2019.

RICHARD wallace (scientist). *In*: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Wallace_\(scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Wallace_(scientist)). Acesso em: 10 out. 2022.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence**: a modern approach. 4th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2021. *E-book*.

SALOMÃO, Luis Felipe (coord.). **Inteligência artificial**: tecnologia aplicada à gestão dos conflitos no âmbito do poder judiciário brasileiro. São Paulo: FGV, [2020]. *E-book*. Disponível em:

https://ciapj.fgv.br/sites/ciapj.fgv.br/files/estudos_e_pesquisas_ia_1afase.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

SALOMÃO, Luis Felipe (coord.). **Inteligência artificial: tecnologia aplicada à gestão dos conflitos no âmbito do poder judiciário brasileiro**. 2. ed. São Paulo: FGV, [2022]. *E-book*. Disponível em: https://ciapj.fgv.br/sites/ciapj.fgv.br/files/relatorio_ia_2fase.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

SAMUEL, Arthur Lee. Some studies in machine learning using the game of checkers. **IBM Journal of Research and Development**, v.3, n. 3, p. 210-229, July 1959. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5392560>. Acesso em: 3 jun. 2022.

SÃO. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional**. 12. ed. rev., atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015. *E-book*.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2011. *E-book*.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. Notas sobre a proibição de retrocesso em matéria (socio) ambiental. *In*: PRIEUR, Michel *et al.* **O princípio da proibição de retrocesso ambiental**. Brasília: Senado Federal, 2011. p. 121-206. *E-book*. Disponível em: <http://www2.senado.gov.br/bdsf/item/id/242559>. Acesso em: 8 fev. 2023.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. *E-book*.

SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. 7. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018. *E-book*.

SARTORI, Márcia Aparecida; TAVARES, Sérgio Marcus Nogueira; PINATO, Tassiane Boreli (org.). **Objetivos de desenvolvimento sustentável: práticas para o alcance da agenda 2030**. São Bernardo do Campo: Universidade Metodista de São Paulo, 2020.

SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEM-DAVID, Shai. **Understanding machine learning: from theory to algorithms**. New York: Cambridge University Press, 2014.

SIGNO. *In*: HOUAISS eletrônico. [S. l.]: Ed. Objetiva, 2009. CD-ROM.

SILVA, Virgílio Afonso da. **Direito constitucional brasileiro**. 1 ed. São Paulo: EDUSP, 2021.

SOFTWARE aplicativo. *In*: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Software_aplicativo. Acesso em: 10 out. 2022.

SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de. Sustentabilidade corporativa: uma iniciativa de cunho social transformando o meio ambiente. **Revista Jurídica - Unicuritiba**, Curitiba, v. 4, n. 45, p. 245-262, 2016.

SPAM. *In*: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Spam>. Acesso em: 13 fev. 2022.

STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Álgebra Linear**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

STEINMETZ, Wilson. Artigo 5º, XIV. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes, MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz (coord.). **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Jur: Almedina, 2018. *E-book*.

TERRA, Ernani. **Curso prático de gramática**. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2011.

TOM m. mitchell. *In*: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2010]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Tom_M._Mitchell. Acesso em: 13 fev. 2022.

TRASK, Andrew W. **Grokking deep learning**. Shelter Island, NY, USA: Manning, 2019. *E-book*.

VAJJALA, Sowmya; MAJUMBER, Bodhisattwa; GUPTA, Anuj; SURANA, Harshit. **Practical natural language processing**: a comprehensive guide to building real-world NLP systems. 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly, 2020. *E-book*.

VEIGA, José Eli da. **Para entender o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora 34, 2015. *E-book*.

VEIGA, José Eli da. **Sustentabilidade**: a legitimação de um novo valor. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019. *E-book*.

ZHANG, Aston; LIPTON, Zachary C.; LI, Mu; SMOLA, Alexander J. **Dive into Deep Learning**. [S. l.]: [s. n.], 2021. *E-book*. Disponível em: <https://d2l.ai>. Acesso em: 21 fev. 2021.