

TOMAS MAURICIO ALMEIDA LIMA DA COSTA CARVALHO

**UMA PROPOSTA DE MODELO DE METADADOS PARA MOBILIDADE URBANA DE
CIDADES INTELIGENTES**

**Especialista, pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Dados
e Big Data.**

**SÃO PAULO
Dezembro de 2024**

TOMAS MAURICIO ALMEIDA LIMA DA COSTA CARVALHO

**UMA PROPOSTA DE MODELO DE METADADOS PARA MOBILIDADE URBANA DE
CIDADES INTELIGENTES**

**Especialista, pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Dados
e Big Data.**

**Área de concentração: Tecnologia da
Informação - Engenharia / Tecnologia /
Gestão.**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Morandini

**SÃO PAULO
Dezembro de 2024**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa Tatiana pela compreensão e paciência.

Agradeço aos meus amigos e familiares.

Agradeço e dedico ao meu querido pai, Sérgio, in memoriam.

“Make everything as simple as possible, but not simpler”

Albert Einstein

“We are drowning in information but starved for knowledge”

John Naisbitt

CURSO ENGENHARIA DE DADOS E BIG DATA

Coord.: Prof. Solange N. Alves de Souza

RESUMO

O crescimento das populações urbanas e a demanda por meios de vida menos poluentes são uma realidade mundial do século XXI. O conceito de cidades inteligentes emerge diante deste cenário e baseando-se nas tecnologias de informação e comunicação (TICs) almeja tornar os meios urbanos mais preparados para o futuro. A mobilidade urbana se destaca na contribuição para emissão de gases de efeito estufa, por sua massiva demanda diária nos centros urbanos e por possibilitar que TIC possam apresentar melhorias para seus desafios. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta de modelo de metadados focada na solução de dois desafios de mobilidade urbana: a sobrecarga da rede municipal de carregamento de veículos elétricos e a falta de dinamização. A proposta do modelo foi desenvolvida a partir da óptica dos metadados de negócios e permite o desenvolvimento de um Produto Mínimo Viável que visa apoiar iniciativas que procuram mitigar os problemas anteriormente destacados.

Palavras-chave: modelagem de metadados, cidades inteligentes, business intelligence

ABSTRACT

The growth of urban populations and the demand for less polluting ways of life are a global reality in the 21st century. The concept of smart cities emerges in this scenario and, based on information and communication technologies (ICTs), aims to make urban environments more prepared for the future. Urban mobility stands out in its contribution to greenhouse gas emissions, due to its massive daily demand in urban centers and for enabling ICTs to present improvements to their challenges. In this context, this paper presents a proposal for a metadata model focused on solving two urban mobility challenges: the overload of the municipal electric vehicle charging network and the lack of dynamism. The model proposal was developed from the perspective of business metadata and allows the development of a Minimum Viable Product that aims to support initiatives that seek to mitigate the problems previously highlighted.

Keywords: metadata modeling, smart cities, business intelligence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de arquivo XML.....	22
Figura 2. Elementos de metadados nas três classes de informação. Baseado no RFC 2413.....	24
Figura 3. Modelagem de metadados para PMV que ameniza desafios de mobilidade urbana.....	41
Figura 4. Modelagem Dimensional em formato <i>star schema</i> baseada no Modelo proposto de metadados para PMV que ameniza desafios de mobilidade urbana.....	46

SUMÁRIO

1. Introdução	11
1.1. Objetivo	16
1.1.1. Objetivos Específicos	16
1.2. Metodologia	16
2. Conceituação Teórica	17
2.1 Metadados	17
2.1.1 Visão Cronológica	18
2.1.2 Modelos de Metadados	24
2.1.3 Definição	25
2.1.4 Funcionalidade	26
2.1.4.1 Tipos de Metadados	28
2.2 Conformidades Legais e Padrões de Qualidade	29
2.3 Smart Cities	30
2.4 Veículos Elétricos	33
2.5 Business Intelligence e Big Data	35
2.6 Economia do Compartilhamento e Mobilidade Urbana	37
3. Proposta de Modelo de Metadados	39
4. Conclusão	48
5. Referências Bibliográficas	50

1. Introdução

O desenvolvimento, sem precedentes na história humana, de sistemas e tecnologias capazes de coletar, transformar e armazenar dados massivamente a cada segundo para a tomada de decisão, é a marca da era da economia digital (SULTANA et al, 2022). Este panorama tem desafiado todos os tipos de organizações, de agências governamentais a diversos ramos da economia, tanto no processo de inovação quanto no alinhamento à sustentabilidade ambiental.

Diante de cenários cada vez mais competitivos e disruptivos, para se manterem no mercado, organizações precisam estabelecer processos que permitam a geração rápida de conhecimento e valor sobre o produto, serviço ou mercado sob o qual operam (GABRIEL & KISO, 2023).

A popularização da temática ambiental e o avanço das mudanças climáticas tem ocasionado a emergência de diversos conceitos e princípios que englobam filosofias, políticas e ações, que em algum grau, visam atender o que prescreve o Artigo 225 da Constituição Federal de 1988:

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.

A sigla ESG (Environmental, Social, and Governance, UN 2004), representa um princípio de investimento que prioriza questões ambientais, questões sociais e governança corporativa e tem guiado governos e organizações para práticas mais eficientes e ambientalmente menos poluentes.

No setor privado o avanço deste princípio é notável, por exemplo, um total de 4.375 investidores que administravam 121 trilhões de dólares americanos (USD) assinaram os Princípios para Investimento Responsável (“PRI”) até o final de 2021 (EDMANS, 2022).

De acordo com o Banco Mundial (WORLD BANK, 2022), em 2022, 57% da população mundial vivia em cidades. A Organização das Nações Unidas (UN, 2019), afirma que em 2050, 68% da população mundial viverá em áreas urbanas.

O aumento da população e do trânsito nas cidades está se tornando cada vez mais intenso e complexo, levando a uma variedade de problemas urbanos, como engarrafamentos, deterioração ambiental e escassez de moradias (PAN et al, 2016). Dessa forma, se faz necessário o desenvolvimento de novas estratégias para aumentar a sustentabilidade das cidades, na qual cidadãos, empresas e governos possam acessar serviços e recursos mais eficientemente (LETAIFA, 2015).

Apesar de o volume de dados criado, captado e consumido nos últimos 5 anos mais que duplicar (TAYLOR, 2023), a inclusão do princípio de ESG em relatórios governamentais é inexplorada, potencialmente devido à dificuldade em coletar dados (BORA et al., 2021). No entanto, tecnologias associadas a cidades inteligentes (*Smart Cities*) podem oferecer oportunidades para facilitar ainda mais o processo de aquisição de dados (GU et al, 2024).

A necessidade de balancear o crescimento econômico com o desenvolvimento social e sustentável é o principal fator de interesse no conceito de cidades inteligentes ao redor do mundo (LETAIFA, 2015).

O conceito de *Smart Cities* está intrinsecamente relacionado à necessidade de tornar o meio urbano preparado para o futuro (HEIJLEN & CROMPVOETS, 2019), no sentido de melhorar a utilização de energia, cuidados de saúde, transportes, educação e serviços (LETAIFA, 2015). Diversos autores que elaboraram definições de cidades inteligentes enfatizam o uso de tecnologias modernas na vida urbana cotidiana, resultando em sistemas de transporte inovadores, infra estruturas, logística e sistemas de energia eficientes (OREJON-SANCHEZ et al, 2022).

Os governos municipais controlam uma percentagem substancial dos recursos mundiais, o que representa cerca de 75% de toda a energia (MOHANTY et al, 2017). A transição energética para um futuro sem emissões de carbono exige a implantação e a

adoção de planos estratégicos inovadores que visem desenvolver tecnologias capazes de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e a criação de sistemas de transportes sustentáveis que apoiem o crescimento económico e gerem outros co-benefícios sociais e ambientais (NANAKI, 2021).

Meios de transporte sustentáveis, seguros, confiáveis e acessíveis são uma necessidade crescente, assim como, tema central no conceito de *Smart Cities*. Neste sentido, tem crescido o interesse e os investimentos em tecnologias de mobilidade que envolvem carros autônomos, carros movidos à hidrogênio e à eletricidade, além de mobilidade compartilhada. Governos já estão se mobilizando para banir carros à base de combustíveis fósseis, a exemplo do Reino Unido (MACLELLAN, 2020) e da Suécia (GAYLE, 2023).

A indústria dos transportes contribui para a geração de 28% dos gases com efeito de estufa e para o consumo de 71% dos combustíveis fósseis. Neste sentido, para minimizar as emissões de GEEs, o controle das emissões dos meios de transporte possui um papel central. A melhor maneira de reduzir a poluição do setor de transporte é aumentar a participação de veículos elétricos, pois a demanda por transporte de passageiros continua a aumentar (ZHAO et al, 2021).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2024), em 2023, aproximadamente a cada cinco carros vendidos um era elétrico. Além disso, cerca de 14 milhões de novos veículos elétricos (EV) foram registrados globalmente em 2023, somando um total de 40 milhões de EVs nas estradas, sendo que 95% estão localizados na China, Europa e Estados Unidos (IEA, 2024).

Para o ano de 2024, espera-se um aumento de 21% nas vendas globais, totalizando 16,7 milhões de novos veículos elétricos, sendo 70% deles totalmente elétricos (BLOOMBERG, 2024). Dessa forma, é possível inferir que a tendência para o futuro da mobilidade de baixo carbono será definida pelos avanços tecnológicos na infraestrutura e investimentos em veículos elétricos (NANAKI, 2021).

A crescente demanda por veículos elétricos, registrada pelo aumento nas vendas de 35% de 2022 para 2023 (IEA, 2024), apresenta diversos desafios e questionamentos sobre o futuro da mobilidade, por exemplo, de como será a oferta de infraestrutura de recargas de bateria e se todos os veículos movidos a combustíveis fósseis serão substituídos por EVs.

Neste sentido, um estudo da consultoria McKinsey (2024), revelou que 46% dos estadunidenses donos de veículos elétricos provavelmente voltariam a utilizar carros de combustão interna (ICE), globalmente, essa porcentagem é de 29%. De acordo com 35% dos entrevistados o principal motivo pelos quais desejam mudar é uma infraestrutura de carregamento inadequada (MOSS, 2024). Obviamente, tal retorno ao uso dos automóveis movidos a combustíveis fósseis tornaria a atmosfera mais poluída.

A Agência Internacional de Energia recomenda a instalação de pelo menos um ponto de carregamento por cada 10 veículos elétricos para garantir a qualidade de serviço das infraestruturas de carregamento (IEA, 2022), o que levará a mais de 15 milhões de unidades em 2030 (JEANNIN, 2024).

A área urbana é um sistema altamente complexo e dinâmico de atividades e componentes inter-relacionados, com muitos fatores mudando continuamente ao longo do tempo (WANG et al, 2024). Todas as cidades enfrentam desafios como o planejamento urbano, desenvolvimento de infraestrutura, tomada de decisão e até a implantação e uso de bens e serviços (ISO, 2014).

Cidades inteligentes são caracterizadas por disponibilizar tecnologias capazes de fornecer sistemas e soluções a desafios complexos. Neste sentido, as cidades inteligentes, precisam de tecnologias robustas e resilientes para permitir que os dados sejam apresentados em uma variedade de formatos, tornar a troca de dados fluida e rápida entre diferentes tipos de topologia de rede e usando diferentes tipos de comunicação e transmissão e facilitar o uso e a agregação de dados por sistemas e serviços (ISO, 2014).

O presente estudo destacou que o desenvolvimento de tecnologias, inovação por meio da tomada de decisão baseada em dados e práticas climaticamente inteligentes, são tópicos complementares e de alta relevância para o desenvolvimento sustentável das sociedades humanas nas próximas décadas (SACHS et al, 2019; UN, 2014; ALBUQUERQUE et al, 2023).

Dessa forma, o principal desafio, objeto deste estudo, foi a estruturação de um modelo de metadados capaz de identificar os elementos necessários para a gestão da mobilidade de baixo carbono em cidades inteligentes, para assim, alavancar a tomada de decisão estratégica, a partir de dados (DAVIDSON et al, 2023).

A padronização de metadados é indispensável para desenvolver estratégias e soluções úteis para desafios que exigem grandes quantidades de dados em sua resolução (HOLOM et al, 2020). Por exemplo, metadados bem estruturados permitem a exploração e análise da trajetória de pessoas, via coordenadas geográficas dadas pelo *Global Positioning System* (GPS) embutido em dispositivos móveis, e podem fornecer novas ideias para resolver problemas de gestão urbana (XIA et al, 2021).

O rápido e exponencial avanço e adoção de tecnologias da informação e comunicação (TIC), exemplificado por computação em nuvem e Internet das Coisas (IoT), não foi acompanhado pelo desenvolvimento de um padrão de dados unificado e global (SEMANJSKI, 2023).

Além disso, a constante evolução de serviços orientados por dados em mobilidade urbana, como serviços de compartilhamento de veículos, faz com que seja difícil prever todas as possibilidades de padronização de dados (SEMANJSKI, 2023). No gerenciamento de recursos, os metadados inconsistentes podem criar problemas na manutenção de sistemas legados, backups de recursos, fontes de dados duplicadas e atualizações e alterações no recurso e no arquivo de metadados (KHALID & ZIMÁNYI, 2024).

Neste contexto, o presente trabalho realizou uma revisão da literatura científica sobre metadados, cidades inteligentes, eletrificação dos sistemas de transporte e economia

do compartilhamento, para poder elaborar uma proposta de modelo conceitual de metadados e apresentar potenciais usos deste modelo proposto no contexto de Business Intelligence.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de modelo de metadados para mobilidade urbana, visando sua aplicação no contexto de *Business Intelligence* para cidades inteligentes. Considerando minimizar externalidades ambientais negativas e dinamizar a mobilidade urbana, o trabalho identificou a crescente demanda por veículos elétricos e o avanço da economia compartilhada de automóveis como tópicos relevantes a serem explorados e servir de base para o modelo proposto.

1.1.1. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos alcançados com este trabalho podem ser divididos em três: (i) revisão da literatura; (ii) definição de uma proposta de modelo de metadados; (iii) demonstração de sua aplicabilidade prática no contexto de Business Intelligence.

1.2. Metodologia

A fim de atingir seu objetivo, este trabalho explorou a literatura de metadados, de cidades inteligentes, economia do compartilhamento, business intelligence e big data. Dessa forma, a monografia utilizou-se de referências bibliográficas publicadas em artigos científicos, encontrados na base da Elsevier (Science Direct), de alta relevância e impacto, publicados em diferentes jornais. As seguintes palavras de busca foram utilizadas: “Metadata”, “Metadata Model”, “Smart Cities”, “Metadata Model for Smart Cities”, “Electric Vehicles”, “Urban Mobility”, “Sharing Economy”, “Big Data Metadata Model”.

Além disso, alicerçado pela revisão da literatura e do contexto atual de mercado, o trabalho apresentou elementos gráficos visuais e descritivos para solidificar os fundamentos de uma melhor gestão de dados relacionados à mobilidade urbana.

2. Conceituação Teórica

Esta seção tem a finalidade de apresentar os principais conceitos teóricos envolvidos neste trabalho, que incluem: visão cronológica, definições, tipos e funcionalidades de Metadados, Smart Cities, Veículos Elétricos, Business Intelligence e Big Data e Economia do Compartilhamento.

2.1 Metadados - Visão Cronológica

O desenvolvimento da capacidade de abstração, a tomada de consciência e a criação da linguagem pelos seres humanos, possibilitou o desenvolvimento da escrita em diversas civilizações. Visando a gestão das sociedades, materiais e métodos foram desenvolvidos para atender à necessidade de organizar informações e o conhecimento de forma mais estruturada.

Os debates em torno da origem da informação gravada necessariamente envolvem discussões sobre documentos e a infraestrutura desenvolvida para gerenciá-los (BAWDEN & ROBINSON, 2012; HOWARD, 2024).

Datadas de 3.300 anos AC (HOWARD, 2024), as tábuas de argila encontradas na região do Iraque, representam o mais antigo vestígio do surgimento da escrita já encontrado até hoje (SPAR, 2004). De acordo com estudiosos (GLASSNER, 2003; HOUSTON, 2004), estas tábuas são documentos que registram itens ligados à burocracia da vida à época.

A distinção sobre a funcionalidade destes documentos, para fins religiosos, governamentais, de troca e comércio, previsão astrológicas e medicinais é reconhecida por diversos autores (HEDSTROM & KING 2006; MARTIN 2007; BAWDEN & ROBINSON, 2012; HOWARD, 2024).

A biblioteca de Assurbanipal, no sétimo século AC, nome dado para uma coleção de mais de 30 mil tábuas de argila, (FINKEL, 2019), e a biblioteca de Alexandria, do segundo século AC (HOWARD, 2024), ilustram os esforços humanos no sentido de

registrar, catalogar e armazenar o conhecimento. A sistematização deste conhecimento catalogado e armazenado é que foi sendo aperfeiçoada com o passar dos séculos.

Foi apenas com o avanço da ciência moderna (com expoentes como Lineu, Descartes, Hobbes, Locke e Rousseau) e da prensa de impressão, por volta do século XVII e XVIII, que começou haver uma distinção entre o formato destes documentos. Por exemplo, o Museu Britânico, situado em Londres na Inglaterra, aberto em 1756 separou sua coleção em três departamentos: (i) biblioteca - com livros impressos; (ii) arquivos - manuscritos; (iii) museu - com produções naturais e artificiais (HOWARD, 2024).

Com o passar do tempo houve uma maior especificação destas separações, e como exemplo, em 1973 o departamento de biblioteca do Museu Britânico já havia se dividido em três áreas, todas dentro do mesmo departamento (HOWARD, 2024).

O formato digital disruptou e removeu qualquer distinção física entre os tipos de registro (RAYWARD & MILLER, 1998; HOWARD, 2024). Neste contexto, de expansão das possibilidades de como registrar documentos, é que emerge a necessidade de sistemas capazes de armazenar e permitir a busca por informações, assim como padrões de gerenciamento de conhecimento.

Na década de 1960, os sistemas de informação começaram a gerenciar grandes volumes de dados. O processo de recuperação desses dados exigia domínio técnico avançado, além de tempo e recursos financeiros. Os primeiros bancos de dados usavam estruturas hierárquicas rígidas e planos de navegação complicados para indicar a vinculação física ou o aninhamento dos dados em fitas magnéticas. Como resultado, os especialistas em computação frequentemente precisavam escrever programas inteiros apenas para acessar um bit exato de informação.

Na década de 1970, o método de armazenamento e recuperação de dados de forma automática e relacional era apenas uma teoria. No entanto, Edgar Codd, matemático formado pela Universidade de Oxford e engenheiro da IBM, publicou o artigo intitulado *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*. Neste artigo, Codd descreve

um sistema que poderia potencialmente armazenar e acessar informações em grandes bancos de dados sem fornecer uma estrutura organizacional formal (CODD, 1970).

Neste icônico artigo, Codd, introduziu um conceito para um banco de dados que organiza informações em tabelas que poderiam ser vinculadas, ou relacionadas, com base em características comuns. Isso permitiu que os usuários recuperassem uma nova tabela com uma única consulta e permitiu que as empresas obtivessem insights de dados de forma rápida e fácil para tomar decisões.

Foi ainda na década de 1970 que a linguagem SQL para consulta a bancos de dados foi desenvolvida (CHAMBERLIN, 2012), assim como, um otimizador baseado em custos, que tornou os bancos de dados relacionais mais eficientes em retornar dados, e um compilador que poderia salvar planos de consulta para uso posterior (SELINGER, 1979). Além disso, no ano de 1977, a empresa Oracle produziu o primeiro banco de dados relacional comercialmente viável.

No vocabulário contábil, uma planilha é uma grande folha de papel com colunas e linhas que organizam dados sobre transações, geralmente financeiras. Assim, em uma única folha de papel um gerente comercial poderia examinar, por exemplo, custos e receitas para tomar uma decisão.

O ano de 1979 marca a criação do primeiro software comercial de planilhas eletrônicas desenvolvido por Dan Bricklin e Bob Frankston, nomeado de VisiCalc (GRAD, 2007). Uma planilha eletrônica organiza informações em colunas e linhas definidas por software. Os dados podem ser utilizados em funções aritméticas, como soma e produto. Alterando apenas uma célula, a menor unidade de interação em uma planilha, é possível atualizar diversos outros valores, sejam provenientes de resultados de funções ou não. Assim, o software de planilha resume informações de muitas fontes de papel em um só lugar e apresenta as informações em um formato para ajudar o tomador de decisão.

A combinação de sinalização eletrônica digital e computadores eletrônicos programáveis é a gênese da Internet (HARDY, 2003). Hoje em dia, a internet se

configura como um sistema mundial de redes de computadores e dispositivos eletrônicos interconectados que se comunicam entre si usando um conjunto estabelecido de protocolos (SHIPLEY & BOWKER, 2014).

O desenvolvimento da *World Wide Web* (WWW), um sistema de hipertexto distribuído pela Internet, por Tim Berners-Lee em 1989 (HARDY, 2003), como um meio amplamente disponível para mover documentos eletronicamente também fomentou o crescimento da publicação eletrônica (KANE & MAKUCH, 1998).

A publicação eletrônica foi além do paradigma da publicação em papel e aproveitou a tecnologia para oferecer novas e melhores maneiras de produzir, usar e gerenciar informações. No entanto, informações sem padrões estruturais são caóticas e para clareza e gerenciabilidade, a estrutura das informações deve ser explícita (KANE & MAKUCH, 1998).

Na publicação tradicional em papel, a estrutura do documento é elaborada em um processo chamado “marcação”. No caso dos documentos eletrônicos, a marcação pode ser descrita de duas maneiras diferentes: procedural ou descritiva.

A marcação processual é prescritiva. Por exemplo, os códigos de um software descrevem o que deve ser feito com o texto marcado como torná-lo em negrito ou itálico. No entanto, quando o software específico que lê esses códigos não está disponível, a informação é indecifrável. A marcação processual também é limitada, pois descreve a aparência de um elemento do documento e não o que ele representa. Isso significa que uma pesquisa a um banco de dados de documentos, focado em pesquisar títulos ou outros elementos significativos, como autor, não será possível porque esses elementos não estão identificados explicitamente (KANE & MAKUCH, 1998). Por outro lado, a marcação descritiva descreve quais são os elementos estruturais de um documento, como título, parágrafo, lista e citação.

Neste processo, ficou evidente que um padrão para estrutura de documentos não poderia cobrir todo tipo de documento estrutural potencial, então o GML foi repensado

como uma metalinguagem, uma linguagem sobre uma linguagem (KANE & MAKUCH, 1998).

Os conceitos de “marcação generalizada” foram elaborados e formalizados como *Standard Generalized Markup Language* (SGML) na Norma ISO 8879 em 1986 (ISO, 1986). O SGML pode ser concebido como uma metalinguagem robusta para descrever um documento, ou seja, uma metalinguagem que define códigos de marcação incorporados em documentos (KANE & MAKUCH, 1998).

No desenvolvimento da WWW, Tim Berners-Lee desenvolveu o *Hypertext Markup Language* (HTML) para aproveitar o potencial de vinculação entre a WWW e a SGML. Assim, o HTML como uma aplicação particular do SGML foi amplamente implementado. No entanto, embora forneça facilidade de uso, o HTML não aborda os problemas que os criadores do SGML pretendiam resolver, pois o HTML não descreve a estrutura do documento com confiabilidade. A grande fraqueza do HTML é que ele é limitado a um único conjunto de tags e não pode acomodar nenhuma tag adicional. Neste sentido, ele não é extensível (KANE & MAKUCH, 1998).

Dessa forma, considerando a complexidade do SGML e as limitações do HTML, uma solução que combinasse o rigor de uma linguagem com a simplicidade da outra foi necessária. Neste contexto, no ano de 1996, o World Wide Web Consortium (W3C), estabeleceu a *eXtensible Markup Language* (XML), sendo que a versão 1.0 foi publicada em 1998 (EITO-BRUN, 2018).

Como diz o próprio nome, a XML é uma linguagem de marcação e seu intuito é codificar o conteúdo de documentos. Dessa forma, documentos baseados neste padrão devem seguir algumas diretrizes como: (i) deve ser facilmente utilizável pela Internet; (ii) deve suportar uma ampla variedade de aplicativos; (iii) deve ser compatível com SGML; (iv) o design deve ser formal e conciso; (v) deve ser legível por humanos e razoavelmente claro; (vi) fácil escrever programas que processem documentos XML (BRAY et al, 2008).

Além disso, documentos XML devem: (i) incluir *tags*; (ii) o conjunto de *tags* a serem usadas não é inicialmente restrito; (iii) os documentos que não contêm nenhuma informação sobre a esperada visualização ou apresentação de seu conteúdo (EITO-BRUN, 2018). A Figura 1 apresenta um exemplo de documento XML.

```
1  <?xml version="1.0"?>
2  <catalog>
3    <book id="bk101">
4      <author>Gambardella, Matthew</author>
5      <title>XML Developer's Guide</title>
6      <genre>Computer</genre>
7      <price>44.95</price>
8      <publish_date>2000-10-01</publish_date>
9      <description>An in-depth look at creating applications
10     with XML.</description>
11   </book>
12   <book id="bk102">
13     <author>Marqu  ez, Gabriel García</author>
14     <title>One Hundred Years of Solitude</title>
15     <genre>Magical Realism</genre>
16     <price>35.95</price>
17     <publish_date>1967-12-16</publish_date>
18     <description>the rise and fall, birth and death of the
19     mythical town of Macondo through the history of the
20     Buendía family.</description>
21   </book>
22 </catalog>
```

Figura 1. Exemplo de arquivo XML. Elaborado pelo autor.

A importância da estrutura da informa  o e a adesão a padrões abertos são enfatizadas como componentes críticos dos sistemas de gerenciamento de documentos digitais. Neste sentido, a gestão de dados e documentos digitais, e consequentemente de metadados, entre as décadas de 1970 e 1990, se caracterizou pelos aspectos de ser legível por computadores, possuir estruturas (*schema*) de dados fixas e por ser projetada para sistemas fechados.

Um padrão    um conjunto de diretrizes, regras ou especifica  es que definem uma estrutura comum para práticas consistentes e interoperáveis em um campo específico. Padrões oferecem base para uniformidade, compatibilidade e comunica  o entre

diferentes entidades. Um padrão de metadados, especificamente, é um conjunto de regras e diretrizes que governam a estrutura, o conteúdo e a codificação de metadados. Os padrões de metadados definem os elementos, atributos e valores que devem ser usados para descrever e representar recursos de informação (ALEMU, 2024).

Diferentes organizações, com seus diferentes objetivos e propósitos, possuem diferentes necessidades no que diz respeito a requerimentos de metadados. Uma empresa montadora de veículos elétricos talvez utilize metadados para marcar (*tag*) modelo de veículos baseado em vendas, enquanto que uma empresa montadora de estações de recarga de bateria para veículos elétricos utilize metadados para marcar a localização das estações baseado em localização geográfica, latitude e longitude.

Surge em 1995 o Dublin Core Metadata Standard, um conjunto de quinze propriedades, que emerge de um esforço interdisciplinar e de construção de consenso internacional, para uso na descrição de quaisquer recursos digitais (WEIBEL et. al. 1998). O nome "Dublin" é devido à sua origem em um workshop de 1995 realizado em Dublin, no Estado de Ohio nos Estados Unidos. "Core" é porque seus elementos são amplos e genéricos, utilizáveis para descrever uma ampla gama de recursos.

Conteúdo	Propriedade Intelectual	Instância
Título Assunto Descrição Tipo Fonte Relação Abrangência	Criador Publicador Contribuidor Direitos	Data Formato Identificador Linguagem

Figura 2. Elementos de *metadados* nas três classes de informação. Baseado no RFC 2413. Elaborado pelo autor.

A seção a seguir apresenta alguns exemplos de modelos de metadados que podem ser significativamente empregados.

2.1.1 Modelos de Metadados

Os *metadados* Dublin Core podem ser incorporados em vários formatos digitais, como HTML e XML, tornando-os amplamente aplicáveis em diferentes tipos de recursos e sistemas. Além disso, o uso de *metadados* Dublin Core permite a interoperabilidade entre diferentes sistemas e melhora a capacidade de descoberta e acessibilidade de recursos digitais (ALEMU, 2024).

Nas últimas décadas, padrões como o *General Transit Feed Specification* (GTFS) e *Network Timetable Exchange* (NeTEx) foram desenvolvidos para garantir consistência em dados de mobilidade urbana.

O GTFS foi desenvolvido pela empresa de tecnologia Google em 2006 para suprir a necessidade da empresa padronizar dados de horários de transporte público. Ao mesmo tempo, o GTFS visava tornar as integrações de dados de transporte público escaláveis para soluções de mapas do Google (ROUSH, 2012, apud SEMANJSKI, 2023).

O padrão GTFS utiliza identificadores únicos para cada conjunto de dados, os quais precisam ser registrados no Google. Seus arquivos são simples e compactos, mas a necessidade de múltiplos arquivos para descrever diferentes elementos aumenta a complexidade, exigindo regras específicas para nomeação e organização (SEMANJSKI, 2023).

O padrão NeTEx, desenvolvido pelo poder público, especificamente pelo *European Committee for Electrotechnical Standardization* (CEN, 2012), com o objetivo de identificar troca de horários de transporte público e dados relacionados, incluindo descrições de rede, produtos de tarifas, padrões de viagens e horários, horários de conexão, viagens combinadas, entre outros. Além disso, este padrão utiliza a linguagem XML, que permite agregar um conjunto de dados completo como um único documento coerente que pode ser gerenciado e validado.

Considerando uma complementaridade entre os dois padrões apresentados, NeTEx e o GTFS, é possível gerar um conjunto de dados GTFS completo a partir do NeTEx, no entanto, o oposto não se aplica. Para que isso ocorra, o *Unified Modeling Language* (UML) do NeTEx inclui um pacote de mapeamento GTFS, que identifica como preencher cada elemento GTFS a partir do elemento NeTEx correspondente, o que é um passo positivo em direção à co-operabilidade entre padrões (SEMANJSKI, 2023).

2.1.2 Definição

Por ser um tema transversal e amplamente utilizado não somente em sistemas de informação, o metadado pode ser concebido de diversas formas. No entanto, todas as definições convergem, em um certo grau, no que concerne a sua utilidade, funcionalidade e propósito.

A primeira menção de metadados para sistemas de computador vem de David Griffel e de Stuart McIntosh, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em 1967, quando descreveram a necessidade de uma “metalinguagem” digital. Em seu estudo sobre *Administrative Data Methods For Information Naming Systems*, os autores esclarecem que “se muitos tipos diferentes de registros forem gerados, será necessário manter um registro (metadados - dados bibliográficos) dos registros de dados.”

De acordo com o Data Management Body of Knowledge (DMBOK), a definição mais comum de metadado é “dado sobre o dado”, no entanto, enganosamente simples (DAMA-DMBOK, 2017). Pode-se expandir essa definição para a informação que criamos, armazenamos e compartilhamos para descrever coisas, que nos permite interagir com essas coisas para obter o conhecimento que precisamos (RILEY, 2017).

Expandindo ainda mais essa definição, o termo metadado inclui informações sobre processos técnicos e de negócios, regras e limitações, além de estruturas de dados lógica e física (DAMA-DMBOK, 2017).

Existe um debate sobre metadado ser um dado, e em resumo, é que metadado é um tipo de dado e deve ser gerenciado como tal. No entanto, como definir um dado que não é metadado e um dado que é metadado não é tão simples para algumas organizações. Conceitualmente, essa definição se dá pelo nível de abstração representada pelo dado (DAMA-DMBOK, 2017).

Esta distinção entre dado e metadado é irrelevante em muitas situações, uma vez que os metadados são frequentemente criados, armazenados e utilizados em grande parte como se fossem dados. Na verdade, a distinção entre metadados e dados é, na verdade, apenas uma questão de semântica (RILEY, 2017).

2.1.3 Funcionalidade

O aumento da capacidade de organizações em coletar e armazenar dados, faz com que o papel dos metadados na gestão de dados cresça em importância. No entanto, a falta de metadado impossibilita uma organização a gerir seus dados como um ativo. Dessa maneira, ao não possuir este ativo, uma organização não consegue desenvolver valor competitivo e inovar em produtos e soluções na sua área de atuação.

Os metadados servem vários propósitos no gerenciamento de dados e informações, incluindo estruturação, codificação, marcação, descrição de dados e permitir referência precisa e vinculação de informações. Desta forma, ajudam a categorizar, organizar e melhorar a capacidade de pesquisa de dados e informações (ALEMU, 2024).

Neste sentido, organizações que desejam se manter relevantes em um mundo e mercados, cada vez mais voláteis, devem compreender a importância e implementar processos de gestão de metadados como uma maneira de auxiliá-las a entenderem seus dados, sistemas e fluxos de trabalho (DAMA-DMBOK, 2017).

É importante ressaltar que os metadados devem ser estruturados em algum nível, pois é a partir desta estruturação que é possível transformar dados brutos em metadados que promovam uma tomada de ação. Dessa maneira, para um metadado ser efetivo, é

preciso que este esteja alinhado com diretrizes de padronização, conhecidos como padrões de metadados, o qual asseguram a consistência e compatibilidade em diferentes sistemas (ALEMU, 2024).

A gestão de metadados visa, portanto, documentar e gerenciar o conhecimento organizacional da terminologia de negócios relacionada a dados para, assim, assegurar que haverá um entendimento do conteúdo dos dados e que estes possam ser usados consistentemente. Além disso, a gestão de metadados tem como objetivo garantir a qualidade, consistência e segurança dos metadados (DAMA-DMBOK, 2017). A gestão de metadados auxilia organizações a:

- Aumentar a confiança nos dados fornecendo contexto e permitindo a medição da qualidade dos dados;
- Aumentar o valor das informações estratégicas;
- Melhorar a eficiência operacional identificando dados e processos redundantes;
- Evitar o uso de dados desatualizados ou incorretos.

Adicionalmente, a gestão de metadados não é apenas um desafio de gestão do conhecimento, mas também uma necessidade de gestão de risco. Gestão de risco no sentido de uma organização poder identificar dados sensíveis para atender às conformidades legais de proteção de dados pessoais e privados (DAMA-DMBOK, 2017).

2.1.3.1 Tipos de Metadados

Os requerimentos de metadados devem ser focados no que organizações necessitam de metadados, por exemplo, para criar novos dados, compreender dados existentes, possibilitar a movimentação de dados entre sistemas, acessar e compartilhar dados.

De acordo com DAMA-DMBOK (2017), metadado é geralmente categorizado em três tipos: (i) Negócio; (ii) Técnico; (iii) Operacional. Para evitar a confusão de tentar

enquadrar em qual categoria um metadado deve pertencer, identificar de onde um metadado é originado, ao invés de como é utilizado, é mais prudente.

O metadado de negócio é focado no conteúdo e condições do dado. Inclui nomes não técnicos, definições de conceitos, áreas temáticas, entidades e atributos, tipos de dados de atributos, cálculos, algoritmos e regras de negócio. Alguns exemplos são:

- Definição e descrição de conjunto de dados, tabelas e colunas;
- Regras de negócio, regras de transformação e cálculos;
- Modelos de dados;
- Regras de qualidade de dados e resultados mensuráveis.

O metadado técnico é focado em detalhes técnicos dos dados, os sistemas que armazenam os dados e os processos para mover intra e inter-sistemas. Exemplos são:

- Definições de *schema* de formato de arquivo;
- Propriedades dos objetos do banco de dados;
- Detalhes de ETL (*Extract, Load, and Transform*);
- Permissão de acesso;
- Modelos de dados físicos, incluindo nomes de tabelas de dados, chaves e índices.

Já o metadado operacional descreve detalhes do processamento e acesso dos dados. Alguns exemplos são:

- Logs de erro;
- Padrões de acesso a relatórios e consultas, frequência e tempo de execução;
- Padrões volumétricos e de uso;
- Requisitos e disposições do SLA (Acordo de Nível de Serviço - *Service Level Agreement*);
- Backup, retenção, data de criação, disposições de recuperação de desastres.

O presente trabalho, no objetivo de apresentar uma modelagem conceitual de gestão de metadados de informações para veículos elétricos, apresentou elementos dos três tipos de metadados mencionados anteriormente.

2.2 Conformidades Legais e Padrões de Qualidade

O aumento de normas, padronizações e critérios é diretamente proporcional ao aumento da quantidade e fluxo de dados. A necessidade de estabelecer-se mais rigor para o entendimento e intercâmbio de dados e metadados fez surgir, também, a necessidade de padrões comuns para tal.

Assim, a Organização Internacional para Padronização (ISO) conjuntamente com a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) estabeleceu a Padronização de Registro de Metadados (ISO/IEC, 2023) que é destinada a permitir a troca de dados baseada em metadados em um ambiente heterogêneo, com base em definições exatas de dados.

Os 27 países membros da União Europeia são regulados pelo Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR, 2018). Ainda que não mencione explicitamente metadados pelo nome, seus princípios e definições se aplicam a qualquer informação que possa ser usada para identificar um indivíduo, o que inclui metadados.

No Brasil, a Lei número 13.709 que rege sobre Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (BRASIL, 2018) segue uma diretriz bastante semelhante ao regulamento Europeu ao não mencionar explicitamente o nome metadados, mas dispor sobre dados pessoais que requerem metadados para serem identificados e geridos.

No Estado da Califórnia, nos Estados Unidos, por exemplo, existe a Lei de Privacidade do Consumidor da Califórnia (CCPA, 2018) que como as mencionadas Leis anteriores não explicita o termo metadado mas que o termo está implícito ao longo da redação da Lei.

O capítulo a seguir apresenta conceituações e análises sobre as cidades inteligentes (*Smart Cities*) e sua importância no contexto da qualidade de vida das pessoas.

2.3 Smart Cities

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados pelos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, representam o plano para alcançar um futuro mais sustentável, próspero e equitativo para todos (UN, 2020). Os 17 ODS abordam desafios globais enfrentados pela humanidade, incluindo os relacionados com a pobreza, a desigualdade, as alterações climáticas, a degradação ambiental, a paz e a justiça. Especificamente o objetivo 11 diz respeito a tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Neste contexto, emerge o conceito de cidades inteligentes ou *Smart Cities*, que é um conceito relativamente novo e altamente dependente do contexto do país, governo, disponibilidade de recursos naturais, conhecimento e capacidades de tecnologia da informação (WEISI & PING, 2014; LETAIFA, 2015).

De acordo com a Organização Internacional para Padronização (ISO, 2014) *Smart Cities* pode ser definido como:

Um novo conceito e um novo modelo, que aplica a nova geração de tecnologias de informação, como a internet das coisas (IoT), computação em nuvem, big data e integração de informações espaciais/geográficas, para facilitar o planejamento, a construção, a gestão e os serviços inteligentes das cidades.

As cidades inteligentes representam um padrão promissor de desenvolvimento urbano, pois trazem o potencial para promover a sustentabilidade e o bem-estar humano através do uso extensivo das tecnologias da informação e comunicação (TIC) (PAPADOPOULOU, 2021). Dessa forma, podemos conceber que uma cidade é

inteligente quando consegue integrar e sincronizar o tecido social no ecossistema urbano baseado em TIC (LETAIFA, 2015).

Alavi et al. (2022) ressalta que infraestruturas inteligentes integradas à tecnologia da informação e comunicação são a espinha dorsal das cidades inteligentes. As TIC constituem a força motriz das cidades inteligentes, permitindo a coleta e gestão de dados, a integração de dados e a aceleração da concretização de objetivos e perspectivas futuras (PAPADOPOULOU, 2021).

Apesar de muitas pesquisas sobre o tema de Smart Cities, existe uma lacuna metodológica de como implementar este conceito (LETAIFA, 2015). Dado a heterogeneidade das cidades ao redor do mundo por conta de seus contextos, tamanhos e recursos a implementação de eixos do conceito de cidades inteligentes varia bastante.

De acordo com Giffinger et al. (2007) existem seis tipos de indicadores para *Smart Cities*, sendo eles:

- *Smart Economy*
- *Smart People*
- *Smart Governance*
- *Smart Mobility*
- *Smart Environment*
- *Smart Living*

No entanto, seguindo Giffinger et al., (2007) e o objetivo deste trabalho, os elementos que aderem ao indicador de *Smart Mobility* é que serão objeto de estudo. Assim, aspectos da mobilidade urbana como a oferta de infraestrutura de recargas de bateria para veículos elétricos e a economia de viagens compartilhadas facilitada por empresas de tecnologias foram exploradas com mais detalhe do ponto de vista de modelos conceituais de metadados.

O surgimento de empresas de software na área de mobilidade urbana na última década transformou a maneira como as pessoas exploram e vivenciam o espaço urbano. Ao facilitar a conexão entre trabalhadores autônomos e pessoas com a necessidade de se deslocar, muitas vezes impedidas pelo escasso acesso e/ou desordenado transporte público, essas empresas auxiliam em uma gestão mais eficiente de recursos. Recursos estes, que se não manejados adequadamente, se tornam ainda mais escassos, como tempo e combustível.

Direcionar um carro a um lugar que há demanda para uma viagem é um exemplo prático de como tecnologia da informação e de engenharia de software vêm se constituindo uma das forças motrizes das cidades inteligentes. Além disso, o fato de somente uma empresa concentrar 150 milhões de usuários ativos por mês (STATISTA, 2024) indica que a experiência do cliente impulsiona a escolha da tecnologia (GUMMESSON, 2014).

Neste sentido, concentrar esforços no âmbito de interfaces e experiências que facilitem o acesso dos cidadãos aos serviços e infraestruturas urbanas é fundamental para garantir cidades mais resilientes, inclusivas e, de fato, inteligentes.

2.4 Veículos Elétricos

A energia fóssil tem sido um motor fundamental do progresso tecnológico, social, econômico e de desenvolvimento (RITCHIE et al., 2017) que se seguiu, mais intensamente, após a segunda revolução industrial, por volta de 1850.

Nas últimas décadas o aumento do consumo de combustíveis fósseis ocorreu principalmente devido às novas exigências de veículos de uso pessoal movidos por motores de combustão interna convencionais. Porém, pelo fato de as emissões de gases dos veículos estarem associadas a problemas ambientais e de saúde, organizações e governos do mundo todo vêm desenvolvendo padrões mais rigorosos para o consumo de combustível fósseis (CHAN et al., 2010).

Neste contexto, os veículos elétricos, que têm consumo zero ou limitado de combustíveis fósseis e emissões zero *in situ*, são uma tecnologia promissora que pode ajudar a lidar com a crise energética, combater o aumento das emissões de CO₂ e o aquecimento global (CHAN et al., 2010; NANAKI, 2021). A eletrificação pode ser considerada a maneira mais viável de alcançar um transporte limpo e eficiente, crucial para o desenvolvimento sustentável do mundo inteiro (OGURA et al., 2017).

Os veículos elétricos (EVs) não são uma novidade do século XXI. No século XIX já se tem registros de inventores interessados em motores elétricos. Em 1828, o físico e padre húngaro Ányos Jedlik inventou um tipo de motor elétrico e criou um modelo de carro movido por este novo motor. Entre 1832 e 1839, o inventor escocês Robert Anderson inventou o primeiro protótipo de carruagem elétrica, que era alimentada por células primárias não recarregáveis (GUARNIERI, 2011).

No entanto, somente no final do século XIX é que houve a produção de algumas unidades nos Estados Unidos, Reino Unido e França. Porém, devido às limitações impostas pelos altos custos iniciais e autonomia limitada, os EVs foram removidos do mercado na década de 1930, e somente após a década de 1970 o interesse por essa tecnologia retornou (CHAN et al., 2010; NANAKI, 2021).

Segundo Nanaki (2021), a bateria, a infraestrutura de carregamento, o mercado global de veículos, os preços da energia, a política climática e o setor elétrico são os principais componentes que passaram por uma grande mudança ao longo do processo de desenvolvimento dos veículos elétricos.

Existem quatro principais tipos de carros elétricos operando atualmente de acordo com Ogura et al. (2017): (i) veículos elétricos a bateria (BEVs); (ii) veículos elétricos híbridos plug-in (PHEVs); (iii) veículos elétricos híbridos (HEVs); (iv) veículos elétricos movidos a célula de combustível (FCEV).

Os BEVs funcionam inteiramente com uma bateria elétrica, sem um motor de combustão interna convencional. Esses veículos devem ser conectados a uma fonte

externa de eletricidade para recarregar suas baterias. Como todos os veículos elétricos, os BEVs também podem recarregar suas baterias por meio da frenagem.

Já os PHEVs funcionam principalmente com baterias que são recarregadas ao serem conectadas à rede elétrica. Eles também são equipados com um motor de combustão interna que pode recarregar a bateria e/ou substituir o trem de força elétrico quando a bateria estiver fraca e mais energia for necessária. Como os PHEVs podem ser recarregados na rede pública, eles geralmente são mais baratos de operar do que os híbridos tradicionais.

Os veículos elétricos híbridos (HEVs) têm dois sistemas de acionamento complementares: um motor a gasolina e tanque de combustível e um motor elétrico, bateria e controles. Ambos motores podem girar simultaneamente a transmissão, que aciona as rodas. Os HEVs não podem ser recarregados da rede elétrica, pois sua energia vem inteiramente da gasolina e da frenagem.

Os veículos elétricos de célula de combustível (FCEVs) são movidos por um motor elétrico que pode usar direta ou indiretamente energia de hidrogênio, metanol, etanol ou gasolina.

Dessa maneira, os motores elétricos desempenham um papel crucial nas tecnologias de EVs, pois o motor converte a energia elétrica da bateria em energia mecânica, o que permite que o veículo se mova.

Baterias são dispositivos que convertem a energia química contida em um material eletroquimicamente ativo diretamente em energia elétrica. Para um sistema recarregável, a bateria permite o armazenamento de uma quantidade definida de energia química e pode ser recarregada quando o material eletroquimicamente ativo tiver sido transformado (OGURA et al., 2017).

2.5 Business Intelligence e Big Data

Organizações do mundo todo estão sendo compelidas a capturar, entender e aproveitar seus dados para dar suporte à tomada de decisão a fim de melhorar as operações empresariais (BALACHANDRAN et al., 2017). Ao facilitar a identificação de oportunidades emergentes, expor possíveis riscos, revelar mais *insights* do setor e fortalecer estruturas de tomada de decisão, o Business Intelligence pode desempenhar um papel significativo na otimização da eficácia organizacional (ZHAO et al., 2021).

O termo Business Intelligence (BI) se refere à capacidade de uma empresa de fazer uso significativo dos dados coletados no curso de suas operações comerciais diárias (KIMBLE et al., 2015). BI são as tecnologias, aplicações e práticas para coleta, integração, análise e apresentação de informações empresariais (BALACHANDRAN et al., 2017). O potencial de uma empresa para usar efetivamente as informações coletadas durante as atividades do dia a dia é Business Intelligence (VIDAL-GARCÍA et al., 2019).

Portanto, podemos assumir que o principal propósito do Business Intelligence é dar suporte a tomada de decisão empresarial, de maneira robusta e rápida (BALACHANDRAN et al., 2017). A eficácia do BI pode ser medida por meio de Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs), como o tempo necessário para gerar relatórios, a precisão dos dados e a velocidade da tomada de decisões (CHENG et al., 2023).

O aumento exponencial na quantidade de dados gerados na última década (STATISTA, 2024), alavancado pelas redes sociais digitais, como Youtube, Twitter e Facebook, exige uma abordagem específica para que o Business Intelligence possa ser executado com excelência, já que a acessibilidade da informação é fundamental nas operações comerciais contemporâneas (EVANS et al., 1997).

Neste contexto, surge o conceito de Big Data, que se refere a conjuntos extremamente grandes e diversos de dados estruturados, não estruturados e semiestruturados que continuam a crescer exponencialmente ao longo do tempo. Esses conjuntos de dados

são tão grandes e complexos em volume, velocidade e variedade, que os sistemas tradicionais de gerenciamento de dados não conseguem armazená-los, processá-los e analisá-los (GOOGLE CLOUD, 2024).

O Big Data é tipicamente caracterizado por principalmente três atributos: (i) volume; (ii) variedade; (iii) velocidade. Os três Vs significam volume massivo de dados, variedade de tipos de dados e velocidade de geração de dados (RUSSOM, 2011).

Além disso, o Big Data permite que o BI forneça insights que auxiliam as empresas a entender melhor seus clientes, melhorar a tecnologia de marketing, tornar a personalização possível e identificar problemas e oportunidades em tempo real (VIDAL-GARCÍA et al., 2019). Informações em tempo real são cruciais para o sucesso empresarial, pois permitem a personalização de ofertas para atender às necessidades em evolução do consumidor de forma eficaz (ASONGU & MOULIN, 2016).

Acesso a grandes quantidades de dados de mercado, feedback do consumidor e o processamento e a utilização dessas informações de forma eficiente, aumenta assim a adaptabilidade e a competitividade dos negócios (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014). No entanto, para garantir competitividade comercial, é preciso fazer a análise de Big Data, que refere-se a um processo que extrai padrões não revelados, correlações desconhecidas, tendências de desenvolvimento da indústria, tendências de mercado ou preferências do cliente a partir de conjuntos de dados extensos e complexos, geralmente em tempo real (CHENG et al., 2023). Além disso, a análise de Big Data melhora a tomada de decisões em tempo real (VIDAL-GARCÍA et al., 2019).

Dessa maneira, as principais vantagens da análise de Big Data podem ser definidas em cinco aspectos: (i) aumenta a visibilidade dos dados; (ii) melhora o desempenho e a exposição à variabilidade ao coletar dados de desempenho precisos; (iii) ajuda a atender melhor às necessidades reais dos clientes ao segmentar a população; (iv) complementa a tomada de decisão com algoritmos automatizados ao revelar *insights* valiosos; (v) produz novos modelos de negócios, produtos e serviços (RAM, 2016 *apud* MCKINSEY, 2011).

O Business Intelligence pode servir como base e ponto de partida para a capacidade de análise de Big Data, estabelecendo práticas de gerenciamento de dados e levando ao desenvolvimento e refinamento da capacidade de análise de Big Data, enquanto a capacidade de análise de Big Data estende e aprimora as capacidades analíticas do Business Intelligence tradicional (CHENG et al., 2023 *apud* RESHMI & BALAKRISHNAN, 2018).

Estes processos de Business Intelligence e análise de Big Data são particularmente importantes em mercados em rápida evolução, ajudando as empresas a permanecerem sintonizadas com as tendências do consumidor e os avanços tecnológicos, e permitindo uma abordagem mais dinâmica e responsiva à estratégia e operação de negócios (KAPLAN & HAENLEIN, 2010).

2.6 Economia do Compartilhamento e Mobilidade Urbana

A economia do compartilhamento é definida por Frenken & Schor (2019) como consumidores concedendo uns aos outros acesso temporário a ativos físicos subutilizados (“capacidade ociosa”), possivelmente por dinheiro.

Operando por meio de plataformas digitais, as economias de compartilhamento permitem o comércio par-a-par (*peer-to-peer*), conectando usuários com produtos e serviços subutilizados a usuários que buscam acesso a eles (THORNTON & ZHAO, 2024).

Diversos autores (AHMAD et al., 2024; THORNTON & ZHAO, 2024) ressaltam os aspectos de sustentabilidade da economia do compartilhamento e seu vínculo com os ODS das Nações Unidas, especificamente o Objetivo 13, relacionado a tomar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos. Neste sentido, a economia do compartilhamento pode contribuir positivamente através da partilha dos bens em uso, da redução da produção de novos bens e da limitação da poluição ambiental.

No entanto, embora a economia do compartilhamento possa parecer ecologicamente correta, isso nem sempre é verdade, pois as coisas compartilhadas costumam ser descartadas, vendidas ou substituídas mais rapidamente (ING, 2020, apud AHMAD et al., 2024).

De qualquer modo, a economia do compartilhamento (*Sharing Economy*) representa um método inovador para avançar o desenvolvimento que surgiu pela colaboração com diferentes agentes econômicos para promover novas e disruptivas tendências culturais e melhorar o uso de recursos (AHMAD et al., 2024; HUSSAIN et al., 2023; NOZARI et al., 2021).

O conceito de economia do compartilhamento reforça transformar recursos ociosos e limitados para uma melhor utilização, como acomodação (e.g. plataforma Airbnb), e locomoção (e.g. Lyft e Uber). Ao invés de possuir um carro, os usuários de caronas compartilhadas podem economizar em possíveis multas de estacionamento e seguros obrigatórios, beneficiando-se deste modelo de economia para reservar uma viagem em seus dispositivos móveis (AHMAD et al., 2024).

No que concerne à escala de receita, de acordo com Statista (2021), a economia do compartilhamento de locomoção irá chegar em 16.5 bilhões de dólares americanos (USD) em 2026.

De maneira similar com o que ocorre com o aluguel de bicicletas e scooters, via aplicativos de smartphones, o aluguel de veículos elétricos está sendo explorado por diversas empresas em diferentes países. A empresa sueca Aimoshare é um exemplo da adoção deste tipo de modelo de economia do compartilhamento no setor de aluguel de carros.

Empresas que adotam a economia do compartilhamento em seu modelo de negócios, são leves em ativos, ao contrário de empresas tradicionais. Portanto, elas não possuem ativos para serem transferidos através das fronteiras (THORNTON & ZHAO, 2024). Dessa maneira, essas empresas possuem vantagens à internacionalização de suas operações, já que dependem de recursos externos, como base de usuários.

Assim, é possível inferir que para operacionalizar internacionalmente, empresas de tecnologia devem adotar um sistema de metadados robustos e coesos, que garanta escalabilidade e segurança.

3. Proposta de Modelo de Metadados

Modelo, no contexto de gerenciamento de informações, refere-se a uma estrutura conceitual ou representação que define a estrutura, relacionamentos e semântica de dados ou elementos de informação. Os modelos auxiliam a compreender e representar domínios de informação complexos e facilitam o desenvolvimento de padrões de metadados (ALEMU, 2024).

O modelo de metadados define os elementos, relacionamentos e atributos que constituem os metadados para um contexto específico. Além disso, os modelos de metadados fornecem uma estrutura conceitual para capturar, gerenciar e apresentar metadados de forma estruturada e consistente (ALEMU, 2024).

O presente trabalho apresenta uma proposta focada na solução de desafios de mobilidade urbana que permite o desenvolvimento de um Produto Mínimo Viável (PMV) por um empreendimento privado, portanto sob a ótica de metadados de negócio (DAMA-DMBOK, 2017) para cidades inteligentes.

O PMV é a versão de um novo produto que alinha seu desenvolvimento com a validação dos clientes de maneira iterativa. Assim, um PMV faz com que os desenvolvedores de software evitem trabalhos desnecessários e foquem na entrega de valor desejada pelos clientes (AGILE ALLIANCE, 2024 apud ERIC RIES, 2011).

Dessa forma, foram identificados dois desafios de mobilidade urbana que podem ser mitigados por uma solução de negócios (PMV) que se baseie na modelagem de metadados proposta:

1. Sobrecarga da rede municipal de carregamento de veículos elétricos a bateria (BEV);

2. Falta de dinamização da mobilidade urbana.

A modelagem de metadados se baseia na criação de dois sistemas, podendo ser hospedados em uma mesma aplicação:

1. Sistema inteligente de recarga;
2. Sistema de aluguel e compartilhamento de carros.

O sistema inteligente de recarga de bateria de veículos elétricos a bateria faz a gestão da recarga baseado nos seguintes fatores (i) momento em que a energia é mais barata; (ii) recarga fora do horário de maior demanda (pico); (iii) recarga no momento em que a energia disponibilizada não provém de combustíveis fósseis.

Já o sistema de aluguel e compartilhamento de veículos permite que o usuário consiga utilizar um veículo que esteja estacionado na mesma localidade em que estiver. Assim, sem as fricções de ter que se deslocar até uma loja física de aluguel de veículos em horários restritos ou de ter que possuir um veículo próprio, o usuário consegue ter mais comodidade e mais eficiência em seu deslocamento.

Considerando o desenvolvimento dos dois sistemas a Figura 3 apresenta a modelagem de metadados.

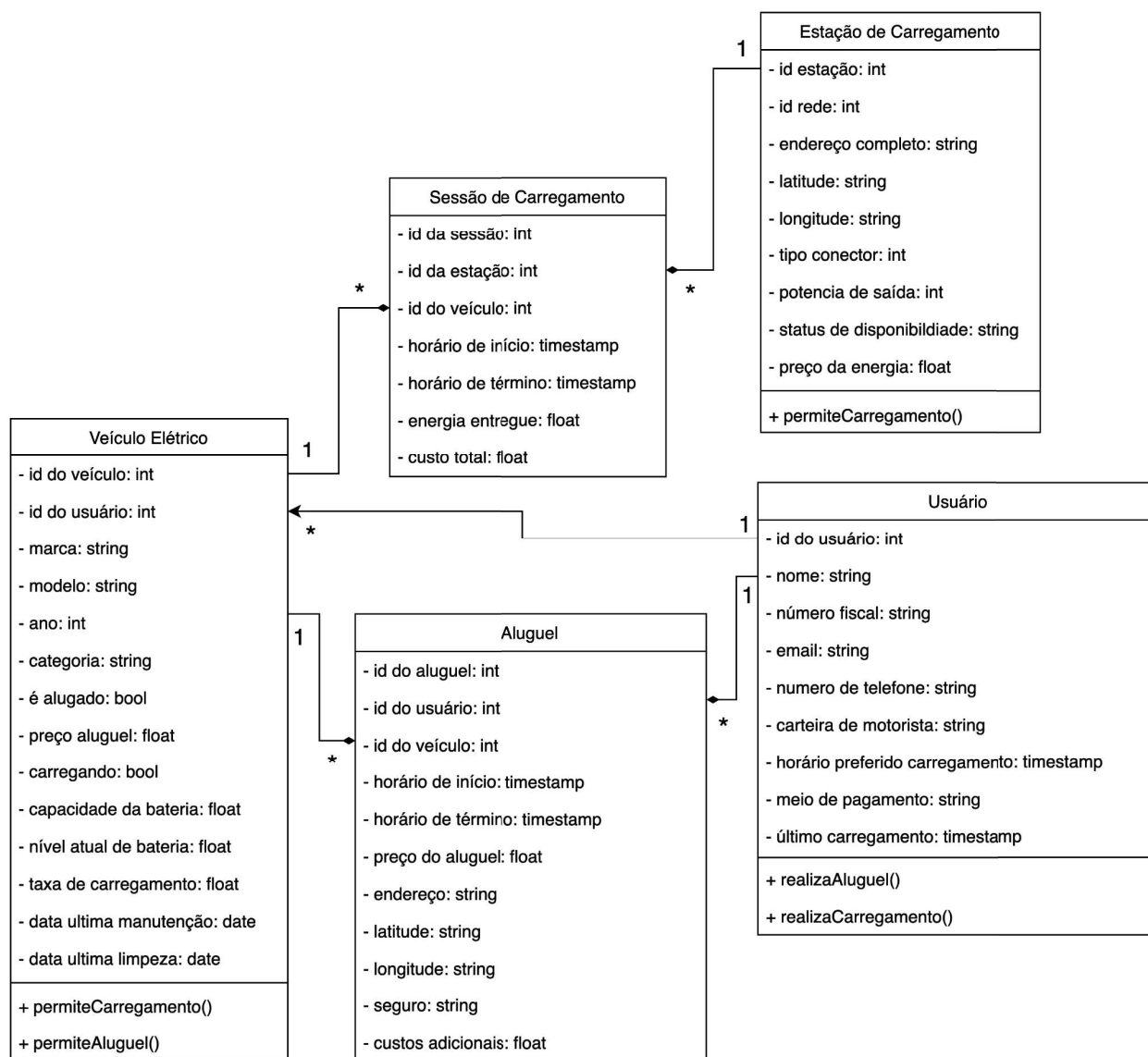


Figura 3. Modelagem de metadados para PMV que ameniza desafios de mobilidade urbana. Elaborado pelo autor.

O modelo apresentado na Figura 3, apresenta as entidades, respectivos atributos mínimos e essenciais, e a relação entre si para que seja realizado o PMV. Além disso, o modelo utiliza a Unified Modeling Language (UML), que é uma linguagem gráfica eficaz para visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas softwares. A UML fornece práticas padrão para escrever um projeto de um sistema (UKEA et al., 2016).

Os usos de metadados considerados por essa modelagem baseiam-se em quatro aspectos das operações de banco de dados: (i) consulta e recuperação; (ii) ingestão e processamento; (iii) transferência de aplicativo para aplicativo; (iv) armazenamento, arquivamento.

O modelo proposto apresenta cinco entidades: (i) Usuário; (ii) Veículo Elétrico; (iii) Estação de Carregamento; (iv) Aluguel; (v) Sessão de Carregamento com distintos atributos intrínsecos a cada uma.

A entidade Usuário deve possuir um identificador único (id) que serve para não haver duplicação de usuários já que cada usuário cadastrado no sistema deve receber um id não nulo. Esta entidade possui atributos que caracterizam mais este usuário são elas: nome, número fiscal (e.g. Cadastro de Pessoa Física), e-mail, número de telefone e número da carteira de motorista. Outros atributos dizem respeito ao comportamento desta entidade, como por exemplo, horário preferido e último carregamento do seu veículo elétrico, caso possua, do contrário será um campo vazio e meio de pagamento (e.g. Cartão de Crédito). No mais, esta entidade pode tanto realizar Aluguel de veículo elétrico como realizar Carregamento.

A entidade Veículo Elétrico diz respeito ao veículo, em que atributos como marca, modelo, ano e categoria definem o veículo e atributos como id, tanto do veículo quando do dono, definem a relação de posse e existência do mesmo. Caso o veículo seja alugado os atributos de se é alugado, preço do aluguel e data da última limpeza serão essenciais para esta entidade. Considerando que é um veículo elétrico, a entidade não pode dispensar atributos como se está carregando, capacidade de bateria, nível atual de bateria e taxa de carregamento. Por se tratar de um veículo, é essencial que tenha um atributo de qual é a data de quando foi feita a última manutenção.

A entidade Estação de Carregamento se refere ao equivalente posto de gasolina do veículo elétrico a bateria (BEV) tendo atributos essenciais de identificação como id da estação e da rede elétrica (e.g. Municipal) e de localização como endereço completo (e.g. Rua Harmonia 312), latitude e longitude (e.g. Sistema de Projeção Geográfica WGS 84). Os atributos tipo de conector (e.g. Tesla Supercharger), potência de saída

(e.g. kW), status de disponibilidade (e.g. Vago ou não) e preço da energia (e.g. BRL por kWh) estão mais relacionados à maneira com que esta estação pode interagir com as entidades Sessão de Carregamento e Veículo Elétrico.

As entidades Sessão de Carregamento e Aluguel só podem existir caso as outras entidades existam, estabelecendo-se assim uma relação de dependência. A primeira deve conter ids da sessão, da estação e do veículo elétrico, além de qual foi o horário de início e término de carregamento, a energia total entregue (e.g. kWh) e o custo total (e.g. BRL por kW). Já a entidade Aluguel apresenta atributos específicos como preço do aluguel (e.g. BRL por hora), a localização em que o veículo elétrico foi alugado (e.g. Latitude e Longitude) e qual o seguro envolvido no aluguel.

Além disso, o modelo proposto permite identificar que um Usuário pode tanto realizar o carregamento da bateria de seu veículo, quanto alugá-lo (Aluguel) ou, se necessário, recarregar um Veículo Elétrico que foi alugado.

No que diz respeito às relações entre as entidades, um Usuário pode realizar diversos alugueis, assim como, um Usuário pode ter mais de um Veículo Elétrico. Um Veículo Elétrico pode ser alugado diversas vezes e realizar mais de uma Sessão de Carregamento. Já uma Estação de Carregamento pode receber diversas Sessões de Carregamento.

O modelo apresenta identificadores únicos (exemplo: ID da estação) que garantem a integridade e qualidade dos registros no banco de dados, não permitindo valores duplicados. Assim, não só consulta e recuperação, mas também a ingestão e armazenamento dos dados é feita de maneira consistente e segura.

A partir deste modelo, é possível derivar outros tipos de modelo, uma vez que as entidades, atributos e relacionamentos mínimos foram identificados. Outro modelo a ser considerado a partir deste pode ser, por exemplo, o Modelo Dimensional, bastante utilizado na indústria de tecnologia da informação e Business Intelligence por ser uma técnica antiga para simplificar bancos de dados (KIMBALL, et al. 2013).

O Modelo dimensional é amplamente aceito como a técnica preferida para apresentar dados analíticos porque aborda dois requisitos simultâneos (KIMBALL, et al. 2013):

1. Entregar dados que sejam compreensíveis para os usuários empresariais;
2. Entregar rápido desempenho de consulta.

Diferente do modelo de normalização de bancos de dados proposto por Codd (1971), que tem como intuito diminuir a redundância dos dados e garantir a integridade referencial, o modelo dimensional visa uma recuperação de dados intuitiva e de alto desempenho.

A normalização de bancos de dados tornou-se indispensável em sistemas modernos de processamento operacional, pois por exemplo, uma transação de atualização ou inserção afeta o banco de dados em apenas um lugar. No entanto, exige uma carga cognitiva alta para seu entendimento, tornando-se assim inadequado para sistemas de Business Intelligence que exigem estruturas mais intuitivas.

Um modelo dimensional contém as mesmas informações de um modelo normalizado, mas agrupa os dados em um formato que proporciona mais facilidade de entendimento ao usuário, desempenho de consulta e resiliência a mudanças (KIMBALL, et al. 2013).

O modelo dimensional apresenta dois componentes chave, as tabelas *fato* e as tabelas *dimensão*, independente se implementado em um sistemas de gerenciamento de banco de dados relacional (e.g. Postgres) ou em um ambientes de banco de dados multidimensionais (e.g. Online Analytical Processing - OLAP).

As tabelas *fato* armazenam as medições de desempenho resultantes dos eventos do processo de negócios de uma organização (KIMBALL, et al. 2013). Consensualmente entendidas como tabelas que armazenam dados numéricos a respeito de um processo de negócio, por exemplo o número total de veículos elétricos alugados.

As tabelas *dimensão* contém o contexto descritivo associado a um evento de medição de processo de negócios e descrevem o “quem”, o “quê”, “onde”, “quando”, “como” e “por quê” associado ao evento (KIMBALL, et al. 2013).

Neste sentido, a Figura 4. apresenta uma proposta de modelo dimensional com uma tabela *fato*, que corresponde a necessidade de compreender determinados comportamentos e aspectos das entidades mencionadas na modelagem de metadados.

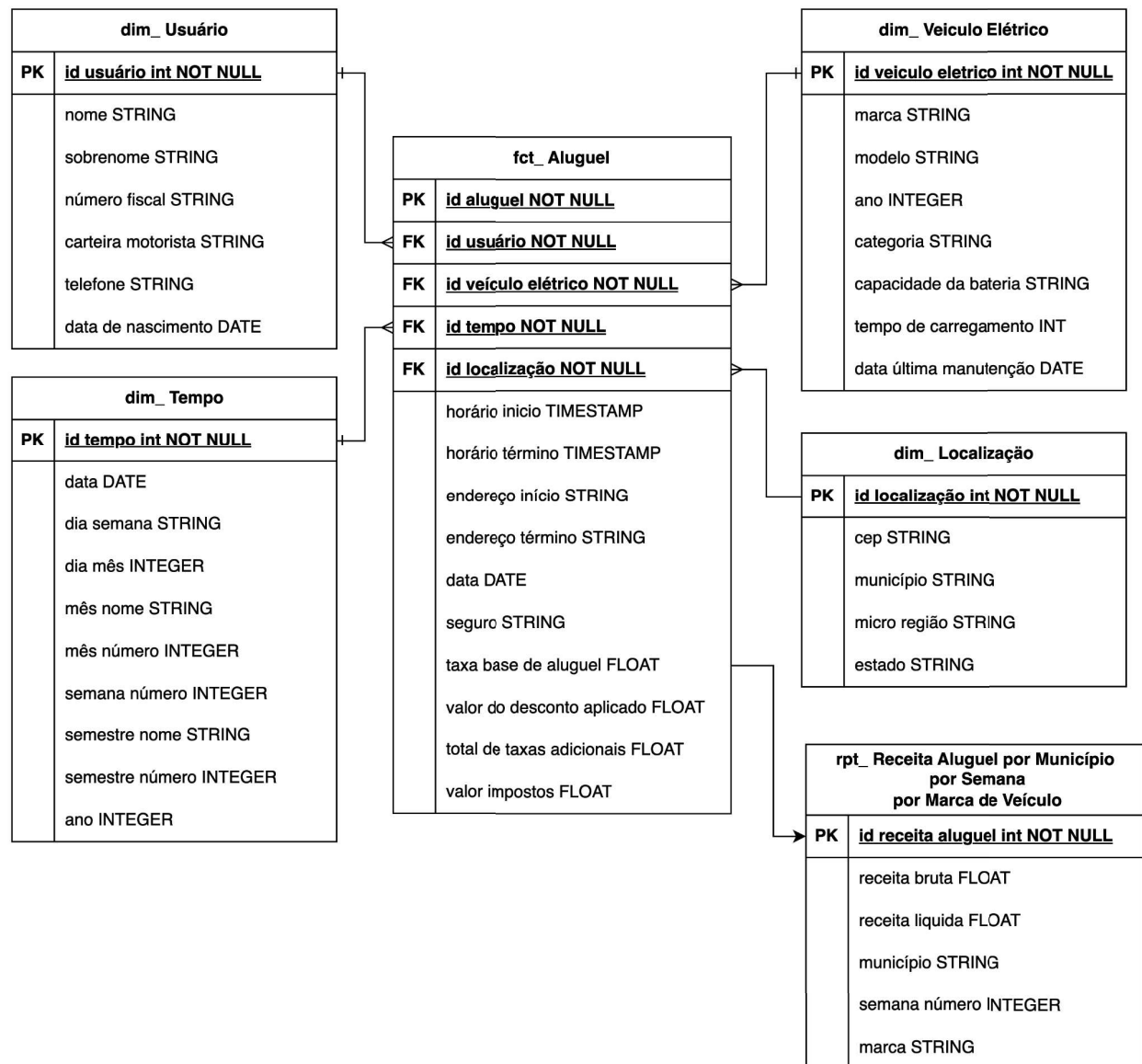


Figura 4. Modelagem Dimensional em formato *star schema* baseada no Modelo proposto de metadados para PMV que ameniza desafios de mobilidade urbana. Elaborado pelo autor.

Importante notar que os atributos do Modelo Dimensional e do Modelo proposto de Metadados variam propositalmente para indicar que um modelo complementa o outro

no sentido de o primeiro poder adicionar informações ainda mais relevantes para atender as necessidades específicas de um determinado departamento de negócios (e.g. Vendas, Financeiro, Marketing). Além disso, é importante destacar que os atributos ilustrados são exemplos do tipo de dados que as respectivas tabelas neste tipo de modelagem podem conter.

A tabela em maior evidência na Figura 4, é a tabela *fato* “fct_ Aluguel” que concentra os valores números de interesse sobre a entidade Aluguel e necessários para se criar cálculos mais robustos. Os atributos relevantes para se entender o registro dos dados, mas não contidos nas tabelas dimensão, como horários e localizações de início e término de terminado aluguel, também são necessários. Além disso, essa tabela possui um prefixo ‘fct_’ para indicar que é uma tabela *fato*.

As tabelas *dimensão* abordam diferentes aspectos associados ao processo de aluguel. A tabela “dim_ Tempo”, por exemplo, inclui dados relacionados a pergunta “Quando?”, portanto os seguintes atributos a compõe: data, dia da semana (e.g. Segunda-feira, Terça-feira), dia mês (e.g. 1, 2, 3), mês nome (e.g. Janeiro, Fevereiro), mês número (e.g. 1, 2, 3), semana número (e.g. 1, 2, 3), semestre nome (e.g. Primeiro, Segundo, Terceiro), semestre número (e.g. 1, 2, 3) e ano (e.g. 2022, 2023, 2024). É importante destacar que conforme as necessidades de negócio esta tabela pode ser incrementada, podendo incluir campos como “é feriado” do tipo booleano, por exemplo.

Já a tabela “dim_ Usuário” representa as características da entidade Usuário, contendo atributos como nome (e.g. João, Maria), sobrenome (e.g. Carvalho, Gonçalves), número fiscal (e.g. número Cadastro de Pessoa Física), número da carteira de motorista (e.g. 123456789), telefone (e.g. 11-9102030405) e data de nascimento (e.g. 17/11/1954, 29/01/1954). Esta tabela pode ser incrementada *ad infinitum* com os dados que as áreas de negócio acharem relevantes conter em suas respectivas análises e relatórios.

A tabela “dim_ Veículo Elétrico” traz dados descritivos da entidade Veículos Elétricos como marca (e.g. Tesla, Byd), modelo (e.g. Model Y, Song Plus), ano (e.g. 2023, 2024), categoria (e.g. Compacto, Utilitário), capacidade da bateria (e.g. 75 kWh, 60 kWh),

tempo de carregamento (e.g. 55 minutos, 120 minutos) data da última manutenção (e.g. 05/10/2023). Os dados que essa tabela não se restringem aos ilustrados na Figura 4, podendo conter outros dados como cor, estilo da carroceria, torque e velocidade máxima.

Outra tabela *dimensão* bastante relevante para a maioria dos sistemas de Business Intelligence é a “dim_ Localização”, pois é nesta tabela que estão concentradas os dados das principais localidades de interesse para o negócio. Os atributos mencionados são: cep (e.g. 13410-123, 03421-321), município (e.g. Piracicaba, Santos), microrregião (e.g. São Paulo, Piracicaba) e estado (e.g. Bahia, Mato Grosso) não exaurem as possibilidades para essa tabela *dimensão*. Atributos como POI (ponto de interesse) e coordenadas geográficas (e.g. Latitude e Longitude) podem compor essa tabela.

Além de tabelas *fato* e *dimensão*, a Figura 4 apresenta uma tabela de *report* (“rpt_ Receita Aluguel por Cidade por Semana), que é derivada da tabela *fato* e tem como objetivo facilitar ainda mais a análise dos dados. Dessa forma, é possível conectá-la em um software de Business Intelligence (e.g. Tableau) para que times, por exemplo, de operações e finanças consigam acessar somente os dados relevantes para determinadas análises. Essa tabela *report* pode ser considerada um elemento de um *Data Mart*, que é uma forma simples de delimitar uma linha de negócio dentro da empresa (e.g. Vendas, Marketing)

O Data Mart atende às diferentes necessidades e visões de dados, resumidos e agregados em uma estrutura de dados (INMON et al, 2015). A criação de um Data Mart leva a uma grande sumarização de dados, de modo que contém apenas informações essenciais do negócio (ZHANG et al, 2023).

Portanto, o modelo proposto de metadados permitiu a elaboração de outro modelo focado em requisitos específicos para o desenvolvimento de um Produto Mínimo Viável, e também de operações de uma empresa, que proponha soluções aos desafios da mobilidade urbana.

4. Conclusão

O contínuo crescimento das populações humanas em áreas urbanas é cada vez mais visível, no entanto, os efeitos dos impactos ocasionados por este processo podem ser mitigados e adaptados para melhor atender ao bem estar humano.

O avanço de tecnologias da informação e comunicação (TIC) com base em dados de comportamento é um processo em aceleração. Utilizar essas tecnologias para tornar os meios urbanos lugares mais preparados para o futuro é imprescindível.

A proposição de soluções para mobilidade urbana, em um cenário de crescimento da população urbana, por agentes econômicos privados e independentes é um caminho para tornar o meio urbano preparado para o futuro.

A proposta de modelo de metadados utilizou padrões estabelecidos de visualização gráfica e apresentou entidades, atributos e relacionamentos para amplo entendimento de como um PMV pode ajudar na resolução dos desafios identificados. Além disso, o modelo inclusive permite que outros modelos de Business Intelligence possam ser elaborados, utilizando-o como base.

Os elementos apresentados na proposta de modelo, podem servir para geração de artefatos de apoio gerencial, assim como, estimular outros estudos e debates acerca de melhores práticas na gestão de dados com foco na mobilidade urbana.

O contínuo avanço das tecnologias de informação focadas em oferecer soluções para desafios urbanos demanda trabalhos futuros para explorar não só os efeitos de determinadas tecnologias, mas quais são as melhores práticas na gestão dos dados e informações produzidas por estas tecnologias. Além disso, estudos futuros são necessários para validar os pressupostos e os modelos em si propostos por este trabalho.

No âmbito da inteligência artificial, uma possibilidade de trabalho futuro que expanda este, é propor um sistema de gestão de metadados eficiente no caso da produção de suprimentos de energia para redes inteligentes de carregamento de veículos elétricos

assistidos por inteligência artificial. Além disso, este pode ser um meio importante de redução do consumo de combustíveis fósseis e a degradação ambiental pela indústria automotiva (SHAKEEL et al., 2018).

5. Referências Bibliográficas

AHMAD, N., NGUYEN, D. K., TIAN, X-L. **Assessing the impact of the sharing economy and technological innovation on sustainable development: An empirical investigation of the United Kingdom**. Technological Forecasting & Social Change 209. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123743>

ALAVI, A. H., MARIA, F. Q., PENGCHENG, J., SHARIF-KHODAEI, Z. **Advanced sensing and monitoring systems for smart cities**. The Rise of Smart Cities. Chapter 1. 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817784-6.00012-6>

ALBUQUERQUE, J. P., ANDERSON, L., CALVILLO, N., CATTINO, M., CLARKE, A., CUNHA, M. A., DEGROSSI, L. C., HANSEN-GARDE, J., KLONNER, C., LIMA-SILVA, F., MARCHEZINI, V., MARTINS, M. H. M., GRAJALES, D. P., PITIDIS, V., RIZWAN, M., TKACZ, N., TRAJBER, R. **Dialogic data innovations for sustainability transformations and flood resilience: The case for waterproofing data**. Global Environmental Change. Volume 82, September 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102730>

ALEMU, G. **Metadata Standards and Models**. Reference Module in Social Sciences. Encyclopedia of Libraries, Librarianship, and Information Science. 2024. Elsevier Inc. ISBN 9780443157851. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95689-5.00035-3>.

ASONGU, S., & MOULIN, B. (2016). **The role of ICT in reducing information asymmetry for financial access**. Research in International Business and Finance, 28, pp. 202–213. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2016.04.011>

BALACHANDRAN, B. M., PRASAD, S. **Challenges and Benefits of Deploying Big Data Analytics in the Cloud for Business Intelligence**. International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Marseille, France. Procedia Computer Science 112. pp. 1112–1122. 2017.

BAWDEN, D., ROBINSON, L. **Introduction to Information Science**. Facet Publishing, London, United Kingdom (2012). ISBN: 978-1-85604-810-1

BLOOMBERG. **Electric Vehicle Market Looks Headed for 22% Growth This Year**. 9 Janeiro de 2024.

<https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2024-01-09/electric-vehicle-market-looks-headed-for-22-growth-this-year> <Acessado em: 14-07-2024>

BORA, I., DUAN, H. K., VASARHELY, M. A., ZHANG, C., DAI, J., **The transformation of government accountability and reporting**. Journal of Emerging Technologies in Accounting. 18 (2), 1–21. 2021. <https://doi.org/10.2308/jeta-10780>.

BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais**. 2018. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm <Acessado em 17-09-2024>

BRAY, T., PAOLI, J., SPERBERG-MCQUEEN, C. M., MALER, E., YERGEAU, F., **Extensible Markup Language (XML) 1.0**, fifth ed. W3C. 2008. URL: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>. <Acessado em 19-09-2024>

BRYNJOLFSSON, E., & MCAFEE, A. **The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies**. WW Norton & Company. 2014

CCPA, **California Consumer Privacy Act of 2018**. https://leginfo.ca.gov/faces/codes_displayText.xhtml?division=3.&part=4.&lawCode=CIV&title=1.81.5 <Acessado em: 12-11-2024>

CEN. **European Committee for Electrotechnical Standardization**. 2024. www.cen.eu <Acessado em 29-09-2024>

CHAMBERLIN, D. D. **Early History of SQL**. IEEE Annals of the History of Computing. Volume: 34, Issue: 4, Oct.-Dec. 2012. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2012.61>

CHAN, C. C., BOUCAYROL, A., CHEN, K., 2010. **Electric, hybrid, and fuel-cell vehicles: architectures and modeling**. IEEE Trans. Veh. Technol. 59, 589598. <http://dx.doi.org/10.1109/TVT.2009.2033605>

CHENG, J. SINGH, H. S. M., ZHANG, Y., WANG, S. **The impact of business intelligence, big data analytics capability, and green knowledge management on sustainability performance**. Journal of Cleaner Production, 429. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139410>

CODD, E. F. **A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks**. Information Retrieval. Volume 13. Number 6. June 1970. Communications of the ACM. pp. 377-387

CODD, E. F. **Further Normalization of the Data Base Relational Model**. IBM Research Report RJ909. 1971.

DAVIDSON, E., WESSEL, L., WINTER, J. S., WINTER, S. **Future directions for scholarship on data governance, digital innovation, and grand challenges.** Information and Organization. Volume 33, Issue 1. March 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2023.100454>

DAMA. **DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge.** ISBN: 978-1-63462-234-9. 2017

DUBLIN CORE. **IETF RFC 2413.** 1998. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2413.txt> <Acessado em 18-09-2024>

EDMANS, A. **The end of ESG.** Financial Management. 2022. <https://doi.org/10.1111/fima.12413>

EITO-BRUN, R.. **Chapter 1 - XML: The Basis of the Language.** Editor(s): Ricardo Eito-Brun, XML-based Content Management, Chandos Publishing. 2018. pp. 1-30. ISBN 9780081002049. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100204-9.00001-9>

EVANS, P. B., & WURSTER, T. S. **Strategy and the new economics of information.** Harvard Business Review, 75(5). 1997. pp. 70–83.

FINKEL, I., **Assurbanipal's Library: An Overview**, in Kim Ryholt, and Gojko Barjamovic (eds), Libraries before Alexandria: Ancient Near Eastern Traditions (Oxford, 2019; online edn, Oxford Academic, 19 Dec. 2019), <https://doi.org/10.1093/oso/9780199655359.003.0009>. <Acessado em 18-09-2024>

FRENKEN, K. SCHOR, J. **Chapter 8: Putting the sharing economy into perspective.** 2019. pp. 121-135. <https://doi.org/10.4337/9781788117814.00017>

GABRIEL, M., KISO, R. **Marketing na Era Digital: Conceitos, Plataformas e Estratégias.** 2.ed. São Paulo, 2023. ISBN 978-85-970-2555-2

GAYLE, D. **Stockholm to ban petrol and diesel cars from centre from 2025.** <https://www.theguardian.com/world/2023/oct/11/stockholm-ban-petrol-and-diesel-cars-city-centre-2025-swedish-capital-pollution> <Acessado em 26-06-2024>

GDPR. **General Data Protection Regulation, 2016/679.** <https://gdpr-info.eu/> <Acessado em 17-09-2024>

GLASSNER, JEAN-JACQUES. **The Invention of Cuneiform Writing in Sumer.** Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003

GIFFINGER, R., FERTNER, C., KRAMAR, H., KALASEK, R., PICHLER-MILANOVIC, N., & MEIJERS, E. (2007). **Smart cities—Ranking of European medium-sized cities (Report)**. Vienna University of Technology (Retrieved from http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)

GOOGLE CLOUD. **What is Big Data?** <https://cloud.google.com/learn/what-is-big-data?hl=en> <Acessado em 20-10-2024>

GRAD, B. **The Creation and the Demise of VisiCalc**. IEEE Annals of the History of Computing. Volume: 29, Issue: 3, July-Sept. 2007. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2007.4338439>

GRIFFEL, D., MCINTOSH, S. **Administrative Data Methods For Information Naming Systems (ADMINS) - A Progress Report**. Center for International Studies Massachusetts Institute of Technology. 1967. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/82974/09487802.pdf?sequence=1> <Acessado em 18-09-2024>

GU, Y., KATZ, S., WANG, X., VASARHELYI, M. DAI, J. **Government ESG reporting in smart cities**. International Journal of Accounting Information Systems. 54. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100701>

GUARNIERI, M., **When cars went electric, part one [historical]**. IEEE Ind. Electron. Mag. 5 (1), 6162. 2011. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5742587> <Acessado em 19-10-2024>.

GUMMESSON, E. **The role of innovation in driving the economy: Lessons from the global financial crisis**. Journal of Business Research, 67(1), 2743–2750, 2014

HARDY, H. E. **Internet, History and Development of**. Encyclopedia of International Media and Communications, Volume 2. 2003.

HEDSTROM, M., KING, J. L. B. **Epistemic infrastructure in the rise of the knowledge economy**. Kahin, D. Foray (Eds.), Advancing Knowledge and the Knowledge Economy, MIT Press, Cambridge, MA (2006), pp. 113-134

HEIJLEN, R., CROMPVOETS, J. **The smart city of Leuven**. KU Leuven Public Governance Institute, Leuven, Belgium. June 2019. Smart City Emergence. Cases From Around the World. (pp.84). DOI:10.1016/B978-0-12-816169-2.00004-3

HOLOM, R-M., RAFETSEDER, K., KRITZINGER, S., SEHRSCÖN, H. **Metadata management in a big data infrastructure**. International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2019). Procedia Manufacturing 42. 2020. pp. 375-382.

HOUSTON, STEPHEN D. **The First Writing: Script Invention as History and Process**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004

HOWARD, K. **The History of Recorded Information and Libraries**. Reference Module in Social Sciences. 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95689-5.00143-7>

HUSSAIN, H. I., KAMARUDIN, F., ANWAR, N. A., ALI, M., TURNER, J. J., SOMASUNDRAM, S. A. **Does income inequality influence the role of a sharing economy in promoting sustainable economic growth? Fresh evidence from emerging markets**. Journal of Innovation & Knowledge. Volume 8, Issue 2. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100348>

IEA. **Global EV Outlook 2024**. International Energy Agency. 2024. Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>, License: CC BY 4.0. <Acessado em 26-06-2024>

IEA. **Global EV Outlook 2022**. International Energy Agency. 2022. Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>, License: CC BY 4.0. <Acessado em 13-11-2024>

INMON, W. H., LINSTEDT, D. **Data Architecture: A Primer for the Data Scientist Big Data, Data Warehouse and Data Vault**. Morgan Kaufmann. 2015. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01420-7>

ISO/IEC. **International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 11179**. 2023. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:11179:-1:ed-4:v1:en> <Acessado em 17-09-2024>

ISO. **Information processing — Text and office systems — Standard Generalized Markup Language (SGML) - ISO 8879**. International Organization for Standardization. 1986.

ISO. **Smart cities preliminary report**. International Standards Organization. 2014. http://www.iso.org/iso/smart_cities_report-jtc1.pdf <Acessado em 13-11-2024>

JEANNIN, N., PENA-BELLO, A., BALLIF, C., WYRSCH, N. **Mapping the charging demand for electric vehicles in 2050 from mobility habits**. Sustainable Energy, Grids and Networks. 39. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2024.101468>

KANE, J., MAKUCH J. R. **An Overview of Electronic Publishing and Extensible Markup Language (XML)**. Journal of Applied Communications: Vol. 82: Iss. 2. 1998. <https://doi.org/10.4148/1051-0834.2135>

KAPLAN, A. M., & HAENLEIN, M. **Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media**. Business Horizons, 53(1). 2010. pp. 59–68.

KHALID, H. ZIMÁNYI, E. **Repairing raw metadata for metadata management**. Information Systems, 122. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.is.2024.102344>

KIMBALL, R., ROSS, M. **The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling, Third Edition**. John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis. 2013. ISBN 10:1118530802

KIMBLE, C., MILOLIDAKIS, G. **Big Data and Business Intelligence: Debunking the Myths**. Global Business and Organizational Excellence, 35. pp. 23-32. 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/joe.21642>

LETAIFA, S. B., **How to strategize smart cities: Revealing the SMART model**. Journal of Business Research. 68 (2015) 1414–1419. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.01.024>

MARTIN, R. S. **Intersecting missions, Converging practice**. RBM: A Journal of Rare Books, Manuscripts and Cultural Heritage, 8 (1) (2007) <https://rbm.acrl.org/index.php/rbm/article/view/28>. <Acessado em 18-09-2024>

MOHANTY, P., KOTAK, Y., **Electric vehicles: Status and roadmap for India**. In: **Electric vehicles: Prospects and challenges**. 2017. pp. 387–414. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803021-9.00011-2>.

MOSS, Teresa. **McKinsey: 46% of U.S. EV owners want to switch to ICE vehicles**. Repairer Driven News. 17 de Junho de 2024. <https://www.repairerdrivennews.com/2024/06/17/mckinsey-46-of-u-s-ev-owners-want-to-switch-to-ice-vehicles/>. <Acessado em 14-07-2024>

NANAKI, E., A. **Electric Vehicles for Smart Cities**. Elsevier. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815801-2.00005-8>. ISBN 978-0-12-815801-2

NIU, Y., YING, L., YANG, J., BAO, M., SIVAPARTHIPAN, C.B. **Organizational business intelligence and decision making using big data analytics**. Information Processing and Management, 58. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102725>

NOZARI, M.A., GHADIKOLAEI, A.S., GOVINDAN, K., AKBARI, V., 2021. **Analysis of the sharing economy effect on sustainability in the transportation sector using fuzzy cognitive mapping**. J. Clean. Prod. 311. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127331>

OGURA, K., KOLHE, M. L. **4 - Battery technologies for electric vehicles**, **Electric Vehicles: Prospects and Challenges**. Editor(s): Tariq Muneer, Mohan Lal Kolhe, Aisling Doyle. Elsevier, 2017. Pages 139-167. ISBN 9780128030219. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803021-9.00004-5>.

OREJON-SANCHEZ, R. D., CRESPO-GARCIA, D., ANDRES-DIAZ, J. R., GAGO-CALDERON, A. **Smart cities' development in Spain: A comparison of technical and social indicators with reference to European cities**. *Sustainable Cities and Society*. 81. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103828>

PAN, Y., TIAN, Y., LIU, X., GU, D., HUA, G. **Urban Big Data and the Development of City Intelligence**. *Engineering* 2. pp. 171-178. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.003>

PAPADOPOULOU, C. **Technology and SDGs in smart cities context**. *Smart Cities and the UN SDG - Chapter 4*. 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85151-0.00004-X>

RAM, J., ZHANG, C., KORONIOS, A. **The implications of Big Data analytics on Business Intelligence: A qualitative study in China**. *Procedia Computer Science*, 87. pp. 221-226. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.152>

RAYWARD, B., MILLER, G. A. **Electronic information and the functional integration of libraries, museums and archives**. E. Higgs (Ed.), *History and Electronic Artefacts*, Clarendon Press, Oxford (1998), pp. 207-226

RILEY, JENN. **Understanding Metadata: What is Metadata, and what is it for?** National Information Standards Organization (NISO), 2017. ISBN: 978-1-937522-72-8

RITCHIE, H., ROSADO, P. **Fossil fuels**. 2017. <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> <Acessado em 19-10-2024>.

RUSSOM, P. **Big Data Analytics**. TDWI Best Practices Report, Fourth Quarter, 19, 1-34. 2011.

SACHS, J. D., SCHMIDT-TRAUB, G., MAZZUCATO, M., MESSNER, D., NAKICENOVIC, N., ROCKSTRÖM, J. **Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals**. *Nature Sustainability*. 2, September 2019. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>

SELINGER, P. G., ASTRAHAN M. M., CHAMBERLIN, D. D., LORIE, R. A., PRICE. T. G., **Access Path Selection in a Relational Database Management System**. IBM Research Division, San Jose, California. SIGMOD '79: Proceedings of the 1979 ACM

SIGMOD international conference on Management of data.
<https://doi.org/10.1145/582095.582099>

SHIPLEY, T. G., BOWKER, A. **Chapter 3 - How the Internet Works**. Editor(s): Todd G. Shipley, Art Bowker. Investigating Internet Crimes, Syngress. 2014. pp 41-67. ISBN 9780124078178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407817-8.00003-5>

SEMANJSKI, I. C. **Chapter 3 - The new challenge of smart urban mobility**. Editor(s): Ivana Cavar Semanjski, Smart Urban Mobility. Elsevier. 2023. pp 25-78. ISBN 9780128207178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820717-8.00011-7>

SHAKEEL, P. M., ARUNKUMAR, N., ABDULHAY, E. **Automated multimodal background detection and shadow removal process using robust principal fuzzy gradient partial equation methods in intelligent transportation systems**. International Journal of Heavy Vehicle Systems. Vol. 25, No. 3-4. pp 271-285. 2018. <https://doi.org/10.1504/IJHVS.2018.094824>

SPAR, IRA. **The Origins of Writing**. In Heilbrunn Timeline of Art History. New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–. http://www.metmuseum.org/toah/hd/wrtg/hd_wrtg.htm (October 2004). <Acessado em 18-09-2024>

STATISTA. **Uber Technologies - statistics & facts**. <https://www.statista.com/topics/4826/uber-technologies/#topicOverview> <Acessado em 17-09-2024>

STATISTA. **Mobility Service Report 2021** (Issue December). 2021. <https://www.statista.com/study/40459/mobility-services-report/>.

STATISTA. **Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025**. <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> <Acessado em 20-10-2024>

SULTANA, S., AKTER, S., KYRIAZIS, E. **How data-driven innovation capability is shaping the future of market agility and competitive performance?** Technological Forecasting and Social Change. Volume 174. January 2022. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121260>

TAYLOR, P. **Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025**. Statista. <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>. <Acessado em 03-06-2024>

THORNTON, H. C., ZHAO, Y. **Sharing economy companies' internationalization: A business ecosystem strategy**. International Business Review. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2024.102355>

UNITED NATIONS. **Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World** 2004. https://www.unepfi.org/fileadmin/events/2004/stocks/who_cares_wins_global_compact_2004.pdf. <Acessado em 03-06-2024>

UNITED NATIONS. **Data Revolution Report - A World That Counts**. United Nations Secretary-General's Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development (IEAG)

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision** (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals**. 2020. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> <Acessado em 14-07-2024>

VIDAL-GARCÍA, J., VIDAL, M., BARROS, R. H. **Computational business intelligence, big data, and their role in business decisions in the age of the internet of things**. In Web Services: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications pp. 1048-1067. 2019. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-7501-6.ch055>

WANG, J., LI, G., LU, H., WU, Z. **Urban models: Progress and perspective**. Sustainable Futures 7. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100181>

WEIBEL, S., KUNZE, J., LAGOZE, C., WOLF, M. **Dublin Core Metadata for Resource Discovery - IETF RFC 2413**. September 1998. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2413.txt> <Acessado em 18-09-2024>

WEISI, F., PING, P. **A discussion on smart city management based on meta-synthesis method**. Management Science and Engineering, Vol. 8, No. 1, 2014, pp. 68-72. DOI:10.3968/j.mse.1913035X20140801.4404

WORLD BANK, **Urban Population (% of total population)**. 2022. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS> <Acessado em 02-06-2024>

XIA, D., JIANG, S., YANG, N., HU, Y., LI, Y., LI, H., WANG, L. **Discovering spatiotemporal characteristics of passenger travel with mobile trajectory big data**. Physica A 578. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126056>

ZHAO, J., Xi, X., NA, Q., WANG, S., KADRY, S. N., KUMAR, P. M. **The technological innovation of hybrid and plug-in electric vehicles for environment carbon pollution control.** Environmental Impact Assessment Review 86. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106506>

ZHAO, Y., YU, Y., SHAKEEL, P. M., & MONTENEGRO-MARIN, C. E. **Research on operational research-based financial model based on e-commerce platform.** Information Systems and e-Business Management, pp. 1–17. 2021.

ZHANG, H., REN, S., LI, X., BAHARIN, H., ALGHAMDI, A., ALGHAMDI, O. A. **Developing scalable management information system with big financial data using data mart and mining architecture.** Information Processing and Management. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2023.103326>