

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Teletrabalho no Contexto Brasileiro: Fatores
Socioeconômicos, Ambientais e de
Transporte a partir de uma abordagem de
Aprendizado de Máquina**

Laryssa de Andrade Mairinque

Itajubá, 2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Laryssa de Andrade Mairinque

Teletrabalho no Contexto Brasileiro: Fatores
Socioeconômicos, Ambientais e de
Transporte a partir de uma abordagem de
Aprendizado de Máquina

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Sistemas de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dra. Josiane Palma Lima

Coorientador: Prof. Dr. Robson Bruno Dutra Pereira

Itajubá, 2026

Agradecimentos

Com profunda gratidão e reconhecimento, expresso meus agradecimentos a todos que contribuíram para a realização desta jornada acadêmica. Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida e por Sua providência ao longo de todo o meu caminho. À Nossa Senhora e a São José, expresso minha gratidão por sua intercessão junto a Deus, tornando possível este momento, pois sem fé, não teria alcançado este marco.

À minha família, meu pilar e fonte inesgotável de motivação, dedico minha eterna gratidão. Aos meus pais, Saulo e Gilcelene, agradeço pelo amor dedicado a mim e à nossa família, além da incansável dedicação e apoio que foram fundamentais para minha trajetória até aqui. Ao meu irmão, Philippe, meu agradecimento pelo constante incentivo ao longo desta jornada e por sempre acreditar em mim.

Ao meu marido, André, expresso minha profunda gratidão pelo carinho, dedicação e pelas constantes demonstrações de amor. Agradeço por seu apoio e incentivo, que tornaram esta caminhada possível, e por compartilhar comigo cada etapa desse percurso. À Kate, que se revelou um verdadeiro suporte emocional e uma companheira presente nos momentos mais desafiadores.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora, Josiane Palma Lima, pelos valiosos ensinamentos e pelo apoio contínuo, fundamentais para a realização deste trabalho. Da mesma forma, agradeço ao professor Robson Bruno Dutra Pereira por sua dedicação e constante suporte, igualmente essenciais ao longo de todo o processo.

Agradeço também aos professores da UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá) e UFSJ (Universidade Federal de São João del Rei), cuja dedicação e excelência no ensino foram fundamentais para adquirir a maior parte dos conhecimentos que me possibilitaram alcançar o patamar em que me encontro hoje. O comprometimento desses educadores foi uma fonte inestimável de aprendizado e inspiração ao longo da minha jornada acadêmica. Estendo meus agradecimentos aos amigos que fiz na Unifei, especialmente aos do LogTrans, pelo companheirismo ao longo desse período.

Às agências brasileiras FAPEMIG (Fundação para a Promoção da Ciência do Estado de Minas Gerais), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

"Mas os que esperam no Senhor renovarão as suas forças, subirão com asas como águias; correrão e não se cansarão; caminharão e não se fatigarão."

Isaías 40:31

Resumo

O teletrabalho apresenta-se como uma potencial ferramenta para redução de deslocamentos, economia de custos externos e promoção da qualidade de vida. Neste sentido, o objetivo geral da pesquisa é investigar a realização do teletrabalho no contexto brasileiro sob uma perspectiva de *machine learning*. Inicialmente, foi desenvolvido um modelo conceitual abrangente das relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais, com base em uma revisão sistemática da literatura de estudos publicados até 2025. A análise temporal da literatura evidencia o crescimento do interesse acadêmico pelo tema, destacando o perfil do teletrabalhador, caracterizado por fatores como idade, nível educacional, renda e tipo de ocupação. Adicionalmente, são exploradas as interações entre o teletrabalho e aspectos urbanos, incluindo a adoção de modos de transporte sustentáveis, como caminhada e ciclismo, bem como sua relação com a expansão urbana. Os impactos na qualidade de vida também são discutidos, especialmente no que se refere à flexibilidade de horários e ao equilíbrio entre vida pessoal e profissional. A tese analisa a evolução do teletrabalho no Brasil no período de 2022 a 2025, por meio da aplicação de modelos de *Machine Learning* a microdados representativos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua, abrangendo aproximadamente 210 mil domicílios por período. Foi implementado um fluxo de processamento padronizado envolvendo pré-processamento dos dados, tratamento de valores ausentes, balanceamento de classes por subamostragem aleatória, codificação e normalização das variáveis, além da divisão estratificada dos dados com validação cruzada do tipo *k-fold*. Foram avaliados nove algoritmos de classificação, incluindo Regressão Logística Multinomial, Árvores de Decisão, Random Forest, XGBoost, Máquinas de Vetores de Suporte, MARS e Redes Neurais, com ajuste de hiperparâmetros por meio do método ANOVA racing. O desempenho dos modelos apresentou resultados consistentemente elevados ($\text{ROC AUC} > 0,80$) em todos os períodos analisados. A análise da importância das variáveis indica que os principais determinantes do teletrabalho se mantêm relativamente estáveis ao longo do tempo, ainda que apresentem oscilações em sua contribuição, com destaque para o crescimento da influência do gênero nos períodos mais recentes. Os resultados evidenciam que o teletrabalho no Brasil é influenciado por uma combinação de fatores sociodemográficos e ocupacionais, reforçando seu caráter seletivo. De forma geral, esta tese contribui para a compreensão das múltiplas dimensões do teletrabalho, articulando evidências teóricas e empíricas. Além disso, os resultados fornecem subsídios relevantes para formuladores de políticas públicas, gestores organizacionais e planejadores urbanos, ao evidenciar como o teletrabalho influencia a dinâmica das cidades e pode auxiliar no enfrentamento de desafios urbanos contemporâneos.

Palavras-chaves: *Machine Learning*. Modelos de Classificação. Mobilidade Urbana. Determinantes Socioeconômicos. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua.

Abstract

Telework emerges as a potential tool for reducing commuting, lowering external costs, and promoting quality of life. In this context, the main objective of this research is to investigate the adoption of telework in the Brazilian context from a machine learning perspective. Initially, a comprehensive conceptual model was developed to examine the relationships between telework and socioeconomic, transportation, and environmental variables, based on a systematic literature review of studies published up to 2025. The temporal analysis of the literature highlights the growing academic interest in the topic, emphasizing the profile of teleworkers, characterized by factors such as age, educational level, income, and occupation type. Additionally, interactions between telework and urban aspects are explored, including the adoption of sustainable transportation modes, such as walking and cycling, as well as its relationship with urban sprawl. The impacts on quality of life are also discussed, particularly regarding schedule flexibility and work-life balance. The thesis analyzes the evolution of telework in Brazil from 2022 to 2025 through the application of machine learning models to representative microdata from the Continuous National Household Sample Survey, covering approximately 210,000 households per period. A standardized processing workflow was implemented, including data preprocessing, handling of missing values, class balancing through random undersampling, variable encoding and normalization, as well as stratified data splitting with k-fold cross-validation. Nine classification algorithms were evaluated, including Multinomial Logistic Regression, Decision Trees, Random Forest, XGBoost, Support Vector Machines, MARS, and Neural Networks, with hyperparameter tuning performed using the ANOVA racing method. Model performance showed consistently high results ($\text{ROC AUC} > 0.80$) across all analyzed periods. The analysis of variable importance indicates that the main determinants of telework remain relatively stable over time, although their contributions vary, with a notable increase in the influence of gender in more recent periods. The results demonstrate that telework in Brazil is driven by a combination of sociodemographic and occupational factors, reinforcing its selective nature. Overall, this thesis contributes to a deeper understanding of the multiple dimensions of telework by integrating theoretical and empirical evidence. Furthermore, the findings provide relevant insights for policymakers, organizational managers, and urban planners, highlighting how telework shapes urban dynamics and can support efforts to address contemporary urban challenges.

Key-words: Teleworking. Machine Learning. Classification Models. Urban Mobility. Socioeconomic Determinants. PNAD Continuous Survey

Lista de ilustrações

Figura 1 – Análise Bibliométrica	17
Figura 2 – Relação entre Palavras-chave	18
Figura 3 – Análise das citações e dos métodos utilizados	21
Figura 4 – Etapas do Método de Revisão Sistemática	32
Figura 5 – Região da Pesquisa	33
Figura 6 – Variáveis Socioeconômicas mais frequentes em estudos sobre Teletrabalho	39
Figura 7 – Curva ROC	53
Figura 8 – Classificação da Pesquisa em Engenharia de Produção	62
Figura 9 – Etapas Gerais da Pesquisa	64
Figura 10 – Etapas Machine Learning	70
Figura 11 – Linha do tempo sobre a mobilidade urbana e o perfil do teletrabalhador	77
Figura 12 – Modelo conceitual sobre as variáveis que podem influenciar o teletrabalho	79
Figura 13 – Caracterização da amostra por idade, renda e escolaridade	82
Figura 14 – Caracterização da amostra por Estado civil, tipo de trabalho e gênero .	83
Figura 15 – Caracterização da amostra por regime de trabalho e modos de transporte	84
Figura 16 – Análise estatística do modelo conceitual	85
Figura 17 – Distribuição do tempo de deslocamento para a atividade principal por regime de trabalho	87
Figura 18 – Nível da ocupação, por sexo, no Brasil e Grandes Regiões - 4º trimestre de 2025	91
Figura 19 – Nível da ocupação, por idade, no Brasil e Grandes Regiões - 4º trimestre	92
Figura 20 – Porcentagem da ocupação, por nível de escolaridade, no Brasil e Gran- des Regiões - 4º trimestre	93
Figura 21 – Acurácia e AUC-ROC – Quarto trimestre de 2022.	94
Figura 22 – Acurácia e AUC-ROC - Terceiro trimestre de 2023.	95
Figura 23 – Acurácia e AUC-ROC - Segundo trimestre de 2024.	95
Figura 24 – Acurácia e AUC-ROC – Primeiro trimestre de 2025.	96
Figura 25 – Precisão e <i>recall</i> - Quarto trimestre de 2022.	96
Figura 26 – Precisão e <i>recall</i> - Terceiro trimestre de 2023.	97
Figura 27 – Precisão e <i>recall</i> - Segundo trimestre de 2024.	97
Figura 28 – Precisão e <i>recall</i> - Primeiro trimestre de 2025.	98
Figura 29 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo <i>Random Forest</i> — Quarto Trimestre de 2022. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.	99

Figura 30 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo <i>Random Forest</i> — Terceiro Trimestre de 2023. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.	99
Figura 31 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo XGB — Segundo Trimestre de 2024. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.	100
Figura 32 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo XGB — Primeiro Trimestre de 2025. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.	100
Figura 33 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Quarto Trimestre de 2022.	105
Figura 34 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Terceiro Trimestre de 2023.	105
Figura 35 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Segundo Trimestre de 2024.	106
Figura 36 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Primeiro Trimestre de 2025.	106
Figura 37 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Quarto Trimestre de 2022.	109
Figura 38 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Terceiro Trimestre de 2023.	110
Figura 39 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Segundo Trimestre de 2024.	111
Figura 40 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Primeiro Trimestre de 2025.	112

Lista de tabelas

Tabela 1 – Métodos quantitativos de análise utilizados em estudos sobre mobilidade urbana e teletrabalho	19
Tabela 2 – Palavras-chave utilizadas na pesquisa	31
Tabela 3 – Critérios de Inclusão e Exclusão de Artigos	34
Tabela 4 – Combinações booleanas utilizadas na segunda busca bibliográfica. . . .	35
Tabela 5 – Variáveis socioeconômicas que possuem relação com o teletrabalho . . .	36
Tabela 6 – Relações entre o teletrabalho e os modos de transporte	42
Tabela 7 – Relações entre o teletrabalho e variáveis locacionais	46
Tabela 8 – Estudos sobre Teletrabalho e <i>Machine Learning</i>	50
Tabela 9 – Matriz de confusão para classificação	52
Tabela 10 – Medidas para classificação de múltiplos tópicos	52
Tabela 11 – Tamanho do conjunto de dados antes e após o balanceamento das classes.	72
Tabela 12 – Modelos de <i>Machine learning</i> Hiperparâmetros Ajustados.	73
Tabela 13 – Distribuição da população ocupada, segundo os grupamentos de atividades no trabalho principal	90
Tabela 14 – Desempenho dos melhores modelos por ano segundo a métrica ROC AUC.	98
Tabela 15 – Principais variáveis na previsão do teletrabalho.	104

Lista de abreviaturas e siglas

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	3
CART	<i>Classification and Regression Trees</i>	54
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	3
CV	<i>Cross-Validation</i>	50
FAPEMIG	Fundação para a Promoção da Ciência do Estado de Minas Gerais	3
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	66
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	27
OMS	Organização Mundial da Saúde	14
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios	27
RF	<i>Random Forest</i>	56
ROC	<i>Receiver Operating Characteristic</i>	53
RSL	Revisão Sistemática da Literatura	30
UFSJ	Universidade Federal de São João del Rei	3
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá	3

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	24
1.2.1	Objetivo Geral	24
1.2.2	Objetivos Específicos	25
1.3	Organização do trabalho	25
2	REVISÃO TEÓRICA	27
2.1	Teletrabalho no Contexto Brasileiro	27
2.2	Teletrabalho, Transporte e Ambiente: Uma Revisão Sistemática da Literatura	30
2.2.1	Variáveis Socioeconômicas e o Teletrabalho	35
2.2.2	Modos de Transporte e o Teletrabalho	42
2.2.3	Variáveis Locacionais e o Teletrabalho	45
2.3	<i>Machine Learning</i> aplicado ao estudo do teletrabalho	48
2.3.1	Validação Cruzada por <i>k</i> -repetições	50
2.3.2	Métricas de Desempenho	51
2.3.3	Árvores de Decisão	54
2.3.4	<i>Bagging</i>	56
2.3.5	<i>Random Forest</i>	56
2.3.6	Reforço Extremo de Gradiente para Classificação	58
3	METODOLOGIA	60
3.1	Delineamento Metodológico	60
3.2	Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa	62
3.2.1	Modelagem Conceitual	65
3.2.1.1	Instrumento de Coleta de Dados	66
3.2.1.2	Tratamento e Análise dos Dados do Questionário	67
3.2.2	Modelagem com <i>Machine Learning</i>	68
3.2.2.1	Caracterização da Base de Dados	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
4.1	Modelagem Conceitual de Avaliação do Teletrabalho	76
4.1.1	Modelo Conceitual Proposto para o Teletrabalho	76
4.1.2	Caracterização da Amostra (Questionário Próprio)	81
4.1.3	Validação do Modelo Conceitual	83

4.2	Métodos de <i>Machine learning</i> aplicados na avaliação do teletrabalho	89
4.2.1	Caracterização da Amostra PNAD - Teletrabalho no Brasil	89
4.2.2	Desempenho dos Modelos de <i>Machine Learning</i>	93
4.2.3	Análise de Importância das Variáveis	98
4.2.4	Efeito das Variáveis Socioeconômicas sobre a Probabilidade de Teletrabalho	103
5	CONCLUSÕES	115
5.0.1	Limitações da Pesquisa e Sugestões para Estudos Futuros	118
5.0.2	Divulgação Científica	119
	REFERÊNCIAS	121
	APÊNDICES	132
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	133

1 Introdução

Frequentemente, a Internet é descrita como "rodovia eletrônica", uma metáfora que sugere que a Internet desempenha uma função semelhante à de uma rodovia convencional. Essa analogia implica que essa "rodovia eletrônica" representa uma opção de transporte alternativa, indicando que a Internet e outros meios de transporte estão interligados. Especificamente, do ponto de vista ambiental, a perspectiva de substituir viagens motorizadas por "viagens virtuais" é altamente atrativa (MARTENS; KORVER, 2000)

Uma das alternativas de substituição de viagens é o teletrabalho. Neste estudo, é adotado o conceito de teletrabalho como a prática laboral realizada total ou parcialmente em um local alternativo ao ambiente de trabalho convencional, conforme definido pela Organização Internacional do Trabalho (ILO, 2020). O teletrabalho substitui algumas viagens ao permitir que as pessoas participem de atividades de forma remota, e é visto como um instrumento político potencial para diminuir as viagens de carro e gerar economia de custos externos (SILVA; MELO, 2018b; MOURATIDIS; PETERS, 2022; MELO; SILVA, 2017; ERDOĞDU; WATSON, 2023). O teletrabalho pode desempenhar um papel importante na promoção da mobilidade urbana sustentável, não apenas ao reduzir a necessidade de viagens de carro, mas também ao incentivar o uso de modos ativos de transporte, como caminhada e bicicleta, uma vez que os teletrabalhadores tendem a adotar mais essas formas de deslocamento (JIN; WU, 2011; SINGH et al., 2013; CHAKRABARTI, 2018; ELLDÉR, 2020; YUM, 2021; SWEET; SCOTT, 2022; ERDOĞDU; WATSON, 2023).

Em contrapartida, o teletrabalho também pode se apresentar como um desafio para alcançar a mobilidade urbana sustentável, uma vez que a sua realização se relaciona com uma menor proximidade entre os locais de trabalho e a residência dos trabalhadores (LYONS; ENTRANCE, 1998; TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003; ORY; MOKHTARIAN, 2006; ELLDÉR, 2017; VOS; MEIJERS; HAM, 2018; DULEBA et al., 2022), o que corre o risco de gerar dispersão espacial com mais viagens de carro para outras razões, criando maior dependência do automóvel (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022). Desta forma, as viagens se tornam mais heterogêneas e orientadas pelas necessidades individuais, em vez de serem rigidamente definidas pela estrutura urbana (ELLDÉR, 2017).

Embora tenha ganhado destaque nos últimos anos, o teletrabalho e seus impactos na mobilidade urbana já eram tema de discussão muito antes do crescimento das tecnologias de informação e comunicação que temos hoje em dia. No início dos anos 2000, pesquisadores já destacavam a importância de estudar o teletrabalho, uma vez que o planejamento de transporte e o uso do solo urbano demandam informações confiáveis so-

bre os impactos de longo prazo causados pelas tecnologias da informação. (TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003).

O teletrabalho oferece diversas vantagens em relação ao trabalho tradicional, proporcionando uma maior flexibilidade de horários que permite conciliar de forma mais eficaz as responsabilidades profissionais com as domésticas e familiares (ISMAIL; HAMSA; IBRAHIM, 2012; ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; DRUCKER; KHATTAK, 2000). No entanto, é importante reconhecer que também apresenta algumas desvantagens, como o isolamento profissional, possíveis sobrecargas de trabalho e o estímulo a padrões residenciais dispersos (LEMO; BARBOSA; MONZATO, 2021; DULEBA et al., 2022). Lima e Machado (2019) ressaltam a relevância de ambientes urbanos bem planejados e acessíveis a todos os cidadãos, sem favorecer um grupo em detrimento de outro ou perpetuar desigualdades de acesso.

A realização do teletrabalho pode ser influenciada por diversas variáveis. De modo geral, os estudos destacam que o perfil do teletrabalhador é marcado por características como trabalhadores do sexo masculino, renda elevada, alto nível educacional e idade geralmente intermediária (HJORTHOL, 2006; HE; HU, 2015; O'KEEFE et al., 2016; VILHELMSON; THULIN, 2016; LOO; WANG, 2018; SILVA; MELO, 2018b; RAVALET; RÉRAT, 2019; SOLER; CHRISTIDIS; VASSALLO, 2021; NAYAK; PANDIT, 2021; NGUYEN, 2021; SALON et al., 2022; SWEET; SCOTT, 2022; SINGH et al., 2013; O'KEEFE et al., 2016; VILHELMSON; THULIN, 2016; LOO; WANG, 2018; RAVALET; RÉRAT, 2019; ZHANG et al., 2020; NGUYEN, 2021; SWEET; SCOTT, 2022).

Sabendo que a prática do teletrabalho tem um impacto direto na gestão do tempo dos trabalhadores, permitindo que o tempo economizado seja alocado para tarefas domésticas e atividades externas (HE; HU, 2015), essa modalidade de trabalho também pode estar diretamente relacionada com a qualidade de vida das pessoas, pois permite um maior equilíbrio entre as atividades dentro e fora do ambiente doméstico (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014). Embora existam muitos benefícios do teletrabalho para empregadores e funcionários, os reais incentivos e motivação para adotar o teletrabalho estão associados a fatores como a flexibilidade para os empregados, a redução do absenteísmo para os empregadores, o aumento da produtividade, redução do estresse e fadiga associados ao deslocamento diário, e a melhoria do equilíbrio entre vida pessoal e profissional (ERDOĞDU; WATSON, 2023). Logo, é possível perceber que as relações entre teletrabalho, variáveis socioeconômicas, locais e comportamentais de mobilidade são diversas e complexas.

Apesar de o conceito de qualidade de vida possuir inúmeras definições, não existe uma definição que seja amplamente aceita (PEREIRA; TEIXEIRA; SANTOS, 2012). Neste contexto, será utilizado como base o conceito preconizado pela OMS (Organização Mundial da Saúde), no qual qualidade de vida é a interpretação que um indivíduo tem

de sua posição na vida, considerando o contexto cultural e os valores que o cercam, em relação às suas metas, expectativas, normas e preocupações. Este é um conceito abrangente que engloba não apenas a saúde física e o estado psicológico, mas também o grau de independência, os vínculos sociais, as convicções pessoais e a interação com as particularidades do ambiente. (OMS, 1996). Logo, a percepção dos indivíduos pode estar ligada a uma ampla gama de fatores que abrangem desde aspectos físicos e emocionais até sociais e econômicos.

Neste sentido, o teletrabalho se apresenta como um fator relevante na qualidade de vida dos trabalhadores, visto que sua adoção pode proporcionar benefícios tangíveis, como flexibilidade de horário (DRUCKER; KHATTAK, 2000; ISMAIL; HAMSA; IBRAHIM, 2012; ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014) e redução do tempo dedicado a deslocamentos, uma vez que as viagens podem ser evitadas, adiadas ou reduzidas, aliviando as horas de congestionamento (LIER; WITTE; MACHARIS, 2014) e ampliando o tempo de convívio em família e atividades de esporte e lazer. Estes aspectos, por sua vez, têm o potencial de melhorar tanto o bem-estar físico quanto o emocional dos indivíduos. Logo, compreender como o teletrabalho afeta a qualidade de vida é crucial para o desenvolvimento de políticas e práticas que visem promover ambientes de trabalho mais equilibrados e gratificantes.

À medida que os padrões de deslocamento e atividades diárias se tornam menos dependentes de um local de trabalho físico, as viagens se tornam mais diversificadas e orientadas pelas necessidades individuais, em vez de estarem rigidamente ligadas à estrutura urbana (ELLDÉR, 2017). Portanto, compreender os fatores humanos e sociais que podem influenciar na prática do teletrabalho é essencial não apenas para a gestão eficaz do trabalho remoto, mas também para o planejamento urbano e econômico mais abrangente.

Diante desse contexto, o objetivo desta tese é investigar a adoção e a dinâmica do teletrabalho no Brasil, integrando uma abordagem teórica e empírica que articula revisão sistemática da literatura e técnicas de machine learning. Especificamente, busca-se compreender como fatores socioeconômicos, ocupacionais, de transporte e do ambiente urbano influenciam o teletrabalho, bem como analisar sua evolução temporal em um contexto marcado por desigualdades estruturais. Para tanto, o estudo propõe o desenvolvimento de um modelo conceitual das relações entre teletrabalho e mobilidade urbana e a aplicação de modelos preditivos a dados nacionais representativos, com o intuito de identificar os principais determinantes do teletrabalho e avaliar seu comportamento ao longo do tempo. Ao fazê-lo, pretende-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre o tema e fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias de planejamento mais alinhadas aos desafios contemporâneos.

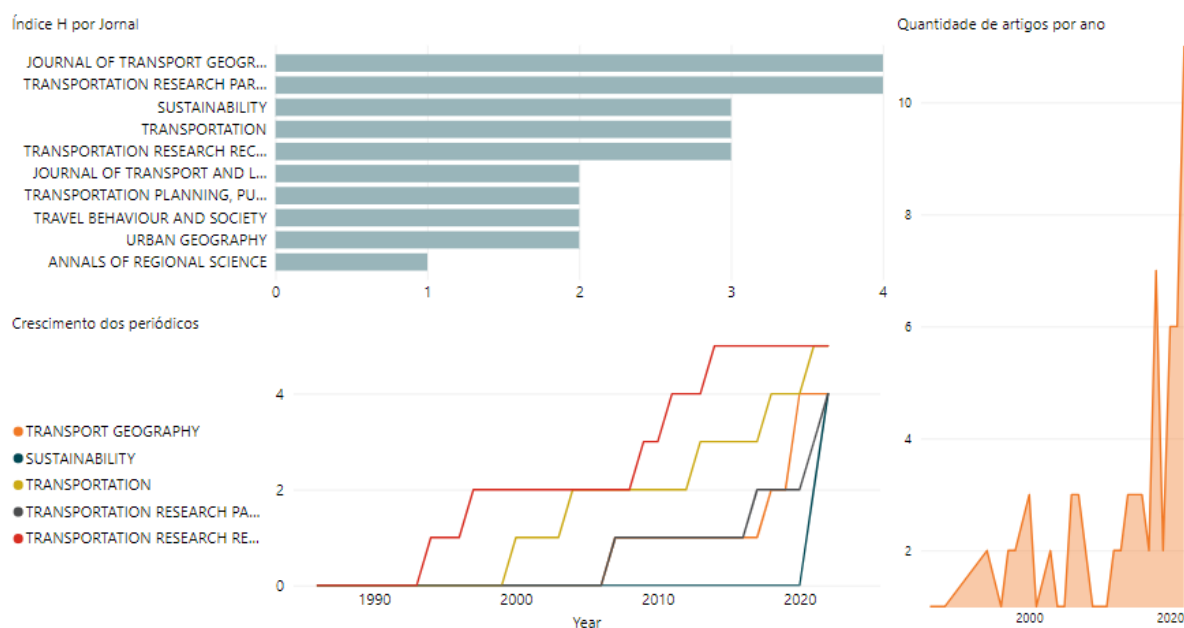
1.1 Justificativa

O teletrabalho tem se apresentado como uma prática cada vez mais comum, especialmente com o avanço das tecnologias de comunicação e pela pandemia de COVID-19, que acelerou a adoção desse regime de trabalho em muitos setores. Como resultado, há uma necessidade crescente de compreender como o teletrabalho afeta não apenas a vida dos trabalhadores, mas também a dinâmica urbana, incluindo padrões de deslocamento, como a redução do uso do carro (MELO; SILVA, 2017; ERDOĞDU; WATSON, 2023), e mudanças na infraestrutura de transporte e configuração das cidades, como a tendência dos trabalhadores residirem mais distante de seus locais de trabalho tradicionais (LYONS; ENTRANCE, 1998; TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003; ORY; MOKHTARIAN, 2006; ELLDÉR, 2017; VOS; MEIJERS; HAM, 2018; DULEBA et al., 2022). Compreender a relação entre o teletrabalho e os padrões de mobilidade pode gerar insights valiosos para o planejamento urbano e a formulação de políticas de transporte, contribuindo para a promoção de uma mobilidade mais sustentável e eficiente.

Ao longo deste trabalho pretende-se aprofundar a compreensão das relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, locais e comportamentais de mobilidade. Explorar como esses fenômenos ocorrem e influenciam as dinâmicas urbanas e a experiência dos trabalhadores é essencial para identificar novas oportunidades de emprego e promover uma melhor qualidade de vida. Nesse sentido, este trabalho contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, especialmente para o Objetivo 8, que trata de promover crescimento econômico inclusivo e sustentável, emprego e trabalho decente para todos, e o Objetivo 11, que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (United Nations, 2015).

Durante a realização da revisão sistemática da literatura, que será abordada com maior profundidade no Capítulo 2, foram selecionados 84 artigos para análise completa. Esses estudos contemplam temas relacionados à mobilidade urbana e ao teletrabalho, com foco na compreensão das relações entre esses fenômenos, bem como nas características socioeconômicas e nos padrões de mobilidade dos indivíduos. Esses artigos foram publicados no período entre 1986 e 2025. A Figura 1 apresenta um compilado sobre a análise bibliométrica realizada. Pela análise da quantidade de artigos publicados por ano, nota-se que ocorreu um crescimento das publicações ao longo do tempo, com valor máximo em 2022. Foram avaliados também os periódicos mais relevantes para o assunto estudado, por meio do índice *h*. Nota-se que os dois periódicos mais relevantes, *Journal of Transport Geography* e *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, possuem quatro artigos publicados, cada um com pelo menos quatro citações em cada artigo.

Figura 1 – Análise Bibliométrica



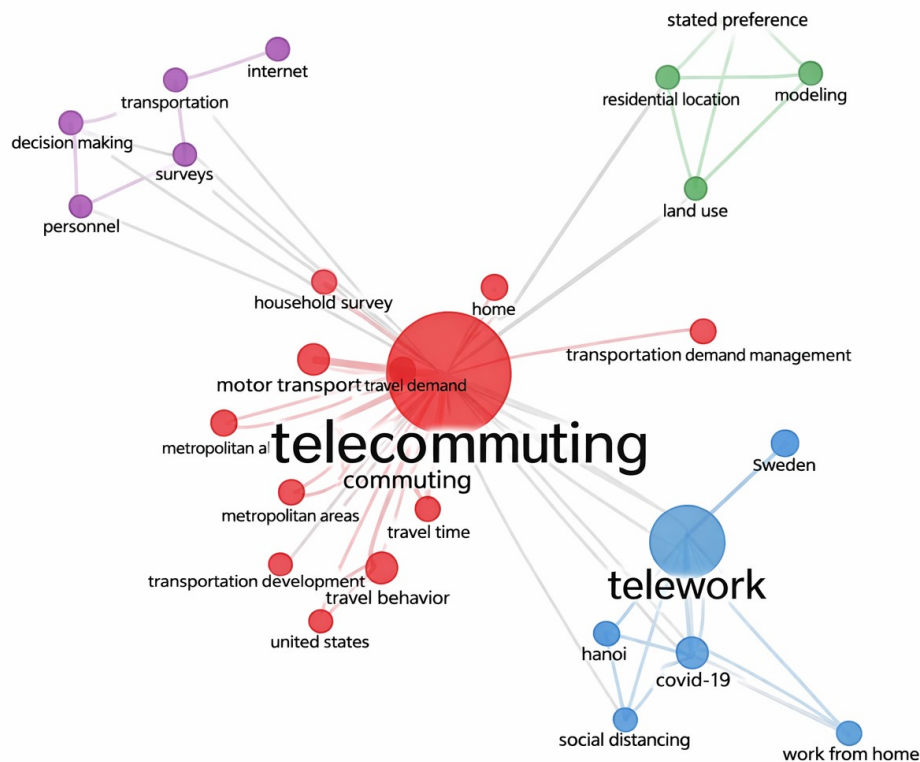
Fonte: Próprio autor

Ainda pela análise da Figura 1, é avaliado o crescimento das publicações nos principais periódicos relacionados ao tema ao longo do tempo. Nota-se que o periódico "Sustainability", que é o terceiro mais relevante em relação ao índice h, não apresentava publicações até o ano de 2020, mas demonstrou um crescimento expressivo a partir desse período. Por outro lado, o periódico "Transportation Research Record", que também possui um índice h de 3, já publicava sobre o tema desde a década de 90, e o crescimento das publicações foi distribuído de forma mais equilibrada ao longo do tempo, tendo se estabilizado a partir de 2014. Vale ressaltar que apenas os periódicos "Transportation Research Record" e "Journal of Transport Geography" não demonstraram aumento nas publicações a partir do ano de 2020.

A Figura 2 exibe as principais palavras-chave identificadas nos artigos, juntamente com as conexões entre elas. A partir das palavras-chave utilizadas pelos autores, foram identificados quatro clusters distintos. O primeiro cluster possui como palavra-chave central "telecommuting". Esse grupo está associado ao teletrabalho e aos comportamentos de mobilidade, visto que inclui palavras como "travel behavior", "transportation development", "travel time" e outras relacionadas. O segundo grupo também aborda tópicos relacionados ao teletrabalho, com a palavra-chave principal "telework". No entanto, esse cluster se concentra em questões relacionadas à pandemia de Covid-19, uma vez que inclui palavras como "Covid-19", "Social distancing" e "Work from home".

Foi identificado também pela análise da Figura 2 um terceiro agrupamento de

Figura 2 – Relação entre Palavras-chave



Fonte: Próprio autor

palavras-chave com foco nas características do ambiente e sua relação com a escolha do teletrabalho. Esse grupo inclui palavras como "land use", "residential location" e "stated preference". O último agrupamento identificado está relacionado às decisões pessoais de adotar o teletrabalho, uma vez que inclui palavras-chave como "decision making", "personal" e "surveys".

Foram também identificados os principais métodos de análise no contexto da RSL. A identificação desses métodos contribui para orientar pesquisas futuras com objetivos semelhantes. De modo geral, observa-se a predominância de abordagens estatísticas, sendo que apenas 6 dos 73 estudos analisados utilizaram métodos qualitativos ou análises de frequência. A Tabela 1 apresenta os métodos de análise mais frequentemente empregados nas pesquisas que investigam as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho.

Tabela 1 – Métodos quantitativos de análise utilizados em estudos sobre mobilidade urbana e teletrabalho

Método	Estudos
Regressão Logística	Drucker e Khattak (2000), Plaut (2004), Hjorthol (2006), Helminen e Ristimäki (2007), Zhou, Su e Winters (2009), Ismail, Hamsa e Ibrahim (2012), Caulfield (2015), O’keefe et al. (2016), Vilhelmson e Thulin (2016), Melo e Silva (2017), Loo e Wang (2018), Ismail, Hamsa e Mohamed (2019), Ravalet e Rérat (2019), Budnitz, Tranos e Chapman (2020), Elldér (2020), Vakilian e Edrisi (2019), Nayak e Pandit (2021), Nguyen e Armoogum (2021), Nguyen (2021), Su, McBride e Goulías (2021), Ceccato et al. (2022), Fatmi, Orvin e Thirkell (2022), Hensher et al. (2022), Paul (2022), Sweet e Scott (2022)
Regressão Linear	Ndubisi e Kahraman (2005), Golden, Veiga e Simsek (2006), Hjorthol (2006), Choo e Mokhtarian (2007), Helminen e Ristimäki (2007), Zhu e Mason (2014), Kim, Choo e Mokhtarian (2015), Elldér (2017), Melo e Silva (2017), Vos, Meijers e Ham (2018), Ravalet e Rérat (2019), Bhuiyan et al. (2020), Elldér (2020), Wang e Ozbilen (2020), Hensher et al. (2022)
Análise de Preferência Declarada	Brewer e Hensher (2000), Tayyaran, Khan e Anderson (2003), Tayyaran e Khan (2007), Ismail, Hamsa e Ibrahim (2012), Habib, Sasic e Zaman (2012), Nayak e Pandit (2021), Tahir e Wong (2022)
Modelo Probit	Yen e Mahmassani (1997), Varma et al. (1998), Singh et al. (2013), Asgari, Jin e Mohseni (2014), Zhang et al. (2020), Hensher et al. (2022)
Análise Qui-quadrado	Ismail, Hamsa e Ibrahim (2012), Elldér (2017), Lachapelle, Tanguay e Neumark-Gaudet (2018), Silva e Melo (2018b), Magnus, Glackin e Hopkins (2022)
Modelagem por Equações Estruturais (SEM)	Choo e Mokhtarian (2007), Silva e Melo (2018b), Silva e Melo (2018a), Tahir e Wong (2022)
Análise de Preferência Revelada	Tayyaran, Khan e Anderson (2003), Tayyaran e Khan (2007), Nayak e Pandit (2021)
Continua na próxima página	

Tabela 1 – Continuação da página anterior

Método	Estudos
Análise de Componentes Principais (PCA)	Yen, Mahmassani e Herman (1994), Mokhtarian e Salomon (1997), Silva e Melo (2018b)
Teste T	Mokhtarian e Salomon (1997), He e Hu (2015), Tahir e Wong (2022)
Análise Fatorial Confirmatória	Golden, Veiga e Simsek (2006), Tahir e Wong (2022)
Modelo Tobit	Kim, Choo e Mokhtarian (2015), Elldér (2020)
Teste Z	Asgari e Jin (2018)
ANOVA	Chakrabarti (2018)
Processo Analítico Hierárquico	Duleba et al. (2022)
Algoritmo de classificação XGBoost	Soler, Christidis e Vassallo (2021)

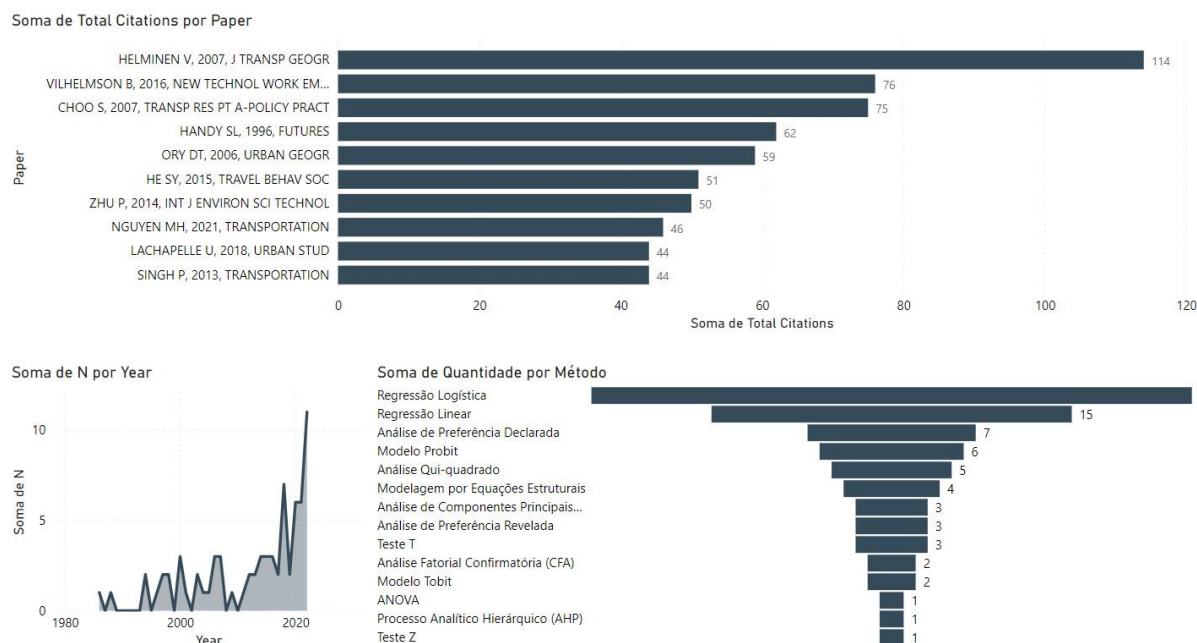
Fonte: Próprio autor

A Figura 3 apresenta os trabalhos mais citados, a evolução das citações ao longo do tempo, e métodos de análise utilizados. De acordo com a análise, o método mais amplamente empregado é a Regressão Logística, sendo encontrado em 25 estudos, aproximadamente 34% do total, tanto de maneira isolada quanto em combinação com outros métodos de análise. Destaca-se também pela análise da figura que o assunto abordado tem crescido também em número de citações ao longo do tempo. Uma análise conjunta entre a Tabela 1 e a Figura 3 revela que os dois artigos mais relevantes em termos de citações utilizaram a regressão logística em suas análises.

Um exemplo é o trabalho de Helminen e Ristimäki (2007), este estudo explorou o impacto do teletrabalho na distância e na frequência dos deslocamentos diários dos trabalhadores na Finlândia. Nesse estudo, foram empregadas diversas técnicas de análise, incluindo a regressão logística, para examinar as relações entre teletrabalho e variáveis como distância de deslocamento, status socioeconômico e nível de educação. Os resultados principais destacam que o teletrabalho resultou em redução das distâncias totais percorridas pelos trabalhadores, com a maioria dos teletrabalhadores utilizando carros ou motocicletas como meios de transporte principais. Além disso, a probabilidade de optar pelo trabalho em casa aumentou em relação à distância percorrida para o trabalho.

Em contrapartida, o trabalho desenvolvido por Elldér (2020) que também utilizou regressão logística ao longo de suas análises apresenta como principais resultados que o teletrabalho está associado a um aumento nas viagens totais e nas viagens não relacionadas ao teletrabalho. Além disso, os teletrabalhadores são mais propensos a caminhar ou

Figura 3 – Análise das citações e dos métodos utilizados



Fonte: Próprio autor

pedalar do que aqueles que não teletrabalham.

O estudo realizado por Vilhelmson e Thulin (2016), segundo trabalho mais citado, examinou a realização do teletrabalho na Suécia, com o objetivo de investigar os fatores que influenciam a adoção do teletrabalho. Para alcançar tal objetivo, eles empregaram análises de séries temporais, bem como a utilização da regressão logística como método de análise. Dentre os principais resultados obtidos no estudo, os autores delinearam o perfil do teletrabalhador. Esse perfil caracteriza-se por indivíduos com alto status profissional/ocupacional, renda elevada, nível educacional superior e idade geralmente intermediária. Adicionalmente, os teletrabalhadores têm maior probabilidade de possuir família e filhos jovens, indicando a necessidade de conciliar responsabilidades profissionais e familiares. Entretanto, a relação entre teletrabalho e composição familiar é complexa uma vez que filhos pequenos podem atuar como uma barreira ao teletrabalho em tempo integral (O'KEEFE et al., 2016).

Outro estudo dentre os dez mais citados acerca da relação entre mobilidade urbana e teletrabalho que também empregou a regressão logística foi conduzido por (NGUYEN, 2021). Este trabalho teve como foco fornecer percepções sobre os fatores que influenciam a escolha pelo trabalho em casa durante e após a pandemia por Covid-19. O autor destacou que a frequência e a preferência pelo teletrabalho foram moldadas por diversos fatores, tais como histórico de trabalhar em casa antes da pandemia, estímulos ou obrigações para o teletrabalho, renda familiar, atitudes em relação ao trabalho e ao teletrabalho, bem como

percepções sobre a pandemia. Além disso, a maneira como o teletrabalho é percebido pode ser influenciada por fatores como a experiência anterior com teletrabalho/teleconferência e a capacidade de navegar pela Internet.

O terceiro estudo mais citado, realizado por Choo e Mokhtarian (2007), foram utilizados métodos de regressão linear e análise de equações estruturais. O objetivo desse estudo era desenvolver um modelo conceitual abrangente que considerasse as relações causais entre viagens, telecomunicações, uso da terra, atividade econômica e características socioeconômicas. Os resultados destacaram que a relação entre telecomunicações e viagens é de complementaridade, e não de substituição. Além disso, foi constatado que a variável de uso do solo, especificamente a taxa de suburbanização, impacta positivamente a quantidade de milhas viajadas. Isso se dá pelo fato de que os moradores dos subúrbios tendem a ter deslocamentos mais longos em comparação com os residentes das áreas urbanas centrais. Vale ressaltar que essa análise empregou métodos agregados e utilizou dados secundários, sem considerar as características individuais das pessoas.

Os resultados obtidos pela RSL evidenciam avanços significativos na compreensão da relação entre teletrabalho e mobilidade urbana, especialmente no que se refere à identificação de fatores socioeconômicos, demográficos e locais associados à sua adoção. Estudos como os de Helminen e Ristimäki (2007) e Elldér (2020) apresentam resultados divergentes quanto aos impactos do teletrabalho nos padrões de deslocamento, indicando desde a redução como também o aumento das viagens, o que reforça a complexidade do fenômeno. Adicionalmente, pesquisas como Vilhelmson e Thulin (2016) e Nguyen (2021) destacam a influência de características individuais, como renda, escolaridade e estrutura familiar, na decisão de teletrabalhar. De modo geral, a literatura aponta que o perfil típico do teletrabalhador é composto predominantemente por homens, com maior nível de renda e escolaridade, pertencentes a faixas etárias intermediárias, sugerindo que o acesso ao teletrabalho tende a se concentrar em grupos com maior capital socioeconômico, o que pode reforçar desigualdades já existentes.

No entanto, apesar da consolidação desses achados, observa-se uma predominância de métodos tradicionais, especialmente a regressão logística, utilizada em aproximadamente 34% dos estudos, os quais, embora adequados para modelar probabilidades, apresentam limitações quanto à capacidade de capturar relações não lineares mais complexas e de garantir maior poder de generalização. Embora estudos recentes tenham incorporado técnicas de *machine learning*, como Árvores de Decisão, *Random Forest*, SVM e Naïve Bayes (KUMARA et al., 2022; ABESIRI; RUPASINGHA, 2022; SETIAWAN; ALAMSARI, 2022), esses trabalhos, em geral, concentram-se na maximização da acurácia preditiva, frequentemente com amostras reduzidas e sem uma avaliação sistemática da importância relativa dos determinantes sociodemográficos. Além disso, abordagens mais avançadas, como *gradient boosting* e redes neurais, têm sido aplicadas com foco em dados

de uso de smartphones e GPS (CHEN et al., 2023), negligenciando o papel central das características estruturais dos indivíduos.

Além disso, a literatura de aprendizado de máquina reconhece que não existe um algoritmo universalmente superior para todos os problemas. Conforme estabelecido pelos teoremas *No Free Lunch*, ganhos de desempenho obtidos por determinado algoritmo em uma classe de problemas são necessariamente compensados por perdas em outras classes (WOLPERT; MACREADY, 2002). Esse princípio reforça a necessidade de avaliações comparativas abrangentes entre diferentes algoritmos, considerando não apenas métricas de desempenho preditivo, mas também sua capacidade de interpretação e de identificação dos fatores determinantes da adoção do teletrabalho. Nesse sentido, a literatura ainda carece de estudos que conciliem robustez preditiva e interpretação substantiva dos determinantes socioeconômicos, especialmente em análises baseadas em amostras amplas e representativas.

Adicionalmente, observa-se uma lacuna relacionada à dimensão temporal do fenômeno. Embora o teletrabalho tenha sido amplamente investigado nos últimos anos, os estudos existentes tendem a concentrar-se em análises estáticas, avaliando os fatores associados à sua adoção em períodos específicos. Dessa forma, permanece pouco explorada a investigação sobre como a importância e os efeitos das variáveis explicativas podem se modificar ao longo do tempo, especialmente em contextos marcados por transformações econômicas, tecnológicas e institucionais. Compreender essa dinâmica temporal é fundamental para identificar mudanças nos determinantes do teletrabalho e aprimorar a formulação de políticas e estratégias organizacionais voltadas a essa modalidade de trabalho.

Destaca-se também que a qualidade de vida pode estar diretamente relacionada com o teletrabalho, e essas relações ainda são pouco discutidas. A flexibilidade inerente ao teletrabalho permite aos teletrabalhadores desfrutar de mais transporte ativo, como caminhada e ciclismo, ao mesmo tempo em que melhoram seu desempenho no trabalho com maior produtividade e um melhor equilíbrio entre trabalho e vida pessoal (ERDOĞDU; WATSON, 2023; NGUYEN, 2021). Isso pode resultar em menos estresse e interrupções, aumentando assim a satisfação no trabalho e evitando o tempo perdido e os custos associados ao deslocamento. No Brasil, os custos relacionados aos deslocamentos caracterizam-se como um grande problema para a população, segundo pesquisa realizada pela Oxfam, o salário médio no Brasil em 2022 foi de R\$ 2.540, enquanto o custo médio do transporte foi de R\$ 4,80. Para aqueles que recebem o salário médio e utilizam duas passagens por dia, isso pode representar um comprometimento de 11% do orçamento. No entanto, para aqueles que vivem com o salário mínimo de R\$ 1.320, especialmente em capitais e regiões metropolitanas onde as tarifas são mais altas, o custo do transporte pode representar entre 15% e 20% do orçamento mensal. Esse impacto é ainda maior para famílias maiores

que dependem de apenas um rendimento (Oxfam, 2023). Portanto, o teletrabalho pode ser uma alternativa interessante para essas pessoas. No entanto, também pode apresentar desafios, especialmente quando crianças estão presentes, já que podem servir como fonte de distração (NGUYEN, 2021).

As lacunas identificadas tornam-se ainda mais evidentes no contexto de países em desenvolvimento, onde os estudos são mais escassos e, quando existentes, tendem a utilizar modelos econométricos tradicionais ou a focar em contextos específicos, sem o uso de dados representativos em nível nacional ou de abordagens comparativas entre algoritmos de classificação (NGUYEN, 2021; NAYAK; PANDIT, 2021). Além disso, são raras as investigações que analisam como os determinantes da adoção do teletrabalho se modificam ao longo do tempo, limitando a compreensão da dinâmica desse fenômeno em contextos econômicos e sociais em constante transformação.

Tal limitação é particularmente relevante em países como o Brasil, marcado por fortes desigualdades de renda, educação e inserção ocupacional, que podem influenciar de forma decisiva tanto o acesso ao teletrabalho quanto a evolução de seus determinantes ao longo dos anos. Nesse contexto, torna-se fundamental adotar abordagens metodológicas mais robustas, capazes de explorar múltiplos algoritmos de *machine learning*, avaliar comparativamente seu desempenho preditivo e identificar como a importância das variáveis sociodemográficas e ocupacionais varia em diferentes períodos.

Assim, esta pesquisa busca preencher essas lacunas ao utilizar dados representativos da população brasileira, comparar diferentes técnicas de *machine learning* e incorporar uma perspectiva temporal na análise dos fatores associados ao teletrabalho. Dessa forma, contribui para uma compreensão mais abrangente, generalizável e dinâmica do fenômeno, ao mesmo tempo em que evidencia como as desigualdades estruturais características de economias emergentes influenciam sua adoção ao longo do tempo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral investigar a adoção e a dinâmica do teletrabalho no Brasil, por meio de uma abordagem integrada que combina revisão sistemática da literatura e técnicas de *machine learning*, visando identificar os principais fatores socioeconômicos, ocupacionais, de transporte e do ambiente urbano associados ao teletrabalho, bem como analisar sua evolução ao longo do tempo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e validar um modelo conceitual que represente as relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais.
- Aplicar e comparar diferentes modelos de machine learning para identificar os determinantes do teletrabalho a partir de dados representativos em nível nacional.
- Avaliar o desempenho preditivo dos modelos ao longo do tempo, considerando diferentes janelas temporais e métricas de avaliação.
- Analisar a estabilidade e a variação da importância das variáveis explicativas ao longo do período estudado, buscando identificar possíveis mudanças nos padrões de influência.
- Examinar a evolução do teletrabalho no Brasil entre 2022 e 2025, considerando mudanças nos fatores associados à sua adoção.

1.3 Organização do trabalho

Esta tese está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo corresponde à introdução, na qual são apresentados o contexto geral da pesquisa, a problemática investigada, a justificativa de sua relevância acadêmica e prática, bem como os objetivos geral e específicos que orientam o desenvolvimento do trabalho.

O segundo capítulo é dedicado à Fundamentação Teórica. Nesta seção, é apresentada uma revisão sistemática da literatura acerca dos temas centrais da pesquisa, com ênfase em teletrabalho e mobilidade urbana. Além disso, são discutidos os principais conceitos e abordagens teóricas que sustentam a construção do modelo conceitual proposto. Este capítulo também contempla os fundamentos necessários para a aplicação das técnicas de *machine learning*, fornecendo o embasamento teórico para a condução das análises e para a interpretação dos resultados obtidos.

O terceiro capítulo descreve a Metodologia adotada na pesquisa. Nele, são detalhados o delineamento metodológico, a classificação da pesquisa, as etapas de desenvolvimento, bem como os procedimentos de coleta e tratamento dos dados. O quarto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, acompanhados de sua análise e discussão à luz da literatura revisada. Nessa etapa, busca-se interpretar os resultados, identificar padrões relevantes e relacioná-los com estudos anteriores, destacando contribuições, convergências e eventuais divergências.

Por fim, o quinto capítulo reúne as conclusões do estudo, sintetizando os principais resultados e suas implicações teóricas e práticas. Também são discutidas as limitações da

pesquisa e apresentadas sugestões para trabalhos futuros, indicando possíveis caminhos para o aprofundamento e continuidade das investigações na área.

2 Revisão Teórica

Neste capítulo, são apresentados os fundamentos científicos que sustentam o desenvolvimento desta tese. Inicialmente, realiza-se uma contextualização do teletrabalho no Brasil, abordando sua evolução, principais conceitos e relevância no cenário contemporâneo. Em seguida, é apresentada uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de mapear e sintetizar o estado da arte sobre o tema, destacando as relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais, bem como identificando lacunas de pesquisa e as principais abordagens adotadas na área.

Por fim, discutem-se os fundamentos teóricos que embasam a aplicação dos métodos selecionados ao longo do trabalho, incluindo a base conceitual necessária para a utilização de técnicas de *machine learning*. Essa fundamentação também subsidia a condução das análises, bem como a interpretação e a discussão dos resultados obtidos.

Como principais contribuições, este capítulo oferece um panorama detalhado sobre o tema, além de identificar oportunidades de pesquisa relevantes que orientam e justificam o desenvolvimento da presente tese.

2.1 Teletrabalho no Contexto Brasileiro

Neste estudo, é adotado o conceito de teletrabalho como a prática laboral realizada total ou parcialmente em um local alternativo ao ambiente de trabalho convencional, conforme definido pela Organização Internacional do Trabalho (ILO, 2020). Embora a PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) contínua de 2022 tenha registrado que 7,4 milhões de pessoas adotaram o teletrabalho no Brasil, uma pesquisa do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em 2023, intitulada "Os condicionantes do Teletrabalho Potencial no Brasil", revelou que cerca de 20,5 milhões de brasileiros estão em ocupações adequadas para o trabalho remoto, representando 22,6% da força de trabalho total do país. Esses dados demonstram que o teletrabalho ainda possui um vasto potencial a ser explorado no contexto brasileiro (GÓES; MARTINS; ALVES, 2023). Portanto, compreender as características das pessoas em ocupações com forte potencial de trabalho remoto é necessário para o desenvolvimento de políticas e práticas que apoiem e promovam essa modalidade de trabalho de forma eficaz. Essa compreensão permite identificar quais grupos populacionais podem se beneficiar mais do teletrabalho e quais podem enfrentar desafios específicos.

Além disso, essa pesquisa realizada pelo IPEA destaca que o perfil do teletrabalhador potencial é marcado por características como indivíduos de etnia branca, do sexo

feminino, com ensino superior completo, empregados no setor formal e no setor público (GÓES; MARTINS; ALVES, 2023). Esse resultado vai ao encontro de outros estudos realizados que enfatizam que o perfil do teletrabalhador é caracterizado por alto status profissional/ocupacional, renda elevada, nível educacional superior e idade geralmente intermediária (VILHELMSON; THULIN, 2016). Esses resultados evidenciam o papel das variáveis socioeconômicas como possíveis fatores determinantes do teletrabalho, tanto em escala nacional quanto internacional.

Em 2022 A distribuição demográfica dos teletrabalhadores no Brasil mostrou um equilíbrio relativamente homogêneo entre os gêneros, sendo 51,2% homens e 48,8% mulheres. No que se refere à faixa etária, observa-se maior incidência de teletrabalho entre indivíduos de 25 a 39 anos (49,6%), seguida pelo grupo de 40 a 59 anos (35,4%). Esses dados indicam que o teletrabalho é mais comum entre trabalhadores em idade intermediária, o que pode estar associado à maior experiência, qualificação profissional e capacidade de adaptação às tecnologias digitais exigidas em atividades realizadas remotamente (LEITE; NASCIMENTO; PEROBELLI, 2026).

A distribuição racial e educacional dos teletrabalhadores no Brasil em 2022 evidencia concentração entre pessoas brancas e com maior nível de escolaridade. Indivíduos brancos representam 63,3%, enquanto pretos e pardos correspondem a 7,7% e 27,%, respectivamente. Além disso, 69,1% possuem ensino superior completo, frente a 26,8% com ensino médio. Esse padrão destaca a escolaridade como fator central para o teletrabalho, refletindo desigualdades no acesso à tecnologia, habilidades digitais e redes profissionais. Por fim, A distribuição setorial dos teletrabalhadores mostra concentração em atividades intensivas em conhecimento e serviços. Destacam-se setores como desenvolvimento de sistemas e serviços de informação (60,1%), edição e publicação (45,1%) e intermediação financeira, seguros e previdência (34%), caracterizados pelo uso de ferramentas digitais, maior autonomia e elevada qualificação, o que favorece o teletrabalho. (LEITE; NASCIMENTO; PEROBELLI, 2026).

Em 2024, o trabalho realizado na própria residência representou 7,9% da população ocupada no setor privado no Brasil, indicando leve redução em relação ao pico observado em 2022 (8,4%) (IBGE, 2025b). Apesar desse recuo, essa modalidade mantém relevância no contexto recente, possivelmente associada à consolidação de práticas como o teletrabalho. A diminuição gradual após 2022 sugere uma tendência de estabilização desse arranjo, após a expansão observada nos anos anteriores.

O teletrabalho não é influenciado exclusivamente por variáveis socioeconômicas; fatores de mobilidade também podem desempenhar uma forte influência. Estudos sugerem que o teletrabalho pode ser uma ferramenta eficaz na redução das viagens (LIER; WITTE; MACHARIS, 2014; VOS; MEIJERS; HAM, 2018). De acordo com Soler, Christidis e Vassallo (2021), os teletrabalhadores realizam menos viagens semanais do que

os trabalhadores tradicionais. No entanto, essa redução não necessariamente implica em uma diminuição das distâncias percorridas. A flexibilidade proporcionada pelo teletrabalho permite uma ampla gama de estratégias de mobilidade individuais, resultando em padrões de deslocamento diário mais diversificados em termos espaciais. Esses padrões podem ser mais influenciados pela identidade pessoal do que pela proximidade com o local de trabalho (ELLDÉR, 2017).

A flexibilidade proporcionada pelo teletrabalho não se limita apenas ao âmbito profissional, e de mobilidade, mas também pode apresentar um impacto significativo na qualidade de vida dos trabalhadores. O teletrabalho, ao oferecer flexibilidade de horário (DRUCKER; KHATTAK, 2000; ISMAIL; HAMSA; IBRAHIM, 2012; ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014) e eliminar a necessidade de deslocamento diário, pode ter um impacto positivo significativo na qualidade de vida dos trabalhadores. A qualidade de vida dos trabalhadores também é influenciada pelo equilíbrio entre vida profissional e pessoal (YEN; MAHMASSANI; HERMAN, 1994; HANDY; MOKHTARIAN, 1996; NDUBISI; KAHRAMAN, 2005; ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; VILHELMSON; THULIN, 2016; NGUYEN, 2021; ERDOĞDU; WATSON, 2023), uma vez que a capacidade de adaptar os horários de trabalho às necessidades pessoais e familiares, proporcionadas pelo teletrabalho, reduz o estresse relacionado à conciliação entre vida profissional e pessoal.

Desta forma, o teletrabalho também pode contribuir para a qualidade de vida, uma vez que reforça a autoimagem de profissionais responsáveis, comprometidos, independentes e autônomos. (FALCO et al., 2023). Essas possíveis relações entre teletrabalho e qualidade de vida estão diretamente relacionadas ao conceito estabelecido pela OMS, onde a qualidade de vida é definida como a percepção que um indivíduo possui sobre sua posição na vida, levando em conta o contexto cultural e os valores que o rodeiam, em relação às suas metas, expectativas, normas e preocupações. Este conceito abarca diversos aspectos, não se limitando apenas à saúde física e ao estado psicológico, mas também incluindo o nível de autonomia, as relações sociais, as convicções pessoais e a interação com o ambiente (OMS, 1996). Porém o teletrabalho também pode criar disparidades, já que tais vantagens estão acessíveis apenas a funcionários altamente qualificados capazes de trabalhar em casa. Essa realidade pode agravar as desigualdades entre trabalhadores menos qualificados, especialmente em momentos de crise (FALCO et al., 2023).

O teletrabalho também pode apresentar desafios, como a dificuldade em estabelecer limites claros entre trabalho e lazer, contribuindo para o aumento do estresse devido ao isolamento social. Isso, por sua vez, pode levar à diminuição da produtividade percebida no trabalho remoto (TOSCANO; ZAPPALÀ, 2020). Durante a pandemia de COVID-19, observou-se um impacto substancialmente negativo do teletrabalho na qualidade de vida dos teletrabalhadores, com um efeito particularmente significativo nas mulheres e na faixa etária mais jovem. Além disso, esses resultados indicam que a recuperação física e

mental dos profissionais representará um desafio significativo. Estratégias futuras devem se concentrar na mitigação dos impactos físicos e psicológicos gerados pelo confinamento (LIZANA et al., 2021). Esses fatores destacam a importância de políticas e práticas que promovam um equilíbrio saudável entre trabalho e vida pessoal.

Compreender as características dos teletrabalhadores é fundamental para auxiliar as empresas e organizações a adaptarem suas políticas e práticas de gestão de pessoas, visando atender adequadamente às necessidades desse grupo e dos potenciais teletrabalhadores. Isso envolve a oferta de suporte técnico e tecnológico adequado, a implementação de políticas de flexibilidade de horário e o fornecimento de recursos para promover o bem-estar e a saúde mental dos teletrabalhadores. Ao conhecer melhor o perfil das pessoas que estão em ocupações que podem ser realizadas remotamente e que podem se beneficiar mais dessa modalidade de trabalho, é possível criar ambientes de trabalho mais inclusivos, produtivos e satisfatórios para todos os envolvidos.

2.2 Teletrabalho, Transporte e Ambiente: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Esta seção apresenta uma análise abrangente das possíveis interações entre o teletrabalho e a mobilidade urbana através de uma Revisão Sistemática da Literatura. O objetivo foi identificar na literatura os fatores que podem influenciar na realização do teletrabalho, os principais modos de transporte abordados nos estudos, métodos de pesquisa e as relações entre teletrabalho e o ambiente urbano.

A revisão sistemática da literatura foi conduzida com o objetivo de identificar, de forma abrangente, as variáveis que influenciam a adoção do teletrabalho, bem como os principais métodos analíticos empregados nos estudos existentes. Para tanto, definiu-se como questão central da RSL (Revisão Sistemática da Literatura): “Como as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho evoluíram ao longo do tempo e de que forma essas relações se manifestam?”. Adicionalmente, foram formuladas questões específicas, apresentadas a seguir:

- Q1 – Qual é o estado da arte sobre as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho?
- Q2 – Quais métodos e ferramentas são utilizados nas análises?
- Q3 – Quais são as principais relações entre o teletrabalho e as características socioeconômicas, e como elas se relacionam com os padrões de mobilidade?
- Q4 – Quais são as principais relações entre o teletrabalho e as variáveis de transporte?

- Q5 – Quais são as principais relações entre o teletrabalho e as características ambientais?

A RSL é uma abordagem de pesquisa que coleta e avalia as evidências disponíveis sobre um determinado assunto (KARJALAINEN; JUHOLA, 2021). Trata-se de um processo rigoroso e estruturado para coletar, analisar e sintetizar a literatura científica existente sobre um determinado tema. Nesse sentido, os pesquisadores devem seguir uma sequência de etapas metodológicas bem definidas, de acordo com protocolos preestabelecidos para a RSL. Essa abordagem é amplamente empregada na pesquisa acadêmica e tem como objetivo responder a perguntas específicas de maneira imparcial e baseada em evidências.

De acordo com Brereton et al. (2007), a RSL é composta por três principais fases: planejamento, execução e relatório. Na primeira fase, a pergunta de pesquisa é definida juntamente com o protocolo para a seleção dos estudos. Na segunda etapa, os estudos relevantes são identificados e, posteriormente, selecionados e avaliados para a extração de dados. Nesse estágio, também ocorre a síntese dos dados. Os resultados, derivados da análise dos documentos, são apresentados na última etapa do processo. A Figura 4 ilustra o procedimento adotado na RSL.

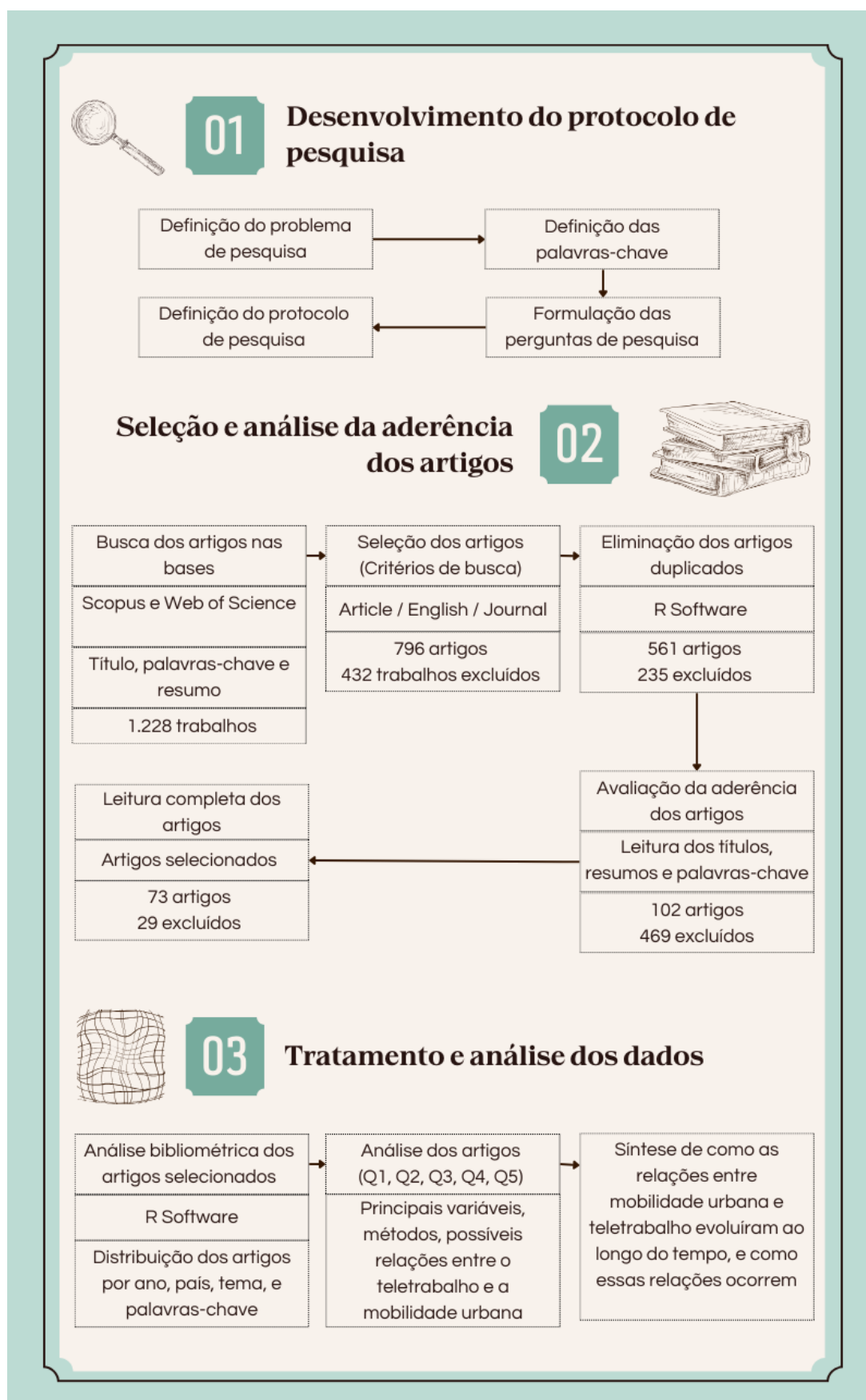
Após definir o objetivo e as questões de pesquisa a serem respondidas, foram determinadas as palavras-chave relacionadas aos temas de mobilidade urbana e teletrabalho, e utilizadas combinações booleanas para busca. A Figura 5 apresenta a região escolhida para realizar essa pesquisa, e a Tabela 2 apresenta as palavras-chave utilizadas ao longo da busca. As bases de dados Scopus e Web of Science foram utilizadas para coletar estudos até o ano de 2023. Não foi definido um período inicial para a seleção dos artigos, pois o objetivo principal dessa análise é avaliar a evolução das relações entre mobilidade urbana e teletrabalho ao longo do tempo. Alguns critérios de inclusão foram estabelecidos para selecionar os artigos: a) apresentar alinhamento claro com o propósito da revisão; b) abordar diretamente as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho; c) apresentar alguma aplicação com métodos e resultados práticos; d) ser publicado em inglês; e) ser do tipo artigo. A busca foi realizada em janeiro de 2023.

Tabela 2 – Palavras-chave utilizadas na pesquisa

Combinações Booleanas
<i>"mobility"OR "urban mobility"OR "transportation"OR "transport"</i>
AND
<i>"teleworking"OR "telecommuting"OR "home-office"OR "virtual work"OR "flexible workplace"</i>

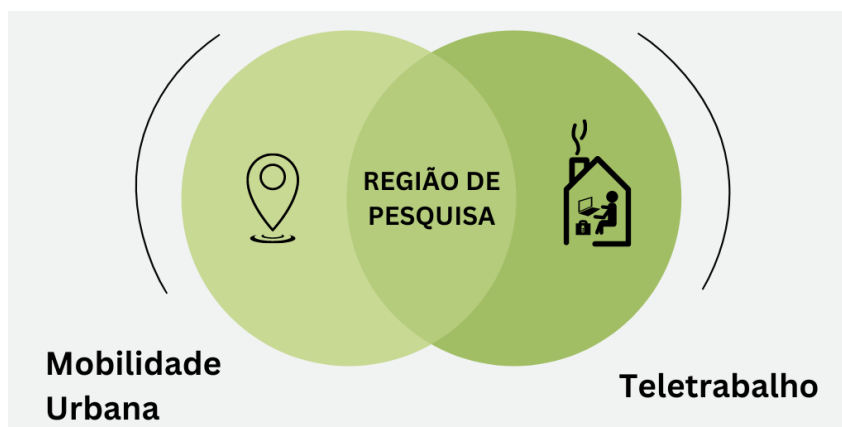
Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Etapas do Método de Revisão Sistemática



Fonte: Próprio autor

Figura 5 – Região da Pesquisa



Fonte: Próprio autor

Foram identificados 783 documentos na base de dados Scopus e 445 documentos na base de dados Web of Science. Após aplicar os filtros dos critérios de inclusão, restaram 470 artigos da base de dados Scopus e 326 artigos da Web of Science. Posteriormente, foi utilizada a linguagem de programação R para verificar a presença de artigos duplicados, sendo identificados 235 artigos duplicados, resultando em 561 artigos. Em seguida, realizou-se a leitura de todos os títulos, resumos e palavras-chave para a seleção dos artigos para análise completa. Muitos artigos abordam as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho com foco na emissão de poluentes ou na economia de energia. Esses trabalhos não foram mantidos para o desenvolvimento desta RSL, pois o foco está no comportamento do teletrabalhador. Portanto, por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, foram excluídos os artigos que não apresentavam uma relação direta, resultando em 102 artigos. Em seguida, foi realizada a leitura completa desses artigos, dos quais 29 não se alinharam com o foco da pesquisa. Dessa forma, 73 artigos foram utilizados para responder às perguntas estabelecidas nesta revisão sistemática. A Tabela 3 apresenta os critérios de inclusão e exclusão dos estudos de forma detalhada.

Tabela 3 – Critérios de Inclusão e Exclusão de Artigos

Etapas de leitura	Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Título, Resumo e Palavra-chave	Os estudos devem abordar alguns dos temas relacionados às questões de pesquisa.	Estudos que não apresentaram abordagens relevantes às questões de pesquisa sobre as relações entre mobilidade urbana e teletrabalho foram excluídos. Porém, alguns estudos que não apresentaram aderência exata ao contexto foram mantidos para a próxima etapa de análise.
Texto completo	Foram mantidos apenas estudos que apresentaram, diretamente ou indiretamente, variáveis relacionadas à mobilidade urbana que influenciaram na adoção do teletrabalho.	Foram excluídos também artigos que apesar de apresentarem variáveis relacionadas à mobilidade urbana e teletrabalho, não estavam alinhados ao comportamento do teletrabalhador, sendo essa uma questão essencial da pesquisa.

Fonte: Próprio autor

Após a leitura detalhada e a análise dos 73 artigos selecionados na primeira rodada da revisão sistemática, tornou-se evidente que alguns termos de busca potencialmente relevantes não haviam sido capturados na estratégia inicial. Para contornar essa limitação e ampliar a cobertura temática, uma segunda rodada de busca foi realizada em setembro de 2025 nas bases de dados Scopus e Web of Science, incorporando um conjunto expandido de termos de pesquisa, conforme apresentado na Tabela 4. De maneira consistente com a primeira etapa, a busca considerou a ocorrência desses termos nos títulos, resumos e palavras-chave dos registros recuperados.

Tabela 4 – Combinações booleanas utilizadas na segunda busca bibliográfica.

Mobilidade	Teletrabalho
"mobility*"OR "urban mobility*"OR "spatial mobility*"OR "travel behavior"OR travel* OR transport* OR "public transport*"OR "mass transit*"OR commute* OR "journey to work"OR "travel to work"OR car* OR automobil* OR "private vehicle*"OR bus* OR rail* OR subway* OR metro* OR train* OR bike* OR bicycl* OR cycling OR "active mobility*"OR walking OR pedestrian*	telework* OR telecommut* OR "home-office"OR "home office"OR "remote work*"OR "work-from-home"OR "work from home"OR "virtual work*"OR "distributed work*"OR "flexible workplace*"OR "flexible work*"OR "hybrid work*"

Fonte: Próprio autor

Além dos filtros previamente adotados, que consideravam artigos publicados em inglês e disponíveis em periódicos revisados por pares, foram aplicados filtros adicionais para restringir os resultados a áreas de pesquisa relacionadas à engenharia, ciências sociais, transporte e estudos urbanos. Essa etapa resultou em 8.776 registros, dos quais 5.827 permaneceram após a remoção de duplicatas.

Esses 5.827 artigos foram, então, submetidos a uma análise de aderência em relação aos 73 artigos previamente selecionados. Para esse fim, foi aplicada uma abordagem de similaridade textual baseada na distância de Jaro–Winkler utilizando a linguagem de programação R, considerando o título e o resumo de cada artigo. Artigos que apresentaram similaridade acima de 80% foram mantidos para triagem adicional, resultando em 224 documentos encaminhados para revisão de título e resumo.

Após esse processo de triagem, 84 artigos foram considerados adequados para leitura integral. Após a avaliação completa, 11 artigos foram selecionados e incorporados ao conjunto dos 73 estudos previamente identificados, complementando assim as evidências utilizadas para responder às questões de pesquisa propostas nesta revisão sistemática. Os procedimentos de inclusão e exclusão aplicados nesta etapa continuaram a seguir os critérios estabelecidos na Tabela 3.

2.2.1 Variáveis Socioeconômicas e o Teletrabalho

O trabalho remoto, também conhecido como teletrabalho, refere-se à realização de atividades laborais em locais distintos dos escritórios centrais, frequentemente no domicílio, com o suporte de tecnologias digitais de comunicação e colaboração. A adoção dessa modalidade é influenciada por um amplo conjunto de variáveis e está intimamente associada a características socioeconômicas e padrões de mobilidade, gerando implicações

complexas para a equidade social. A literatura recente destaca que o modelo tradicional de trabalho, baseado em um único local fixo e no deslocamento diário rotineiro para o trabalho, tornou-se progressivamente insuficiente para abarcar as formas contemporâneas de organização laboral, que incluem trabalho em home office, trabalho móvel e modalidades de emprego multi-locais (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021). Por exemplo, mudanças nos padrões de mobilidade associadas ao teletrabalho apresentam impactos significativos relacionados ao gênero, sendo que evidências indicam que, para algumas mulheres, o teletrabalho resultou em aumento da carga de tarefas domésticas (XIANG, 2022). Nesse contexto, a mobilidade, mesmo em sua forma mais comum de deslocamento diário, pode produzir consequências sociais e espaciais profundas.

Com base na análise apresentada na Tabela 5 e ilustrada na Figura 6, a variável socioeconômica mais frequentemente examinada em estudos sobre adoção do teletrabalho é o tipo de ocupação, presente em aproximadamente 30% das pesquisas revisadas. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que certos tipos de trabalho não apenas desestimulam, mas também tornam inviável a adoção do teletrabalho. Setores econômicos que demandam interações presenciais, como motoristas, operários e trabalhadores de fábricas, bem como áreas como saúde e hotelaria, não favorecem o teletrabalho devido à necessidade de contato direto. Em contrapartida, trabalhadores de escritório, como cientistas e engenheiros, apresentam maior propensão à adoção do teletrabalho (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022; KRASILNIKOVA; LEVIN-KEITEL, 2022; MAGNUS; GLACKIN; HOPKINS, 2022).

Tabela 5 – Variáveis socioeconômicas que possuem relação com o teletrabalho

Variável	Relação com o Teletrabalho	Estudos
Gênero	Os homens são mais propensos ao teletrabalho	Hjorthol (2006), Jin e Wu (2011), Singh et al. (2013), He e Hu (2015), Vilhelmson e Thulin (2016), Silva e Melo (2018b), Ravalet e Rérat (2019), Soler, Christidis e Vassallo (2021)
	A preferência pelo teletrabalho independe do gênero	Nguyen (2021), Erdoğan e Watson (2023)
	Mulheres são mais propensas ao teletrabalho	O’keefe et al. (2016), Paul (2022)

Continua na próxima página

Tabela 5 – Continuação da página anterior

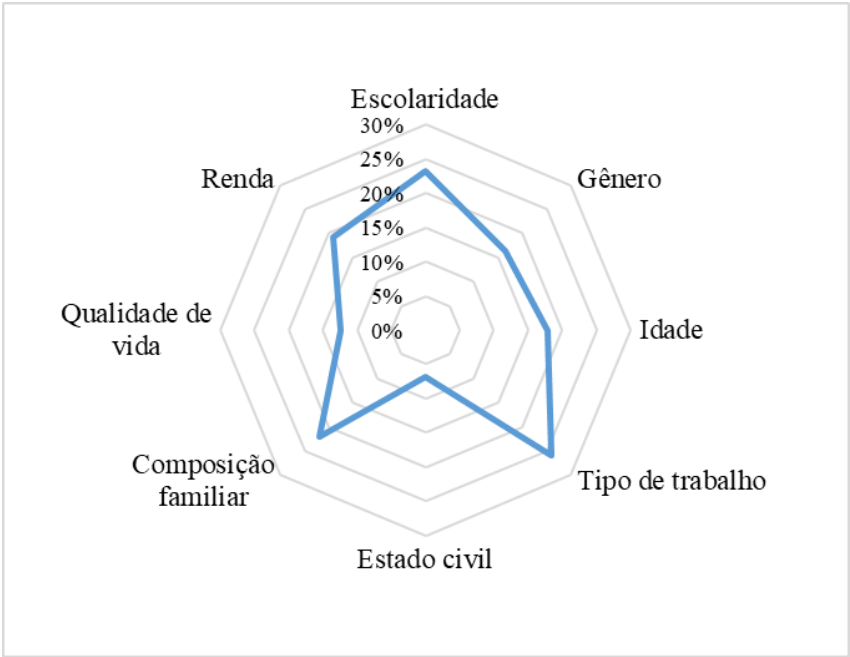
Variável	Relação com o Teletrabalho	Estudos
Idade	Indivíduos de meia idade são mais propensos ao teletrabalho	Singh et al. (2013), O’keefe et al. (2016), Vilhelmson e Thulin (2016), Loo e Wang (2018), Ravalet e Rérat (2019), Zhang et al. (2020), Nguyen (2021), Sweet e Scott (2022)
	Quanto maior a idade, maior a probabilidade de teletrabalho	Jin e Wu (2011), Asgari, Jin e Mohseni (2014), Paul (2022)
	Quanto mais novos os trabalhadores, maior a probabilidade de teletrabalho	Silva e Melo (2018b), Soler, Christidis e Vassallo (2021)
Escolaridade	Quanto maior a escolaridade, maior a probabilidade de realização do teletrabalho	Drucker e Khattak (2000), Pouri e Bhat (2003), Plaut (2004), Hjorthol (2006), Jin e Wu (2011), Singh et al. (2013), He e Hu (2015), O’keefe et al. (2016), Vilhelmson e Thulin (2016), Loo e Wang (2018), Silva e Melo (2018b), Ravalet e Rérat (2019), Soler, Christidis e Vassallo (2021), Nayak e Pandit (2021), Nguyen (2021), Salon et al. (2022), Sweet e Scott (2022), Ogungbire e Mitra (2024)
Renda	Quanto maior a renda, maior a probabilidade de realização do teletrabalho	Plaut (2004), Hjorthol (2006), He e Hu (2015), Vilhelmson e Thulin (2016), Loo e Wang (2018), Silva e Melo (2018b), Ravalet e Rérat (2019), Zhang et al. (2020), Soler, Christidis e Vassallo (2021), Nguyen (2021), Fatmi, Orvin e Thirkell (2022), Hensher et al. (2022), Salon et al. (2022), Sweet e Scott (2022), Ogungbire e Mitra (2024), Tao et al. (2024)
Continua na próxima página		

Tabela 5 – Continuação da página anterior

Variável	Relação com o Teletrabalho	Estudos
Tipo de Trabalho	A realização do teletrabalho depende do tipo de trabalho	Handy e Mokhtarian (1996), Pouri e Bhat (2003), Habib, Sasic e Zaman (2012), Asgari, Jin e Mohseni (2014), He e Hu (2015), Vilhelmson e Thulin (2016), Ismail, Hamsa e Mohamed (2019), Ravalet e Rérat (2019), Vakilian e Edrisi (2019), Nayak e Pandit (2021), Adobati e Debernardi (2022), Hensher et al. (2022), Magnus, Glackin e Hopkins (2022), Salon et al. (2022), Sweet e Scott (2022), Tao et al. (2024)
	Pessoas que trabalham meio período são mais propensas ao teletrabalho	Drucker e Khattak (2000), Pouri e Bhat (2003), Asgari, Jin e Mohseni (2014)
	Pessoas que trabalham em período integral são mais propensas ao teletrabalho	Singh et al. (2013)
Estado Civil	Pessoas casadas são mais propensas ao teletrabalho	Pouri e Bhat (2003), Singh et al. (2013), Caulfield (2015), O’keefe et al. (2016), Nayak e Pandit (2021)
Composição Familiar	A preferência pelo teletrabalho depende do número e idade dos filhos	Handy e Mokhtarian (1996), Drucker e Khattak (2000), Jin e Wu (2011), Singh et al. (2013), Asgari, Jin e Mohseni (2014), Caulfield (2015), O’keefe et al. (2016), Vilhelmson e Thulin (2016), Loo e Wang (2018), Ismail, Hamsa e Mohamed (2019), Nayak e Pandit (2021), Fatmi, Orvin e Thirkell (2022), Paul (2022)
	O tamanho da família influencia na escolha pelo teletrabalho	Choo e Mokhtarian (2007), Silva e Melo (2018b), Nayak e Pandit (2021), Tao et al. (2024)

Continua na próxima página

Figura 6 – Variáveis Socioeconômicas mais frequentes em estudos sobre Teletrabalho



Fonte: Próprio autor

Tabela 5 – Continuação da página anterior

Variável	Relação com o Teletrabalho	Estudos
Qualidade de Vida	Equilíbrio entre a vida pessoal e profissional	Yen, Mahmassani e Herman (1994), Handy e Mokhtarian (1996), Ndubisi e Kahraman (2005), Asgari, Jin e Mohseni (2014), Vilhelmson e Thulin (2016), Nguyen (2021), Erdoğan e Watson (2023)
	Flexibilidade de horário	Drucker e Khattak (2000), Ismail, Hamsa e Ibrahim (2012), Asgari, Jin e Mohseni (2014)

Fonte: Próprio autor

O nível de escolaridade e a composição familiar surgem como as próximas variáveis mais relevantes, aparecendo em mais de 20% dos estudos analisados, seguidas pela renda e pela idade, que também são examinadas em aproximadamente um quinto da literatura. O estudo de Vilhelmson e Thulin (2016) destaca que o perfil do teletrabalhador é caracterizado por atributos como elevado status profissional/ocupacional, alta renda, maior nível de escolaridade e, em geral, idade intermediária. Evidências recentes, fundamentadas em abordagens de inteligência artificial explicável, reforçam esse padrão, indicando que a adoção do teletrabalho está fortemente associada a ocupações de maior qualificação, maior autonomia no trabalho e regimes de emprego mais flexíveis, evidenciando o papel da estru-

tura ocupacional e da segmentação do mercado de trabalho no acesso às oportunidades de teletrabalho (OGUNGBIRE; MITRA, 2024). Reuschke e Ekinsmyth (2021) argumentam que tais padrões podem intensificar as desigualdades socioespaciais existentes, uma vez que trabalhadores em ocupações de menor qualificação possuem menos oportunidades de realizar homeworking, reforçando divisões ocupacionais e sociais nas cidades. Embora as oportunidades de teletrabalho sejam mais limitadas para indivíduos com menores rendas, aqueles que conseguem adotá-lo podem usufruir de seus benefícios. A prática do teletrabalho impacta diretamente a gestão do tempo pelos trabalhadores, permitindo que o tempo economizado seja destinado a tarefas domésticas e atividades externas (HE; HU, 2015).

Além das características mencionadas anteriormente, os teletrabalhadores apresentam maior probabilidade de ter família e filhos pequenos, evidenciando a necessidade de conciliar obrigações familiares e profissionais. A presença de filhos destaca uma vantagem intrínseca na escolha pelo teletrabalho, pois permite que os pais permaneçam mais tempo em casa, promovendo um equilíbrio entre as responsabilidades domésticas e externas (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014). Em razão das obrigações familiares, indivíduos casados também apresentam maior probabilidade de optar pelo teletrabalho, uma vez que geralmente assumem mais compromissos domésticos do que indivíduos solteiros (O'KEEFE et al., 2016; POURI; BHAT, 2003). Nesse contexto, o teletrabalho está estreitamente relacionado à qualidade de vida, por sua capacidade de reduzir o tempo de deslocamento e o estresse associado às viagens, diminuir os custos de transporte e aumentar a flexibilidade na organização da rotina diária. Esses fatores contribuem para a melhoria do equilíbrio entre vida profissional e pessoal, maior satisfação no trabalho e bem-estar geral, além de gerar benefícios mais amplos, como a redução da congestão urbana e das emissões de carbono (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; ERDOĞDU; WATSON, 2023; KRASILNIKOVA; LEVIN-KEITEL, 2022; ZHU; MASON, 2014).

Entretanto, a mesma separação espacial em relação ao local de trabalho tradicional, que favorece o equilíbrio entre vida profissional e pessoal, pode também gerar efeitos negativos. Evidências empíricas indicam que o teletrabalho pode ocasionar sentimentos de isolamento social, dificuldades de comunicação e menor visibilidade dentro das organizações, afetando potencialmente a reputação e o avanço na carreira dos trabalhadores (SANTOS; NASCIMENTO; LIMA, 2025; ANSONG; BOATENG, 2018). Esses efeitos mistos demonstram que as melhorias na qualidade de vida associadas ao teletrabalho coexistem com novas fontes de estresse psicossocial, ressaltando a necessidade de considerar tanto os benefícios relacionados à mobilidade quanto as dinâmicas organizacionais ao avaliar seu impacto global.

Além das características individuais e familiares, a literatura indica que o teletrabalho é fortemente influenciado por fatores socioeconômicos mais amplos, particularmente ocupação, renda, gênero, estrutura familiar e localização residencial. Ocupações

intensivas em conhecimento apresentam maior viabilidade para o teletrabalho, reforçando desigualdades no acesso a essa modalidade laboral. Trabalhadores de maior renda, embora tenham maior probabilidade de teletrabalhar, tendem a apresentar padrões de mobilidade caracterizados por deslocamentos mais longos e maior dependência do automóvel. Essas dinâmicas contribuem para desigualdades geoespaciais, uma vez que empregos de alta qualificação permanecem concentrados em grandes áreas metropolitanas e os benefícios do teletrabalho são distribuídos de forma desigual. Ademais, as diferenças de gênero e a composição familiar modulam os impactos sobre a mobilidade, enquanto a maior tolerância dos teletrabalhadores a deslocamentos mais longos incentiva a dispersão residencial e exerce pressão adicional sobre os mercados habitacionais (TAO et al., 2024).

Em conjunto, esses resultados sugerem que as desigualdades associadas ao teletrabalho refletem mecanismos estruturais mais amplos que também moldam a mobilidade urbana. Análises anteriores indicam que tanto o gênero quanto o status socioeconômico exercem influência significativa nos comportamentos de mobilidade urbana, desafiando a suposição de que os indivíduos em deslocamento constituem um grupo homogêneo de tomadores de decisão (SANTOS; LIMA, 2024). O status socioeconômico surge como um determinante central, uma vez que indivíduos de baixa renda tendem a apresentar menor diversidade espacial em seus padrões de mobilidade, principalmente devido a restrições de acessibilidade e acesso limitado às opções de transporte. Ademais, as diferenças de gênero na mobilidade constituem um fenômeno generalizado, afetando mulheres em diferentes estratos socioeconômicos, que tendem a apresentar padrões de deslocamento menos diversos em comparação aos homens. Esses resultados evidenciam a persistência de desigualdades estruturais incorporadas aos sistemas cotidianos de mobilidade urbana (SANTOS; NASCIMENTO; LIMA, 2025; MACEDO et al., 2022).

Estudos relativos às percepções sobre a qualidade do transporte público reforçam ainda mais essa interpretação, ao fornecerem uma lente adicional para compreender as decisões de mobilidade condicionadas por fatores socioeconômicos. Variáveis como gênero, escolaridade, ocupação e renda influenciam a forma como os usuários avaliam atributos do serviço, incluindo frequência, tarifas, segurança, superlotação, comportamento do pessoal e qualidade da condução, refletindo diferentes níveis de dependência e exposição ao sistema de transporte público. As mulheres, em particular, relatam consistentemente níveis mais baixos de satisfação, especialmente em relação à segurança, tarifas, conduta dos funcionários, qualidade da condução e superlotação, fatores que podem impactar não apenas a escolha modal, mas também a variabilidade e a complexidade de seus padrões de deslocamento (OLIVEIRA et al., 2022).

Nesse contexto, o teletrabalho passa a ser compreendido cada vez mais como parte de uma reconfiguração mais ampla da organização espacial do trabalho, na qual a escolha residencial, a qualidade de vida e as decisões de mobilidade são determinadas de forma

conjunta, frequentemente modificando a frequência, a distância e a escolha modal dos deslocamentos (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021; STOICA; GHILIC-MICU; MIRCEA, 2021). Essa interpretação está em consonância com evidências empíricas anteriores, que mostram que os teletrabalhadores domiciliários concentram-se desproporcionalmente entre trabalhadores de maior renda, alta escolaridade e ocupações profissionais, os quais tendem a residir mais afastados das áreas centrais de emprego, reforçando a relação entre a adoção do teletrabalho, a descentralização residencial e os padrões diferenciados de mobilidade nas regiões metropolitanas (MOOS; SKABURSKIS, 2007).

2.2.2 Modos de Transporte e o Teletrabalho

Com base na discussão anterior sobre o teletrabalho e suas interações com as variáveis socioeconômicas, esta seção passa a examinar as relações entre o teletrabalho e os modos de transporte. A Tabela 6 sintetiza os principais vínculos identificados na literatura entre o teletrabalho e os modos de transporte. As evidências indicam que o teletrabalho reduz a necessidade de deslocamentos diários para locais de trabalho tradicionais, resultando em uma diminuição substancial das viagens regulares nos horários de pico e contribuindo para a mitigação da congestão. Ao dissociar as atividades laborais de locais e horários fixos, o teletrabalho afeta diretamente dimensões centrais da mobilidade, incluindo a frequência de viagens, o tempo de deslocamento e a dependência dos períodos de pico, aspectos fundamentais para o planejamento de transportes urbanos e a gestão da demanda por viagens.

Um achado recorrente na literatura é que teletrabalhadores apresentam maior propensão ao uso de modos ativos de transporte, como caminhada e ciclismo, reforçando o potencial do teletrabalho como instrumento complementar para a promoção da mobilidade urbana sustentável, não apenas pela redução do número de deslocamentos, mas também pela mudança em direção a modos de transporte ambientalmente mais sustentáveis. De acordo com Singh et al. (2013), indivíduos que caminham ou utilizam a bicicleta tendem a apresentar maior consciência ambiental e de saúde, o que também pode influenciar sua preferência por ocupações que oferecem a possibilidade de teletrabalho.

Tabela 6 – Relações entre o teletrabalho e os modos de transporte

Modos de Transporte	Relações com o Teletrabalho	Estudos
A pé	Teletrabalhadores apresentam maior probabilidade de realizar deslocamentos a pé	Jin e Wu (2011), Singh et al. (2013), Chakrabarti (2018), Ell-dér (2020), Yum (2021), Erdoğan e Watson (2023)

Continua na próxima página

Tabela 6 – Continuação da página anterior

Modos de Transporte	Relações com o Teletrabalho	Estudos
	O teletrabalho aumenta o tempo utilizado em viagens a pé	Melo e Silva (2017), Wang e Oz-bilen (2020)
	O teletrabalho aumenta o número total de viagens a pé	Silva e Melo (2018b)
	Teletrabalhadores caminham com menos frequência	Soler, Christidis e Vassallo (2021)
Bicicleta	Teletrabalhadores apresentam maior probabilidade de realizar deslocamentos de bicicleta	Jin e Wu (2011), Singh et al. (2013), Chakrabarti (2018), Ell-dér (2020), Yum (2021), Sweet e Scott (2022), Erdoğan e Watson (2023)
	O teletrabalho aumenta o tempo utilizado em viagens de bicicleta	Melo e Silva (2017), Wang e Oz-bilen (2020)
	O teletrabalho aumenta o número total de viagens de bicicleta	Silva e Melo (2018b)
Automóvel	O teletrabalho reduz a utilização do automóvel	Melo e Silva (2017), Erdoğan e Watson (2023)
	Possuir automóvel aumenta a probabilidade do teletrabalho	Pouri e Bhat (2003), Soler, Christidis e Vassallo (2021)
	Possuir mais automóveis reduz a probabilidade do teletrabalho	Sweet e Scott (2022)
	O teletrabalho aumenta o número total de viagens de automóvel	Silva e Melo (2018b)
	Possuir automóvel não influencia na decisão do teletrabalho	Jin e Wu (2011), Yum (2021)
Transporte Público	O teletrabalho aumenta o número total de viagens de transporte público	Melo e Silva (2017), Silva e Melo (2018b)
	Usuários de transporte público são menos propensos ao teletrabalho	Pouri e Bhat (2003), Soler, Christidis e Vassallo (2021)
	Teletrabalhadores optam mais por utilizar o transporte público	Jin e Wu (2011), Yum (2021)
Continua na próxima página		

Tabela 6 – Continuação da página anterior

Modos de Transporte	Relações com o Teletrabalho	Estudos
	O teletrabalho reduz o tempo utilizado em viagens de transporte público	Wang e Ozbilen (2020)
	O teletrabalho reduz a utilização do transporte público	Erdoğan e Watson (2023)
	O teletrabalho é mais realizado por pessoas que possuem passe de transporte público	Sweet e Scott (2022)

Fonte: Próprio autor

Nesse contexto, o teletrabalho tem sido frequentemente apresentado como um potencial instrumento de política pública para reduzir viagens por automóvel e diminuir custos externos (VOS; MEIJERS; HAM, 2018; LIER; WITTE; MACHARIS, 2014). No entanto, evidências empíricas indicam que esses efeitos não são uniformes. Silva e Melo (2018b) demonstram que o teletrabalho não apenas aumenta as viagens realizadas a pé ou de bicicleta, mas também amplia o uso de todos os modos de transporte, sugerindo que o teletrabalho não constitui, isoladamente, uma estratégia eficaz de gestão da demanda por viagens.

No que se refere ao impacto sobre o número semanal de deslocamentos por automóvel, observa-se que, embora teletrabalhadores possam realizar menos viagens desse tipo, tendem a percorrer distâncias maiores. A adoção do teletrabalho pode estar associada a uma menor proximidade entre os locais de residência e de trabalho, favorecendo a dispersão espacial e resultando em um aumento de deslocamentos por automóvel para outras finalidades (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022; SILVA; MELO, 2018b).

Essas dinâmicas estão intimamente relacionadas a processos socioespaciais mais amplos. Conforme destacado por Reuschke e Ekinsmyth (2021), o teletrabalho deve ser compreendido no âmbito de uma reconfiguração mais ampla das espacialidades do trabalho, na qual a multilocalidade e os arranjos laborais flexíveis redefinem não apenas a frequência dos deslocamentos, mas também os padrões diários de atividades e o uso da infraestrutura. De forma semelhante, Tao et al. (2024) evidenciam que as reduções nos deslocamentos em horários de pico induzidas pelo teletrabalho podem coexistir com efeitos de rebote, nos quais o aumento de viagens não relacionadas ao trabalho e maiores distâncias residenciais reduzem os ganhos líquidos em termos de mobilidade e desempenho ambiental.

Entretanto, para famílias de baixa renda, o tempo e os recursos financeiros eco-

nomizados por meio do teletrabalho nem sempre se traduzem em maior realização de atividades não relacionadas ao trabalho. A menor taxa de posse de veículos entre essas famílias limita sua mobilidade e o acesso a diferentes atividades. Ademais, trabalhadores que dispõem da opção de teletrabalho e optam por essa modalidade tendem a apresentar características individuais e familiares distintas em relação aos demais, sendo que tais diferenças também influenciam seus padrões de deslocamento e a realização de atividades fora do domicílio (HE; HU, 2015). Esses resultados indicam que, embora a frequência do teletrabalho possa aumentar o número de viagens, os determinantes mais relevantes da mobilidade são os padrões de localização, a distância dos deslocamentos e os níveis de motorização.

Adicionalmente, outras dezesseis relações entre o teletrabalho e os modos de transporte foram identificadas, evidenciando que os impactos do teletrabalho sobre a mobilidade urbana e as escolhas modais podem variar significativamente em função das características do contexto e dos propósitos das viagens (WANG; OZBILEN, 2020; YUM, 2021).

2.2.3 Variáveis Locacionais e o Teletrabalho

De modo geral, uma das principais vantagens do teletrabalho, sob a perspectiva da mobilidade, é a redução das distâncias e do tempo de deslocamento. Os benefícios decorrentes dessa redução podem ser observados em diferentes esferas. No que se refere ao tráfego, viagens podem ser evitadas, adiadas ou reduzidas, contribuindo para a mitigação de congestionamentos. Em termos ambientais, a diminuição ou eliminação de deslocamentos resulta em uma redução significativa dos impactos externos negativos à sociedade, como emissões de poluentes e ruído (LIER; WITTE; MACHARIS, 2014).

Entretanto, dentre as diversas relações entre o teletrabalho e o ambiente urbano identificadas na literatura (Tabela 7), a mais recorrente indica que teletrabalhadores tendem a residir mais distantes de seus locais de trabalho tradicionais.

Tabela 7 – Relações entre o teletrabalho e variáveis locacionais

Relação com o Ambiente	Estudos
Teletrabalhadores residem mais longe do trabalho	Lyons e Entrance (1998), Tayyaran, Khan e Anderson (2003), Ory e Mokhtarian (2006), Elldér (2017), Vos, Meijers e Ham (2018), Duleba et al. (2022, 2022)
Indivíduos que vivem em municípios de grande porte são mais propensos ao teletrabalho	Jin e Wu (2011), Zhang et al. (2020), Soler, Christidis e Vassallo (2021)
Indivíduos que vivem em áreas urbanas e suburbanas são mais propensos ao teletrabalho.	Singh et al. (2013), Vilhelmson e Thulin (2016)
A disponibilidade de transporte público em uma cidade tende a incentivar o teletrabalho	Drucker e Khattak (2000), Caulfield (2015)
Residir no centro da cidade aumenta a probabilidade de teletrabalho	Zhou, Su e Winters (2009)
Indivíduos que residem em zonas com alta quilometragem de ciclovias estão mais dispostos a telecomutação.	Singh et al. (2013)
Alta acessibilidade a outras atividades implica uma maior probabilidade de teletrabalho.	Singh et al. (2013)
Indivíduos que residem em áreas rurais são mais propensos ao teletrabalho do que aqueles que vivem em bairros urbanos.	Drucker e Khattak (2000)

Fonte: Próprio autor

A adoção do teletrabalho está associada a uma maior distância entre os locais de trabalho e de residência, o que pode resultar em dispersão espacial e, conseqüentemente, em um aumento de deslocamentos por automóvel para outras finalidades, ampliando a dependência desse modo de transporte (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022). Evidências empíricas adicionais indicam que teletrabalhadores domiciliários se concentram desproporcionalmente em áreas suburbanas e de menor densidade, sugerindo que o teletrabalho reduz a necessidade de proximidade residencial em relação aos centros de emprego e favorece a descentralização residencial nas regiões metropolitanas (MOOS; SKABURSKIS, 2007).

Como resultado, embora sejam observadas reduções no tempo de deslocamento e nas emissões, tais benefícios podem ser parcialmente ou totalmente compensados pelo aumento das distâncias percorridas e pelos impactos ambientais associados a outras viagens cotidianas, limitando significativamente o potencial global do teletrabalho para promover

a mobilidade sustentável (LIER; WITTE; MACHARIS, 2014).

O fenômeno de residir a uma maior distância do local de trabalho pode ocorrer de duas maneiras distintas. Em primeiro lugar, o teletrabalho pode ser uma consequência da região em que o indivíduo reside. Em áreas metropolitanas, os elevados custos de estacionamento, os longos tempos de deslocamento e o alto custo da moradia frequentemente levam os trabalhadores a optarem por residir mais distantes de seus locais de trabalho urbanos, escolhendo áreas suburbanas ou periurbanas, onde o custo de vida é mais acessível. Essa dinâmica reforça a ideia de que o teletrabalho pode ser adotado como uma estratégia para mitigar deslocamentos onerosos e demorados (SILVA; MELO, 2018b; GORDON; ARSDALE, 1986).

Sob uma segunda perspectiva, o teletrabalho também pode contribuir para o fenômeno da expansão urbana dispersa, uma vez que exerce impacto significativo sobre as distâncias que os indivíduos estão dispostos a manter em relação aos seus locais de trabalho tradicionais (VOS; MEIJERS; HAM, 2018). Além do efeito imediato do teletrabalho na redução dos deslocamentos pendulares, pode ocorrer um efeito de longo prazo, no qual os trabalhadores passam a se realocar em áreas mais distantes de seus locais de trabalho (HU; HE, 2016). Esse padrão decorre da flexibilidade proporcionada pelo teletrabalho, que permite aos indivíduos optar por residir em áreas mais afastadas.

Dessa forma, a decisão de adotar o teletrabalho está associada à redução da proximidade entre local de trabalho e residência, o que pode resultar em maior dispersão espacial, aumento do número de deslocamentos por automóvel para diferentes finalidades e, conseqüentemente, maior dependência desse modo de transporte (DRUCKER; KHATTAK, 2000).

Apesar do aumento das distâncias entre o local de trabalho e a residência, o teletrabalho tem se manifestado predominantemente como um fenômeno urbano ou suburbano, sendo menos frequente em áreas remotas. Isso se deve, em parte, ao fato de que os empregadores mais propensos a adotar o teletrabalho, como organizações voltadas à pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a serviços intensivos em conhecimento, tendem a se concentrar em centros urbanos, além de contarem com maior acesso a recursos de telecomunicação.

Dessa forma, a localização geográfica exerce influência significativa sobre a adoção do teletrabalho, com maior incidência em áreas urbanas em comparação às regiões rurais ou remotas (SINGH et al., 2013; VILHELMSON; THULIN, 2016).

Assim, políticas tradicionais de planejamento voltadas ao aumento da densidade das áreas metropolitanas, com o objetivo de reduzir as distâncias de deslocamento, podem tornar-se menos eficazes à medida que se ampliam o acesso e o uso das tecnologias de informação e comunicação. Essas tecnologias oferecem novas possibilidades de organização das atividades cotidianas no tempo e no espaço. Em outras palavras, quando os padrões

de deslocamento e as atividades diárias não estão estritamente vinculados a um local físico de trabalho, abre-se espaço para uma variedade de estratégias individuais de mobilidade, potencialmente contribuindo para o aumento da mobilidade espacial.

Nesse contexto, as viagens tornam-se mais heterogêneas e orientadas por necessidades individuais, em vez de serem rigidamente determinadas pela estrutura urbana (ELLDÉR, 2017; TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003). Essas relações evidenciam as complexas interações entre teletrabalho, localização residencial e configuração urbana, destacando as implicações do teletrabalho no contexto dos custos habitacionais e dos padrões de desenvolvimento urbano.

2.3 *Machine Learning* aplicado ao estudo do teletrabalho

O conceito de *Machine Learning*, também conhecido como aprendizado de máquina, refere-se à identificação automatizada de padrões significativos em conjuntos de dados. Ao longo das últimas décadas, tornou-se uma ferramenta amplamente utilizada em praticamente todas as tarefas que envolvem a extração de informações de grandes volumes de dados. Seu principal objetivo é descobrir como realizar tarefas importantes por meio da generalização a partir de exemplos (DOMINGOS, 2012; SHALEV-SHWARTZ; BEN-DAVID, 2014).

Uma das abordagens dentro do campo da aprendizagem de máquina recebe o nome de Teoria do Aprendizado Estatístico ou Teoria de Vapnik-Chervonenkis (CHERKASSKY; MULIER, 2007). O aprendizado estatístico se refere a um amplo conjunto de ferramentas destinadas à compreensão de dados. Essa teoria tem como objetivo explicar os fundamentos estatísticos que permitem compreender como um modelo de aprendizado, construído a partir de uma amostra, consegue antecipar eventos futuros (SMOLA; SCHÖLKOPF, 2004). As aplicações do aprendizado estatístico são impulsionadas por dois elementos cruciais: a implementação de modelos estatísticos eficientes capazes de capturar as complexas dependências dos dados e a adoção de sistemas de aprendizado escaláveis que conseguem aprender o modelo de interesse a partir de vastos conjuntos de dados (CHEN; GUESTRIN, 2016).

As ferramentas de aprendizado estatístico podem ser classificadas como supervisionadas ou não supervisionadas. No aprendizado estatístico supervisionado o agente observa alguns exemplos de pares de entrada e saída, e aprende uma função que faz o mapeamento da entrada para a saída. Ou seja, a aprendizagem supervisionada envolve a construção de um modelo estatístico para prever ou estimar uma saída com base em uma ou mais entradas. Problemas dessa natureza podem surgir em diversos campos, como negócios, medicina, astrofísica e políticas públicas. (GARETH et al., 2013; RUSSELL; NORVIG, 2010; JAYANTHI; MAHESH, 2018).

As ferramentas de aprendizagem supervisionada buscam ajustar um modelo que relacione a resposta aos preditores, tendo como objetivo prever com precisão a resposta para observações futuras (predição) ou compreender melhor a relação entre a resposta e os preditores (inferência). Dentro dos métodos supervisionados ainda existe uma outra divisão, em que problemas que apresentam uma resposta quantitativa são definidos como problemas de regressão, enquanto aqueles envolvendo uma resposta qualitativa, também conhecida como categórica, são denominados como problemas de classificação (GARETH et al., 2013).

Na aprendizagem não supervisionada, existem entradas, mas não há uma saída supervisionada; porém, ainda é possível extrair relações a partir desses dados, nestes casos, o agente aprende padrões na entrada, embora não seja fornecido nenhum feedback explícito. A tarefa mais comum de aprendizagem não supervisionada é o agrupamento (GARETH et al., 2013; RUSSELL; NORVIG, 2010; JAYANTHI; MAHESH, 2018). Na prática, as fronteiras entre essas distinções nem sempre são tão claras. Nesse contexto, surge a aprendizagem semissupervisionada, em que há um conjunto reduzido de observações ou exemplos rotulados e outro conjunto de observações ou exemplos não rotulados. O objetivo é utilizar ambos os conjuntos para desenvolver uma hipótese capaz de prever novas observações (RUSSELL; NORVIG, 2010; JAYANTHI; MAHESH, 2018).

No contexto do estudo sobre o teletrabalho, as ferramentas de Aprendizado Estatístico ainda são pouco exploradas. Ao longo da RSL foi identificado que aproximadamente 34% dos estudos utilizaram a Regressão Logística no contexto tradicional. Que apesar de, em essência, continuar sendo a mesma técnica estatística tanto no contexto tradicional quanto no de *machine learning*, as diferenças estão muitas vezes relacionadas à implementação, otimização e integração com outros componentes do ecossistema de aprendizado de máquina, o que pode trazer benefícios como evitar o *overfitting* e melhorar a generalização do modelo (GARETH et al., 2013). Além disso, ao utilizar e comparar diferentes algoritmos de classificação dentro do ambiente de aprendizado de máquina, é possível avaliar a robustez e precisão do modelo em relação aos diferentes métodos, o que contribui para a generalização do modelo, tornando-o mais capaz de lidar com novos dados. A Tabela 8 apresenta alguns estudos semelhantes identificados.

Dentre os estudos semelhantes identificados, conforme apresentado na Tabela 8, aquele que mais se assemelha aos objetivos deste trabalho é o realizado por Soler, Christidis e Vassallo (2021), este estudo aborda de maneira abrangente como o perfil do trabalhador e aspectos espaciais influenciam na adoção do teletrabalho. No entanto, é relevante destacar que ao longo dessa pesquisa, apenas um algoritmo de aprendizado de máquina foi utilizado para a classificação, o XGBoost.

Dessa forma, esta tese propõe-se a aprofundar o estudo sobre as variáveis que podem influenciar na adoção do teletrabalho, utilizando uma abordagem baseada em

Tabela 8 – Estudos sobre Teletrabalho e *Machine Learning*

Estudo	Objetivo	Algoritmos utilizados	Melhor Algoritmo
Kumara et al. (2022)	O objetivo deste trabalho é construir um modelo para prever a escolha dos funcionários em relação ao trabalho remoto no pós pandemia, utilizando técnicas de aprendizado de máquina.	Rede Neural Artificial (ANN), Naïve Bayes, <i>Random Forest</i> , Aprendizado em Conjunto.	O modelo de Aprendizado em Conjunto foi o melhor classificador em comparação com os outros três algoritmos, obtendo uma precisão de 91,6%.
Abesiri e Rupasingha (2022)	O objetivo principal deste trabalho é prever a preferência dos funcionários pelo teletrabalho após a pandemia COVID-19 no Sri Lanka utilizando técnicas de <i>Machine Learning</i> .	<i>Naïve Bayes</i> , <i>Random Forest</i> , Árvore de decisão, MLP, SVM e Regressão Logística.	O algoritmo <i>Random Forest</i> apresentou a melhor adaptação aos dados, com uma precisão de 0,894, <i>recall</i> de 0,913 e F-measure de 0,903.
Soler, Christidis e Vassallo (2021)	O objetivo do trabalho é analisar os fatores socioeconômicos que afetam o impacto do teletrabalho e das compras online na demanda de transporte, bem como as possíveis mudanças nos padrões de mobilidade e demanda de transporte decorrentes dessas práticas, que se tornaram mais comuns durante a pandemia de COVID-19.	XGBoost	O desempenho do modelo foi avaliado usando a medida AUC variando de 0,706 a 0,712 e AUC de validação variando de 0,706 a 0,710.

Fonte: Próprio autor

aprendizado estatístico para testar uma variedade de algoritmos de classificação e avaliar qual deles apresenta o melhor desempenho. Além disso, por meio da revisão sistemática da literatura, foram identificadas outras variáveis que também podem influenciar na adoção do teletrabalho e serão consideradas ao longo desta tese, como variáveis relacionadas à qualidade de vida dos trabalhadores.

2.3.1 Validação Cruzada por k -repetições

Na sequência será abordado o embasamento teórico sobre os métodos de *machine learning* que darão suporte para o estudo e análises deste trabalho. A técnica de validação cruzada ou CV (*Cross-Validation*) foi introduzida na década de 70 pelos autores Stone (1974), Allen (1974), Geisser (1975). Essa técnica é utilizada para avaliar o desempenho de um método específico de *machine learning*, estimando o erro de teste associado, ou

para selecionar o nível apropriado de flexibilidade (GARETH et al., 2013).

A validação cruzada é frequentemente empregada para quantificar a capacidade preditiva de um modelo estatístico. Além disso, quando são gerados vários modelos, variando os hiperparâmetros, ou testando diferentes famílias de modelos, pode-se utilizar essa técnica para selecionar o modelo que melhor irá fazer a generalização (CHENG; GARRICK; FERNANDO, 2017; RUSSELL; NORVIG, 2010). Destaca-se também que a técnica de validação cruzada pode ser utilizada na mitigação do sobreajuste (*overfitting*), que ocorre quando há o risco de criar um classificador, ou parte deles (DOMINGOS, 2012). Ou seja, o *overfitting* ocorre quando um modelo se ajusta bem aos dados de treinamento, mas não consegue generalizar bem para novos dados.

A abordagem mais utilizada dentro da validação cruzada é a CV k -dobras, na qual as observações são aleatoriamente divididas em K grupos ou dobras de tamanho aproximadamente igual. O primeiro grupo atua como conjunto de validação, e o método é ajustado nas $K - 1$ dobras restantes. Ou seja, Para a k -ésima parte, o modelo é ajustado às outras $K - 1$ partes dos dados e calculamos o erro de previsão do modelo ajustado ao prever a k -ésima parte dos dados (HASTIE et al., 2009). Segundo os autores, a estimativa do erro de previsão por meio da validação cruzada é dada pela equação 2.1:

$$CV(\hat{f}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(y_i, \hat{f}^{-\kappa(i)}(x_i)). \quad (2.1)$$

Quando um conjunto de modelos é representado por $f(x, \alpha)$, onde α é um hiperparâmetro de ajuste, o ajuste do modelo para a k -ésima parte dos dados excluída pode ser denotado como $\hat{f}^{-k}(x, \alpha)$, conforme apresentado na equação 2.2. Isso permite que diferentes modelos, variando os hiperparâmetros, sejam comparados e sua capacidade de generalização seja avaliada. A curva de erro de teste é então estimada pela função $CV(f, \hat{\alpha})$, e o parâmetro de ajuste $\hat{\alpha}$ que a minimiza é encontrado. O modelo final escolhido é $f(x, \hat{\alpha})$, o qual então é ajustado a todos os dados. É importante ressaltar que o símbolo L representa a métrica de desempenho utilizada.

$$CV(\hat{f}, \alpha) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(y_i, \hat{f}^{-\kappa(i)}(x_i, \alpha)) \quad (2.2)$$

2.3.2 Métricas de Desempenho

A precisão de uma classificação pode ser avaliada contando o número de exemplos corretamente reconhecidos como pertencentes à classe (verdadeiros positivos), o número de exemplos corretamente reconhecidos que não pertencem à classe (verdadeiros negativos), assim como os exemplos que foram incorretamente classificados como pertencentes à classe (falsos positivos) e aqueles que não foram reconhecidos como pertencentes à classe (falsos

negativos). Essas contagens formam a matriz de confusão, como ilustrado na Tabela 9 para classificações binárias (SOKOLOVA; LAPALME, 2009).

Tabela 9 – Matriz de confusão para classificação

Classificação dos dados	Classificado como positivo	Classificado como negativo
Positivo	Verdadeiro positivo (tp)	Falso negativo (fn)
Negativo	Falso positivo (fp)	Verdadeiro negativo (tn)

Fonte: Adaptado de (SOKOLOVA; LAPALME, 2009)

A Tabela 10 apresenta uma generalização das métricas de desempenho mais utilizadas para problemas de classificação considerando múltiplos tópicos. Em que, para uma classe individual C_i , a avaliação é definida pelos valores tp_i , fn_i , tn_i , fp_i . $Accuracy_i$, $Precision_i$ e $Recall_i$ são calculados a partir desses valores para a classe C_i . A qualidade da classificação geral é frequentemente avaliada de duas maneiras: uma abordagem é calcular a média das mesmas métricas para todas as classes $C_1, \dots, C_l$ (*macro-averaging*, mostrada com o índice M), ou somar as contagens totais tp , fn , tn , fp para calcular uma métrica de desempenho global (*micro-averaging*, mostrada com o índice μ). *Macro-averaging* trata todas as classes igualmente, enquanto *micro-averaging* favorece classes maiores (SOKOLOVA; LAPALME, 2009)

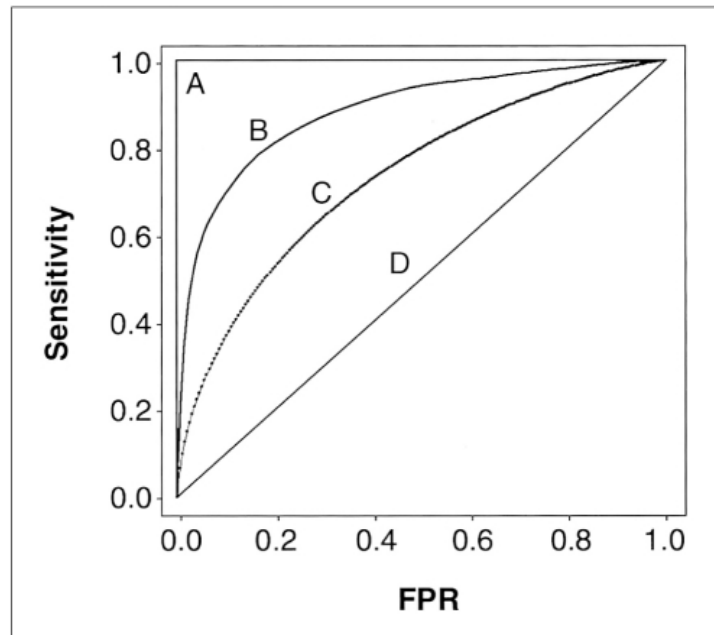
Tabela 10 – Medidas para classificação de múltiplos tópicos

Medida	Fórmula	Foco da Avaliação
Acurácia Média	$\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \frac{tp_i + tn_i}{tp_i + fn_i + fp_i + tn_i}$	Efetividade média por classe de um classificador
$Precision_\mu$	$\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fp_i}$	Proporção de observações classificadas como positivas que realmente pertencem à classe positiva
$Recall_\mu$	$\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fn_i}$	Capacidade do classificador em identificar corretamente os rótulos positivos
$Precision_M$	$\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fp_i}$	Concordância média por classe
$Recall_M$	$\frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fn_i}$	Capacidade média por classe de identificar rótulos positivos

Fonte: Adaptado de (SOKOLOVA; LAPALME, 2009)

Duas medidas importantes e comuns de desempenho para testes diagnósticos e

Figura 7 – Curva ROC



Fonte: (PARK; GOO; JO, 2004)

classificadores (modelos) são a acurácia e a área sob a curva (AUC) em um gráfico de característica operacional do receptor ou ROC (*Receiver Operating Characteristic*) (CARRINGTON et al., 2022). A acurácia de um classificador em um determinado conjunto de teste, como apresentado na Tabela 10, é a porcentagem de elementos do conjunto de teste que são corretamente classificados pelo classificador. O rótulo de classe associado a cada elemento de teste é comparado com a previsão de classe aprendida pelo classificador para esse elemento (HAN; KAMBER; PEI, 2011).

Já a medida de AUC, é uma métrica abrangente do desempenho do modelo que sintetiza a relação entre a taxa de verdadeiros positivos e a taxa de falsos positivos, variando os limites de probabilidade (SOLER; CHRISTIDIS; VASSALLO, 2021). A Figura 7 ilustra o funcionamento da curva ROC com quatro curvas que apresentam diferentes valores de AUC. Quanto mais próximo a AUC estiver de 1, melhor será o desempenho do modelo, e um modelo com um valor de AUC de 1 é aquele que é perfeitamente preciso. O limite inferior prático para o AUC é 0,5.(PARK; GOO; JO, 2004). Portanto, de acordo com a 7 um modelo perfeito (A) possui uma área sob a curva ROC de 1. Por outro lado, a diagonal do acaso (D), representada pelo segmento de linha de 0, 0 a 1, 1, possui uma área sob a curva ROC de 0,5. As curvas ROC B e C ficam entre esses dois extremos. O modelo representado por B, com uma área sob a curva ROC mais alta, apresenta um desempenho geral melhor do que o modelo C.

2.3.3 Árvores de Decisão

Métodos baseados em árvores destacam-se pela simplicidade e pela facilidade de interpretação. A abordagem de Árvores de Classificação e Regressão (CART) foi introduzida por Breiman (1984). Em essência, esses métodos particionam o espaço dos preditores em regiões retangulares mais simples, atribuindo a cada uma delas uma predição baseada na média ou em outra estatística das observações de treinamento ali contidas. Como as regras de particionamento podem ser representadas por uma estrutura hierárquica em forma de diagrama, essa técnica é conhecida como árvore de decisão (JAMES et al., 2013).

Uma árvore de decisão é uma representação estruturada que se assemelha a um fluxograma, composta por nós internos, ramificações e folhas. Na estrutura da árvore de decisão, as instâncias são organizadas e classificadas em nós raiz a nós folha. Em cada nó, um teste é realizado em relação a um atributo específico, enquanto cada ramificação corresponde a um valor possível desse atributo, uma suposição. Ao classificar uma amostra desconhecida, os valores dos atributos são avaliados conforme a estrutura da árvore. O percurso usual é seguir da raiz até o nó folha que faz a previsão de classe para a amostra em questão (SAGAR; SAHA, 2017). A introdução do conceito de árvores de decisão como ferramenta versátil para resolução de problemas de classificação e regressão foi realizada Breiman (1984), juntamente com o algoritmo de resolução CART (*Classification and Regression Trees*).

A árvore de classificação é muito semelhante a uma árvore de regressão, exceto que é utilizada para prever uma resposta qualitativa em vez de uma resposta quantitativa. Vale ressaltar que, em uma árvore de regressão, a resposta prevista para uma observação deriva da média das respostas das observações de treinamento que compartilham o mesmo nó terminal. Por outro lado, em uma árvore de classificação, antecipamos que cada observação pertence à classe mais frequente entre as observações de treinamento na região à qual está associada. Ao interpretar os resultados de uma árvore de classificação, é comum buscar não apenas a previsão de classe associada a uma região final específica, mas também examinar as proporções de classe entre as observações de treinamento que estão incluídas nessa região (GARETH et al., 2013).

Considere um conjunto de dados $\mathcal{D} = \{(\mathbf{x}_i, y_i)\}_{i=1}^N$, onde $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}) \in \mathbb{R}^k$ representa o vetor de variáveis explicativas, podendo incluir variáveis contínuas e categóricas, e $y_i \in \{1, 2, \dots, C\}$ denota a variável resposta categórica.

As árvores de decisão são construídas a partir do particionamento binário recursivo do espaço das variáveis explicativas. Cada nó da árvore corresponde a uma região desse espaço. Um nó genérico é denotado por t , enquanto seus nós filhos à esquerda e à direita são denotados por t_l e t_r , respectivamente. Denota-se por T o conjunto de todos os nós da árvore e por $\tilde{T}$ o conjunto dos nós terminais (folhas). Um particionamento é denotado por

$s \in S$, onde S representa o conjunto de todos os particionamentos possíveis (BREIMAN, 1984).

A construção de uma árvore envolve a seleção de um particionamento $s \in S$, ou seja, a escolha do nó a ser dividido e da regra de divisão. Envolve também a definição de um critério de parada, que determina os nós terminais $\tilde{T}$. Cada nó terminal $t \in \tilde{T}$ é associado a uma classe predita $\hat{y}(t) = c$, com $c \in \{1, 2, \dots, C\}$.

Para realizar uma partição, considera-se uma observação $\mathbf{x}_i$ pertencente à região associada ao nó t . No caso de uma variável contínua $x_j \in \mathbb{R}$, uma divisão pode ser definida por uma regra do tipo $x_j \leq \ell$, onde $j \in \{1, \dots, k\}$ e ℓ é um ponto de corte no domínio da variável. Para variáveis categóricas, com $x_j \in \{1, 2, \dots, M\}$, a divisão consiste em selecionar um subconjunto $A \subset \{1, 2, \dots, M\}$ tal que $x_j \in A$.

Cada particionamento candidato é avaliado por meio de uma medida de qualidade de ajuste $\Phi(s, t)$, e um critério de parada frequentemente utilizado é o número mínimo de observações em um nó (HASTIE et al., 2009).

A função de impureza mede o grau de heterogeneidade das classes em uma região. Para C classes, a impureza depende das probabilidades $p(c | t)$, que representam a proporção de observações da classe c no nó t , satisfazendo $p(c | t) \geq 0$ e $\sum_{c=1}^C p(c | t) = 1$.

Dada uma função de impureza $\phi(\cdot)$, a impureza do nó t é definida como:

$$i(t) = \phi(p(1 | t), p(2 | t), \dots, p(C | t)) \quad (2.3)$$

A qualidade de um particionamento s aplicado ao nó t é dada pela redução de impureza:

$$\Phi(s, t) = \Delta i(s, t) = i(t) - p_l i(t_l) - p_r i(t_r) \quad (2.4)$$

onde p_l e p_r representam as proporções de observações do nó t que são direcionadas para os nós filhos à esquerda e à direita, respectivamente.

O algoritmo de árvores de decisão para classificação seleciona, entre todos os particionamentos candidatos, aquele que maximiza $\Phi(s, t)$ (BREIMAN, 1984).

Define-se a impureza ponderada do nó t como:

$$I(t) = i(t) p(t) \quad (2.5)$$

onde $p(t) = \frac{n_t}{N}$ é a proporção de observações no nó t .

A impureza total da árvore T é obtida somando-se as impurezas ponderadas dos nós terminais:

$$I(T) = \sum_{t \in \tilde{T}} I(t) = \sum_{t \in \tilde{T}} i(t) p(t) \quad (2.6)$$

As principais funções de impureza incluem:

1. Entropia:

$$-\sum_{c=1}^C p(c | t) \log p(c | t)$$

com a convenção de que $0 \log 0 = 0$;

2. Taxa de erro de classificação:

$$1 - \max_c p(c | t);$$

3. Índice de Gini:

$$\sum_{c=1}^C p(c | t) (1 - p(c | t)) = 1 - \sum_{c=1}^C p(c | t)^2.$$

2.3.4 Bagging

A agregação por *bootstrap*, ou *bagging* (*bootstrap aggregating*), é uma técnica de aprendizado de conjunto que consiste em combinar as previsões de múltiplos modelos base, geralmente árvores de decisão, treinados em diferentes amostras geradas por reamostragem com reposição dos dados originais. O principal objetivo dessa abordagem é reduzir a variância do modelo, aumentando sua estabilidade e capacidade de generalização, sem elevar significativamente o viés. Para isso, são geradas B amostras bootstrap $\mathcal{D}_b^*$, $b = 1, \dots, B$, por meio de reamostragem com reposição a partir do conjunto de treinamento $\mathcal{D}$. Para cada amostra $\mathcal{D}_b^*$, ajusta-se uma árvore de decisão, resultando em um conjunto de preditores $\{T_b\}_{b=1}^B$.

Dada uma nova observação $\mathbf{x}$, cada árvore produz uma predição $\hat{y}_b(\mathbf{x})$.

No caso de regressão, a predição agregada é obtida pela média das previsões individuais:

$$\hat{y}_{\text{bag}}(\mathbf{x}) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{y}_b(\mathbf{x}). \quad (2.7)$$

No caso de classificação, seja $\hat{C}_b(\mathbf{x})$ a classe predita pela b -ésima árvore. A predição final é obtida por voto majoritário:

$$\hat{C}_{\text{bag}}(\mathbf{x}) = \text{mode} \left\{ \hat{C}_b(\mathbf{x}) \right\}_{b=1}^B. \quad (2.8)$$

2.3.5 Random Forest

O modelo de *Random Forest* ou RF (*Random Forest*) consiste em uma evolução do modelo bagging com a finalidade de diminuir a variância deste, limitando o número de variáveis a serem consideradas em cada particionamento binário recursivo, afim de decorrelacionar as árvores de decisão geradas

Este modelo consiste em um preditor baseado em árvores, onde cada árvore depende dos valores de um vetor aleatório amostrado de forma independente e com a mesma

distribuição para todas as árvores na floresta. Internamente, são realizadas estimativas para acompanhar o erro, a robustez e a correlação, sendo essas informações utilizadas para elucidar a resposta ao aumento no número de características empregadas na divisão (BREIMAN, 2001). Sendo assim, a RF trabalha bem com conjunto de dados de alta dimensão e com presença de multicolinearidade. O algoritmo 1, apresentado por Hastie et al. (2009), descreve como proceder com a elaboração de Florestas Aleatórias para regressão ou classificação.

Algorithm 1 *Random Forest* para Regressão e Classificação

- 1: **for** $b = 1, \dots, B$ **do**
 - a) Gerar uma amostra bootstrap $\mathcal{D}_b^*$ de tamanho N a partir do conjunto de treinamento $\mathcal{D}$.
 - b) Ajustar uma árvore de decisão T_b utilizando $\mathcal{D}_b^*$.
 - c) Para cada nó t da árvore, repetir recursivamente até que o tamanho mínimo $n_{\min}$ seja atingido:
 - i. Selecionar aleatoriamente um subconjunto de m variáveis dentre as p variáveis explicativas;
 - ii. Determinar o melhor particionamento $s \in S$ considerando apenas essas m variáveis;
 - iii. Dividir o nó t em dois nós filhos t_l e t_r .
 - 2: **end for**
 - 3: Produzir o conjunto de árvores $\{T_b\}_{b=1}^B$.
-

Para realizar previsões em um novo vetor de características $\mathbf{x}$, define-se $\hat{y}_b(\mathbf{x})$ como a predição da b -ésima árvore.

No caso de regressão, a predição da floresta aleatória é dada pela média das predições individuais:

$$\hat{y}_{\text{rf}}(\mathbf{x}) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{y}_b(\mathbf{x}). \quad (2.9)$$

No caso de classificação, seja $\hat{C}_b(\mathbf{x})$ a classe predita pela b -ésima árvore. A predição da floresta é obtida por voto majoritário:

$$\hat{C}_{\text{rf}}(\mathbf{x}) = \text{mode} \left\{ \hat{C}_b(\mathbf{x}) \right\}_{b=1}^B. \quad (2.10)$$

Segundo Breiman (2001), essa classe de métodos apresenta diversas propriedades vantajosas:

1. Alta precisão preditiva, frequentemente comparável ou superior à do AdaBoost;
2. Robustez a ruídos e valores atípicos;
3. Menor sensibilidade a overfitting em comparação a árvores individuais;

4. Estimativas internas de erro (out-of-bag), importância de variáveis e correlação entre árvores;
5. Facilidade de implementação e paralelização.

2.3.6 Reforço Extremo de Gradiente para Classificação

O algoritmo de *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), proposto por Chen e Guestrin (2016), é amplamente utilizado em problemas de regressão e classificação devido à sua elevada capacidade preditiva e escalabilidade. Trata-se de um método de *boosting* baseado em árvores de decisão, no qual modelos fracos são combinados de forma sequencial para produzir um preditor robusto.

Considere o conjunto de dados $\mathcal{D} = \{(\mathbf{x}_i, y_i)\}_{i=1}^N$, onde $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^p$ e y_i representa a variável resposta. O modelo é definido como uma soma aditiva de funções pertencentes a um espaço funcional de árvores:

$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(\mathbf{x}_i), \quad f_k \in \mathcal{F} \quad (2.11)$$

onde K é o número de árvores e $\mathcal{F}$ denota o conjunto de todas as árvores de regressão do tipo CART.

A função objetivo a ser minimizada é dada por:

$$\mathcal{L}(\theta) = \sum_{i=1}^N \ell(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k) \quad (2.12)$$

onde $\ell(\cdot)$ é a função de perda e $\Omega(\cdot)$ é o termo de regularização que penaliza a complexidade do modelo.

O modelo é ajustado de forma aditiva. Na iteração t , a predição é atualizada como:

$$\hat{y}_i^{(t)} = \hat{y}_i^{(t-1)} + f_t(\mathbf{x}_i), \quad \hat{y}_i^{(0)} = 0 \quad (2.13)$$

A função objetivo na iteração t pode ser escrita como:

$$\mathcal{L}^{(t)} = \sum_{i=1}^N \ell(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)} + f_t(\mathbf{x}_i)) + \Omega(f_t) + \text{constante} \quad (2.14)$$

Para tornar o problema tratável, aplica-se uma expansão de Taylor de segunda ordem:

$$\mathcal{L}^{(t)} \approx \sum_{i=1}^N \left[\ell(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)}) + g_i f_t(\mathbf{x}_i) + \frac{1}{2} h_i f_t^2(\mathbf{x}_i) \right] + \Omega(f_t) \quad (2.15)$$

onde:

$$g_i = \frac{\partial \ell(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)})}{\partial \hat{y}_i^{(t-1)}}$$

$$h_i = \frac{\partial^2 \ell(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)})}{\partial (\hat{y}_i^{(t-1)})^2}$$

Desconsiderando termos constantes, a função objetivo simplificada é:

$$\mathcal{L}^{(t)} \approx \sum_{i=1}^N \left[g_i f_t(\mathbf{x}_i) + \frac{1}{2} h_i f_t^2(\mathbf{x}_i) \right] + \Omega(f_t) \quad (2.16)$$

Cada árvore é representada por uma função:

$$f_t(\mathbf{x}) = w_{q(\mathbf{x})}, \quad w \in \mathbb{R}^T, \quad q: \mathbb{R}^p \rightarrow \{1, 2, \dots, T\} \quad (2.17)$$

onde $q(\mathbf{x})$ associa cada observação a uma folha da árvore, w_j é o valor atribuído à folha j , e T é o número total de folhas.

O termo de regularização é definido como:

$$\Omega(f_t) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^T w_j^2 \quad (2.18)$$

Substituindo na função objetivo:

$$\mathcal{L}^{(t)} = \sum_{j=1}^T \left[G_j w_j + \frac{1}{2} (H_j + \lambda) w_j^2 \right] + \gamma T \quad (2.19)$$

onde:

$$G_j = \sum_{i \in I_j} g_i$$

$$H_j = \sum_{i \in I_j} h_i$$

O valor ótimo dos pesos das folhas é dado por:

$$w_j^* = -\frac{G_j}{H_j + \lambda} \quad (2.20)$$

e a função objetivo otimizada:

$$\mathcal{L}^* = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^T \frac{G_j^2}{H_j + \lambda} + \gamma T \quad (2.21)$$

Para avaliar a qualidade de uma divisão, utiliza-se o ganho:

$$\text{Gain} = \frac{1}{2} \left[\frac{G_L^2}{H_L + \lambda} + \frac{G_R^2}{H_R + \lambda} - \frac{(G_L + G_R)^2}{H_L + H_R + \lambda} \right] - \gamma \quad (2.22)$$

3 Metodologia

Neste capítulo são apresentados os principais métodos, procedimentos metodológicos e etapas adotadas no desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo está organizado em seções que contemplam a caracterização da pesquisa, a descrição das etapas metodológicas, a modelagem conceitual e a modelagem baseada em técnicas de *Machine Learning*, abrangendo desde a definição do problema de pesquisa até a construção, validação e avaliação dos modelos propostos.

3.1 Delineamento Metodológico

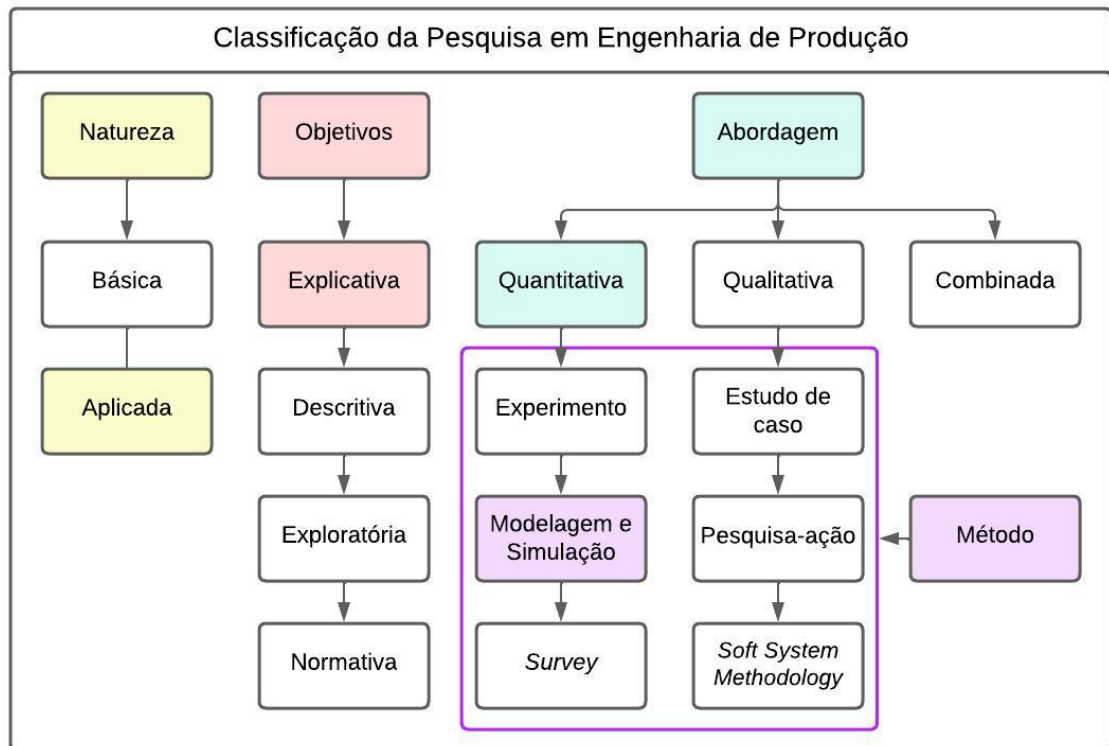
A classificação das pesquisas científicas conduzidas no campo de estudo relacionado à Engenharia de Produção, possuem três dimensões básicas referentes à sua natureza, aos objetivos pretendidos e à abordagem adotada para alcançar tais objetivos (TURRIONI; MELLO, 2012). Quanto à "natureza da pesquisa", os estudos podem ser classificados como "básicos", quando se concentram no desenvolvimento conceitual sem a necessidade de aplicação imediata, ou como "aplicados", quando essa aplicação é uma consideração relevante (TURRIONI; MELLO, 2012). De acordo com o objetivo do trabalho de avaliar a adoção do teletrabalho em função de variáveis socioeconômicas, locais e comportamentais de mobilidade a pesquisa pode ser classificada como de natureza aplicada.

Na dimensão dos "objetivos" da pesquisa, estes podem ser definidos como "exploratórios" quando buscam tornar explícitas ou construir hipóteses para um problema; "descritivos" quando têm como propósito detalhar as características de um determinado tema; "explicativos" ao identificar os fatores que contribuem para a ocorrência do fenômeno desejado; e "normativos" ao tentar encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas ou ao comparar diversas estratégias e políticas relacionadas a um problema específico do estudo (TURRIONI; MELLO, 2012). Desta forma, a pesquisa proposta pode ser classificada como explicativa, uma vez que, o estudo buscará interpretar e avaliar por diferentes métodos de classificação as relações identificadas na literatura entre teletrabalho, variáveis socioeconômicas, locais e comportamentais de mobilidade. Para Lakatos e Marconi (2001), esse tipo de pesquisa tem como objetivo estabelecer relações de causa e efeito por meio da manipulação direta das variáveis relacionadas ao objeto de estudo, buscando identificar as causas do fenômeno. E segundo Gil et al. (2002) a pesquisa explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Buscando aprofundar o conhecimento da realidade, explicando a razão e o porquê das coisas. Ressalta-se que as pesquisas explicativas se baseiam em estudos anteriores, como em pesquisas descritivas e exploratórias.

Por fim, na dimensão "abordagem" da pesquisa, é definido que, para conduzir a pesquisa e verificar o alcance dos objetivos propostos, é necessário adotar métodos quantitativos, qualitativos, ou uma combinação dos dois, para a geração e análise de dados numéricos ou subjetivos (TURRIONI; MELLO, 2012). Sendo assim, a pesquisa proposta pode ser classificada como de abordagem quantitativa, uma vez que o trabalho busca gerar conhecimentos para aplicação prática, além de traduzir em números, opiniões e informações, como forma de classificá-las e analisá-las. Ressalta-se ainda que pesquisas com métodos quantitativos costumam examinar a associação entre variáveis que podem ser generalizadas para uma população por meio de inferências estatísticas (GALVÃO et al., 2013).

Dentre os métodos mais importantes presentes na abordagem quantitativa, conforme MIGUEL et al. (2010) estão incluídos: experimentos, pesquisa de levantamento (survey) e modelagem e simulação. No que diz respeito aos métodos qualitativos, destacam-se: estudo de caso, pesquisa-ação e *soft systems methodology*. Para a realização da pesquisa é utilizado o método de modelagem. O trabalho busca desenvolver modelos que expliquem, em relações de causa e efeito, o teletrabalho em função de variáveis locais, socioeconômicas e comportamentais de mobilidade. Logo, a escolha do método de modelagem se justifica, pois é a partir da modelagem que são construídos modelos objetivos que expliquem parte do comportamento de situações da vida real (BERTRAND; FRANSO, 2002). A Figura 8 apresenta uma representação visual da classificação adotada ao longo deste estudo.

Figura 8 – Classificação da Pesquisa em Engenharia de Produção



Fonte: Adaptado de (MIGUEL et al., 2010)

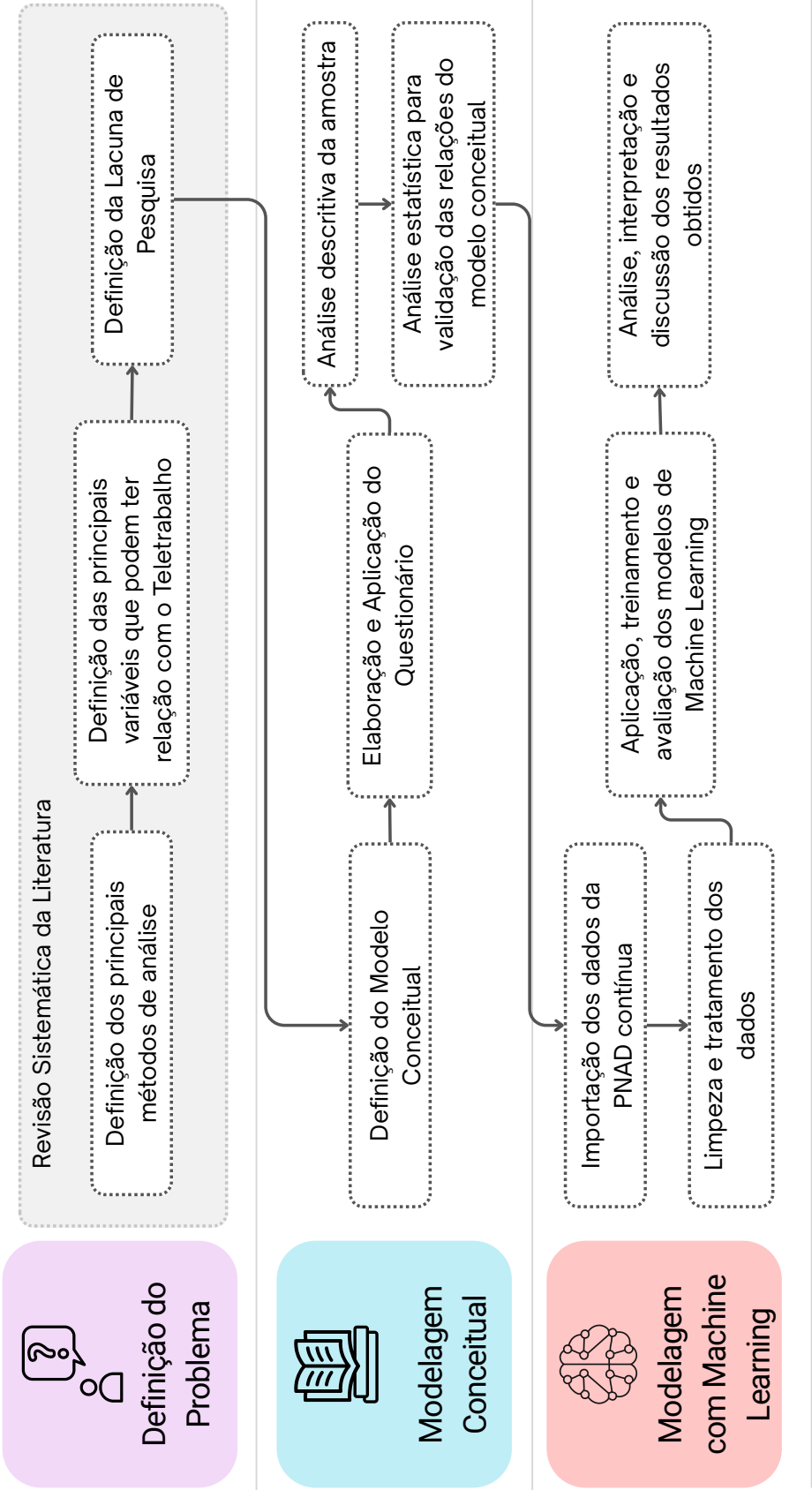
3.2 Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa

A metodologia adotada foi estruturada em três etapas complementares, conforme apresentado na Figura 9. A primeira etapa consistiu na realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de identificar e consolidar o estado da arte sobre o teletrabalho. Nessa fase, foram definidas as principais variáveis potencialmente associadas ao fenômeno, abrangendo dimensões socioeconômicas, de mobilidade, transporte e ambientais. Além disso, foram mapeados os principais métodos de análise empregados na literatura, bem como definido o banco de dados a ser utilizado no trabalho, e as lacunas de pesquisa ainda existentes, contribuindo para o direcionamento das etapas subsequentes do estudo.

Na segunda etapa, foi desenvolvida a modelagem conceitual, por meio da construção de um modelo teórico que representa as relações entre o teletrabalho e seus principais determinantes, com ênfase na interação entre fatores socioeconômicos, características do ambiente urbano e aspectos relacionados à mobilidade. Esse modelo foi posteriormente validado por meio da aplicação de um questionário estruturado, elaborado especificamente para esta pesquisa.

O instrumento de coleta de dados foi desenvolvido com o objetivo de captar as percepções dos respondentes em relação ao teletrabalho, contemplando variáveis locacionais, socioeconômicas, aspectos relacionados à mobilidade urbana, como padrões de deslocamento e uso de modos de transporte, e indicadores de qualidade de vida. A análise dos dados coletados permitiu avaliar a consistência do modelo conceitual proposto, bem como fornecer subsídios empíricos para o refinamento das relações investigadas.

Figura 9 – Etapas Gerais da Pesquisa



Fonte: Próprio autor

A terceira etapa consiste na caracterização do teletrabalho no contexto brasileiro por meio da aplicação de técnicas de *machine learning*. Para isso, foram utilizados dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que fornece informações representativas da população brasileira. Nesta pesquisa, a PNAD Contínua foi explorada com enfoque analítico, especialmente direcionado à implementação e avaliação de modelos de *machine learning* para identificação dos principais determinantes do teletrabalho. A adoção dessa estrutura metodológica possibilitou a integração entre a construção teórica e empírica do modelo conceitual, desenvolvida nas etapas anteriores, e a análise quantitativa baseada em dados populacionais em larga escala. Dessa forma, a pesquisa avança na compreensão do teletrabalho no Brasil, ao combinar diferentes abordagens analíticas e ao reforçar a robustez metodológica dos resultados, contribuindo para maior confiabilidade e abrangência das evidências obtidas.

3.2.1 Modelagem Conceitual

Com o objetivo de desenvolver um modelo conceitual das relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais, procedeu-se, inicialmente, à identificação, na literatura, das principais variáveis que influenciam a adoção do teletrabalho, bem como dos métodos analíticos mais empregados em pesquisas dessa natureza. Para isso, utilizou-se a RSL, caracterizada como uma abordagem sistemática voltada à coleta e avaliação crítica das evidências disponíveis sobre um tema específico (KARJALAINEN; JUHOLA, 2021).

A partir dessa etapa, foi construído o modelo conceitual, no qual foram delineadas as inter-relações esperadas entre variáveis socioeconômicas, de transporte e do ambiente, considerando seus efeitos sobre o teletrabalho e a qualidade de vida. Com base nesse modelo, elaborou-se um questionário estruturado para a coleta de dados, posteriormente utilizado na validação do modelo proposto. Após a elaboração do instrumento, realizou-se uma coleta piloto com o objetivo de validar o questionário e assegurar que todas as dimensões do modelo conceitual estivessem adequadamente contempladas. Essa etapa contou com a participação dos autores da pesquisa e de dois respondentes convidados. Com base nos ajustes realizados, foi preparada a documentação necessária para submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa. Após a aprovação, deu-se início à coleta de dados.

O processo amostral foi conduzido por meio da técnica de amostragem em bola de neve, caracterizada por sua abordagem em cadeia, interativa e adaptável a diferentes contextos de pesquisa (NOY, 2008). A coleta de dados foi realizada predominantemente via Internet, totalizando 179 respostas. A distribuição inicial do questionário ocorreu junto aos contatos dos pesquisadores que atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos. Adicionalmente, houve divulgação por meio de mídias digitais, e-mails institucionais e,

quando possível, em empresas. A escolha dessa abordagem não probabilística justifica-se por sua capacidade de alcançar uma amostra diversificada, permitindo captar diferentes perspectivas sobre o teletrabalho. Ressalta-se que essa estratégia já foi adotada em estudos recentes sobre o teletrabalho no Brasil, especialmente no contexto da pandemia de COVID-19 (JUNIOR; PITOMBO, 2024; GOSHIMA et al., 2023), evidenciando sua adequação ao problema de pesquisa.

Considerando que um dos objetivos deste estudo é investigar as relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais, não se restringiu a amostra exclusivamente a teletrabalhadores. Foram também incluídos indivíduos com interesse na modalidade, ainda que não a praticassem. Dessa forma, a amostra foi composta por trabalhadores em geral, possibilitando uma análise mais abrangente das interações entre características socioeconômicas, aspectos locais, comportamento de mobilidade e teletrabalho, além de subsidiar discussões relacionadas à qualidade de vida.

3.2.1.1 Instrumento de Coleta de Dados

Foi desenvolvido um instrumento de coleta de dados com o objetivo de validar o modelo conceitual elaborado a partir da revisão sistemática da literatura, a qual permitiu identificar as principais variáveis potencialmente determinantes para a adoção do teletrabalho. O questionário foi estruturado de modo a contemplar aspectos socioeconômicos, de mobilidade urbana e de qualidade de vida, possibilitando a análise das relações entre essas dimensões.

A primeira seção do questionário destina-se à caracterização socioeconômica dos respondentes, abrangendo variáveis como gênero, idade, renda mensal, nível de escolaridade, estado civil, número e faixa etária dos filhos, tipo de trabalho, ocupação e regime de trabalho. Para a categorização das ocupações, foi adotada a Classificação Brasileira de Ocupações (Portaria nº 397, 2002), permitindo a padronização dos principais grupos ocupacionais. Já a tipologia de trabalho seguiu a classificação proposta pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (IBGE, 2022). A categorização da faixa etária dos filhos baseou-se no acesso à educação em cada etapa da vida, considerando que esse fator pode influenciar a decisão dos responsáveis quanto à adoção do teletrabalho (ANDRADE; DACHS, 2007).

Na sequência, o questionário aborda aspectos relacionados à qualidade de vida, explorando a percepção dos participantes em diferentes dimensões, bem como o tempo disponível para atividades extraprofissionais, como lazer, compras e consultas médicas. Também são investigados o interesse em adotar o teletrabalho, o nível de satisfação com o regime de trabalho atual, a percepção de segurança e o tempo destinado à prática de atividades físicas. Essa seção do questionário foi elaborada com base no instrumento WHOQOL-BREF, desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde, amplamente utili-

zado para avaliação da qualidade de vida em diferentes contextos culturais (WHO, 2012).

A seção seguinte contempla variáveis relacionadas ao ambiente, com foco nos municípios de residência e de trabalho dos respondentes. O objetivo é analisar a relação entre localização geográfica e mobilidade, considerando que o teletrabalho pode influenciar decisões locais, como a escolha do local de moradia. Informações complementares, como densidade demográfica, podem ser posteriormente incorporadas com base nos dados dos municípios informados.

Por fim, o questionário aborda aspectos de mobilidade urbana e transporte, incluindo a posse de veículos (automóveis, bicicletas e motocicletas), o principal motivo das viagens realizadas, o tempo e a distância de deslocamento, bem como o modo de transporte mais utilizado. Ressalta-se que as questões relacionadas a tempo, distância e modo de transporte referem-se ao deslocamento para a principal atividade desempenhada, especialmente no caso de indivíduos em regime presencial ou híbrido. Essa seção foi fundamentada no questionário proposto por Soler, Christidis e Vassallo (2021), que apresenta objetivos semelhantes ao deste estudo ao investigar perfis de usuários e fatores espaciais associados à adoção do teletrabalho e das compras online, por meio de técnicas de *machine learning*. O questionário completo encontra-se disponível no Apêndice A deste trabalho.

3.2.1.2 Tratamento e Análise dos Dados do Questionário

Para a validação do modelo conceitual elaborado a partir da RSL, foram conduzidas análises estatísticas dos dados coletados. As etapas de tratamento, análise e visualização dos dados foram realizadas na linguagem de programação R, amplamente empregada em estudos quantitativos devido à sua flexibilidade e à vasta disponibilidade de pacotes especializados.

Inicialmente, o banco de dados proveniente do questionário, disponibilizado em formato CSV, foi importado e submetido a procedimentos básicos de organização e consistência. Em seguida, foi realizada uma análise exploratória dos dados, com foco na caracterização da amostra por meio de visualizações gráficas e estatísticas descritivas. Essa etapa permitiu compreender o perfil dos respondentes e identificar padrões iniciais relevantes para a validação do modelo conceitual.

Na etapa de preparação dos dados para as análises estatísticas, foram considerados apenas os respondentes que se encontravam ativos no mercado de trabalho no momento da pesquisa, de modo a garantir a aderência da amostra aos objetivos do estudo. Adicionalmente, as variáveis categóricas foram devidamente codificadas e organizadas, visando facilitar sua utilização nas análises subsequentes.

Para investigar as associações entre o regime de trabalho e as variáveis categóricas

selecionadas — tais como qualidade de vida, satisfação com o regime de trabalho, frequência de atividades físicas, frequência de atividades de lazer, gênero e modo de transporte predominante — foram construídas tabelas de contingência. Essas tabelas permitiram analisar a distribuição conjunta das variáveis e identificar possíveis padrões de associação entre os diferentes grupos.

Com o intuito de facilitar a interpretação dos resultados, as associações observadas foram representadas graficamente por meio de *balloon plots*, que possibilitam a visualização simultânea das frequências absolutas e relativas, destacando diferenças na magnitude das proporções entre categorias.

De forma complementar, aplicou-se o teste do qui-quadrado de independência, com o objetivo de verificar a existência de associações estatisticamente significativas entre as variáveis categóricas analisadas. Esse teste permite avaliar se as distribuições observadas diferem daquelas esperadas sob a hipótese de independência entre as variáveis.

Por fim, para analisar a variável contínua referente ao tempo de deslocamento até a principal atividade dos respondentes, em função do regime de trabalho adotado, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Esse teste é apropriado para a comparação de três ou mais grupos independentes quando as premissas de normalidade dos dados não são atendidas (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 1973). A escolha desse método permite avaliar diferenças nas distribuições do tempo de deslocamento entre os diferentes regimes de trabalho, de forma robusta a desvios de normalidade e à presença de valores extremos.

3.2.2 Modelagem com *Machine Learning*

Com o objetivo de explorar a realização do teletrabalho por meio de uma abordagem de *machine learning*, será utilizado o método de modelagem. Segundo Banks (2005), uma pesquisa que utilize o método de modelagem e simulação, deve seguir uma estrutura que contenha as seguintes etapas principais: concepção e formulação do modelo, implementação do modelo e análise dos resultados.

Primeiramente, procedeu-se à identificação, na literatura, das principais variáveis que podem influenciar na realização do teletrabalho, e dos principais métodos de análise utilizados em pesquisas dessa natureza. Para isso, utilizou-se a RSL, que consiste em uma abordagem de pesquisa que coleta e avalia evidências disponíveis sobre um assunto específico (KARJALAINEN; JUHOLA, 2021). A partir da aplicação desta técnica, foi possível verificar a oportunidade de trabalhar com algoritmos de classificação de *machine learning* no estudo sobre a relação entre teletrabalho e variáveis sociais e econômicas.

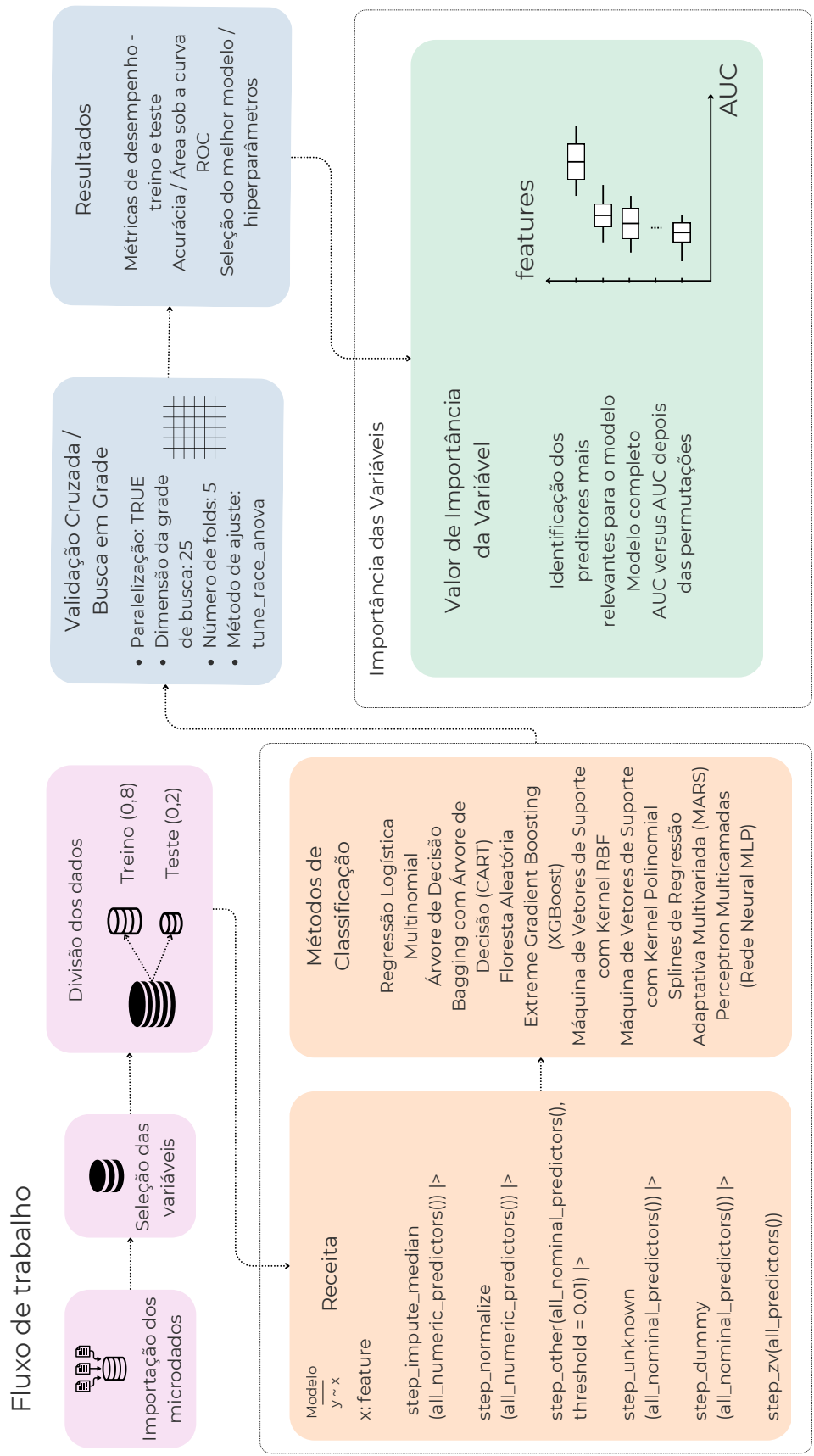
Os dados utilizados foram provenientes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística (IBGE). Os microdados foram obtidos por meio de acesso automatizado via linguagem R, garantindo padronização, rastreabilidade e reprodutibilidade.

Desta forma, foi conduzida uma análise temporal do teletrabalho no Brasil por meio da aplicação de técnicas de *machine learning*. As janelas temporais consideradas foram: outubro/novembro/dezembro de 2022; julho/agosto/setembro de 2023; abril/maio/junho de 2024; e janeiro/fevereiro/março de 2025, de modo a manter intervalos regulares entre os períodos analisados. Essa abordagem possibilitou avaliar as mudanças nos modelos com melhor desempenho ao longo do tempo, bem como nas variáveis mais influentes associadas ao teletrabalho. Dessa forma, o estudo contribui tanto para a identificação de padrões consistentes quanto para a detecção de mudanças estruturais no fenômeno, fornecendo evidências mais robustas para a compreensão da dinâmica do teletrabalho no Brasil.

Os períodos analisados foram selecionados por contemplarem o mesmo conjunto de variáveis disponíveis na pesquisa PNAD Contínua, permitindo uma comparação consistente, além de direcionarem a análise exclusivamente ao contexto pós-pandemia. A Figura 10 ilustra o fluxo de trabalho adotado em cada período de análise, incluindo a implementação dos métodos de *machine learning* e a avaliação da importância das variáveis.

Figura 10 – Etapas Machine Learning



Fonte: Próprio autor

Essa abordagem manteve intervalos regulares entre os períodos analisados, e permitiu avaliar se os modelos de *machine learning* que melhor se ajustam aos dados variam ao longo do tempo, e se as variáveis mais relevantes para explicar o trabalho remoto também se modificam em função do contexto. Com isso, a pesquisa contribui tanto para a identificação de padrões consistentes quanto para a detecção de mudanças estruturais no fenômeno, oferecendo subsídios mais robustos para a compreensão da dinâmica do trabalho remoto no Brasil.

Destaca-se que as etapas definidas para a coleta e análise dos dados da PNAD contínua foram estabelecidas com base nas etapas básicas do processo de descoberta de conhecimento em bancos de dados e mineração de dados (FAYYAD; PIATETSKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996). Portanto, após a coleta de dados, foram realizadas a limpeza e o pré-processamento dos dados. Essas etapas envolveram operações básicas, como a eliminação de ruídos ou valores discrepantes, quando necessário, além da coleta das informações essenciais para a modelagem ou tratamento do ruído (FAYYAD; PIATETSKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996).

O pré-processamento dos dados foi conduzido de forma sistemática e padronizada em todos os períodos analisados. Inicialmente, foram removidas as observações com valores ausentes na variável resposta, e os rótulos das variáveis categóricas foram padronizados. Em seguida, foram examinadas variáveis altamente correlacionadas, sendo uma delas excluída com o objetivo de mitigar possíveis problemas de multicolinearidade.

Categorias raras foram identificadas por meio de um critério baseado na frequência, no qual preditores nominais com frequência relativa inferior a 1% do total de observações foram agrupados em uma única categoria denominada “Outros”, com o intuito de reduzir a esparsidade e melhorar a estabilidade dos modelos. Esse procedimento de agrupamento foi aplicado de forma consistente em todos os períodos analisados. Ressalta-se que não houve redefinição substantiva das categorias, sendo apenas agregados os grupos de baixa frequência conforme o limiar previamente estabelecido, a fim de garantir robustez estatística.

Os valores ausentes foram tratados de acordo com o tipo de variável: para variáveis numéricas, foi adotada a imputação pela mediana; para variáveis categóricas, foi criada uma categoria específica para representar valores desconhecidos. Devido ao desbalanceamento entre as classes, foi realizado *under-sampling* aleatório da classe majoritária, resultando em um conjunto de dados balanceado. Antes do balanceamento, observava-se perda de sensibilidade na predição de indivíduos em teletrabalho. A Tabela 11 apresenta os tamanhos das amostras antes ($N\#$) e após (N) o balanceamento das classes.

Em todos os períodos, foi alcançado equilíbrio perfeito entre as duas classes. Destaca-se que, no primeiro período analisado, havia uma maior proporção de indivíduos em teletrabalho. A partir de 2023, observa-se um aumento no retorno ao trabalho

presencial.

Tabela 11 – Tamanho do conjunto de dados antes e após o balanceamento das classes.

Year	N#	N*
2025	45,798	15,194
2024	45,210	12,754
2023	46,255	12,666
2022	45,307	12,574

Fonte: Próprio autor

As variáveis numéricas foram normalizadas, enquanto as variáveis categóricas foram codificadas por meio de *one-hot encoding*, com o agrupamento de categorias raras a fim de reduzir a esparsidade. Todos os procedimentos de pré-processamento foram organizados em um *pipeline*, garantindo que os parâmetros fossem estimados exclusivamente no conjunto de treinamento e posteriormente aplicados aos conjuntos de validação e teste, evitando, assim, vazamento de informação.

Após o balanceamento, os dados foram particionados por meio de amostragem estratificada em:

- 80% para treino;
- 20% para teste,

No conjunto de treinamento, foi aplicada a validação cruzada do tipo *k-fold* ($k = 5$). Essa estratégia permitiu a estimação do desempenho médio dos modelos e a redução da variância das estimativas. O conjunto de teste permaneceu completamente isolado até a etapa final de avaliação.

Foram avaliados nove algoritmos de classificação, conforme apresentado no fluxo de trabalho ilustrado na Figura 10. A seleção desses algoritmos teve como objetivo representar diferentes famílias metodológicas, possibilitando uma comparação abrangente entre modelos lineares, métodos baseados em árvores, abordagens baseadas em *kernel* e redes neurais.

Posteriormente, foi realizado o ajuste de hiperparâmetros por meio do método ANOVA racing, que avalia estatisticamente o desempenho de diferentes configurações candidatas e elimina progressivamente aquelas consideradas inferiores. Foram avaliadas até 25 configurações de hiperparâmetros por modelo.

A área sob a curva ROC (ROC AUC) foi adotada como principal critério de otimização, em função de sua robustez em problemas de classificação binária com potencial

desbalanceamento de classes. Os hiperparâmetros ajustados para cada algoritmo estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 – Modelos de *Machine learning* Hiperparâmetros Ajustados.

Modelo	Hiperparâmetros Ajustados
Multinomial Logistic Regression	penalty, mixture
Decision Tree	tree_depth, min_n, cost_complexity
Bagging with Decision Tree (CART)	tree_depth, min_n, cost_complexity
Random Forest	mtry, min_n, trees
Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	tree_depth, learn_rate, loss_reduction, min_n, sample_size, trees
Support Vector Machine (RBF Kernel)	cost, rbf_sigma
Support Vector Machine (Polynomial Kernel)	cost, degree
Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS)	prod_degree
Multilayer Perceptron (MLP)	hidden_units, penalty, epochs

Fonte: Próprio autor

Por fim, a última etapa do fluxo de trabalho apresentado na Figura 10 corresponde à avaliação da importância das variáveis. Nessa etapa, o modelo com melhor desempenho é interpretado por meio de gráficos de importância das variáveis e gráficos de dependência parcial. A importância das variáveis é obtida por meio da permutação das colunas preditoras antes da geração das previsões e do cálculo das métricas de desempenho no conjunto de teste. Quanto maior o aumento do erro após a permutação, maior a importância da variável independente. Boxplots são utilizados para comparar o erro obtido após a permutação das variáveis com o erro do modelo completo.

Gráficos de dependência parcial foram utilizados para visualizar como cada variável influencia a resposta predita, com base nas *Shapley Additive Explanations* (SHAP). A abordagem SHAP calcula a contribuição média de cada variável considerando diferentes combinações na ordem das variáveis (LUNDBERG; LEE, 2017). Todas as análises foram realizadas utilizando a linguagem de programação R (R Core Team, 2025), versão 4.5.1, e o processo de modelagem seguiu a abordagem *tidymodeling*, com suporte dos pacotes *tidymodels* (KUHN; SILGE, 2022; KUHN; WICKHAM, 2020), *finetune* (KUHN, 2025) e *DALEXtra* (MAKSYMIUK; GOSIEWSKA; BIECEK, 2020).

3.2.2.1 Caracterização da Base de Dados

Mesmo com todos os esforços de divulgação empregados na etapa de coleta dos dados primários, foram obtidas apenas 179 respostas ao questionário. A partir dessas respostas, iniciaram-se as análises preliminares, e constatou-se que, para a aplicação eficaz

dos modelos de machine learning, seria necessário um número representativamente maior de observações. Essa necessidade está relacionada à natureza das variáveis qualitativas presentes no banco de dados, muitas das quais possuíam diversas categorias, elevando consideravelmente o número de combinações possíveis entre os atributos. Esse fenômeno está associado ao chamado *curse of dimensionality*, que ocorre quando o aumento da dimensionalidade do espaço de atributos reduz a densidade dos dados, prejudicando a capacidade dos algoritmos de aprendizado de detectar padrões confiáveis e generalizáveis (BELLMAN, 1961; GÉRON, 2019). Dessa forma, uma amostra mais robusta se mostrou essencial para garantir a estabilidade estatística e o desempenho preditivo dos modelos.

Diante da limitação no número de respostas obtidas por meio do questionário, o que inviabilizou a aplicação consistente de técnicas de *machine learning*, optou-se por utilizar os 179 registros coletados para a validação do modelo conceitual. Essas análises tiveram como objetivo compreender percepções individuais e padrões associados ao teletrabalho, por meio de técnicas estatísticas menos complexas. Para a etapa de modelagem preditiva, foram utilizados os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), cuja ampla abrangência amostral e estrutura padronizada possibilitam a aplicação de métodos mais robustos.

Desta forma, os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa pesquisa representa uma das principais fontes de informação sobre as condições socioeconômicas da população brasileira, fornecendo dados contínuos e atualizados sobre o mercado de trabalho, educação, rendimento, entre outros aspectos sociais. A PNAD Contínua possui caráter amostral e é realizada de forma permanente em todo o território nacional, abrangendo áreas urbanas e rurais. A amostra é probabilística e composta por aproximadamente 210 mil domicílios distribuídos em cerca de 3.500 municípios, o que garante ampla representatividade da população brasileira.

A coleta de dados é realizada por meio de entrevistas presenciais com o uso de dispositivos eletrônicos, por meio da técnica denominada CAPI (Computer Assisted Personal Interview). O questionário aplicado é padronizado e composto por um núcleo básico, com questões fixas referentes às características demográficas e socioeconômicas dos moradores, e por módulos suplementares, aplicados em determinados períodos do ano, que abordam temas específicos como educação, rendimento, trabalho informal, entre outros. A estrutura modular da pesquisa permite uma análise detalhada de aspectos diversos da realidade social brasileira ao longo do tempo.

A escolha da PNAD Contínua para este estudo justifica-se por sua ampla abrangência temática, pela disponibilização de microdados detalhados, pela robustez metodológica e pela continuidade temporal da coleta, que possibilitam análises aprofundadas e

comparações precisas entre diferentes perfis populacionais. Trata-se de uma base oficial, reconhecida nacional e internacionalmente, o que fortalece a credibilidade dos resultados e assegura a confiabilidade e a comparabilidade das análises. Além disso, sua representatividade em nível nacional permite a generalização dos resultados para todo o território brasileiro, ao mesmo tempo em que a natureza contínua da pesquisa garante séries históricas consistentes e variáveis relevantes sobre aspectos socioeconômicos e do mercado de trabalho, ampliando a robustez das investigações acadêmicas.

4 Resultados e Discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados desta pesquisa, com foco no modelo conceitual proposto para as possíveis relações entre teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e do ambiente, análises da amostra coletada e também a aplicação dos algoritmos de *machine learning* para os dados da PNAD contínua.

4.1 Modelagem Conceitual de Avaliação do Teletrabalho

Com o objetivo de atender ao primeiro objetivo específico desta tese, desenvolver e validar um modelo conceitual que represente as relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), seguida da validação do modelo proposto por meio da aplicação de questionário e da análise dos dados coletados.

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos na etapa de modelagem conceitual, evidenciando a estrutura do modelo desenvolvido e as principais relações identificadas entre as variáveis analisadas.

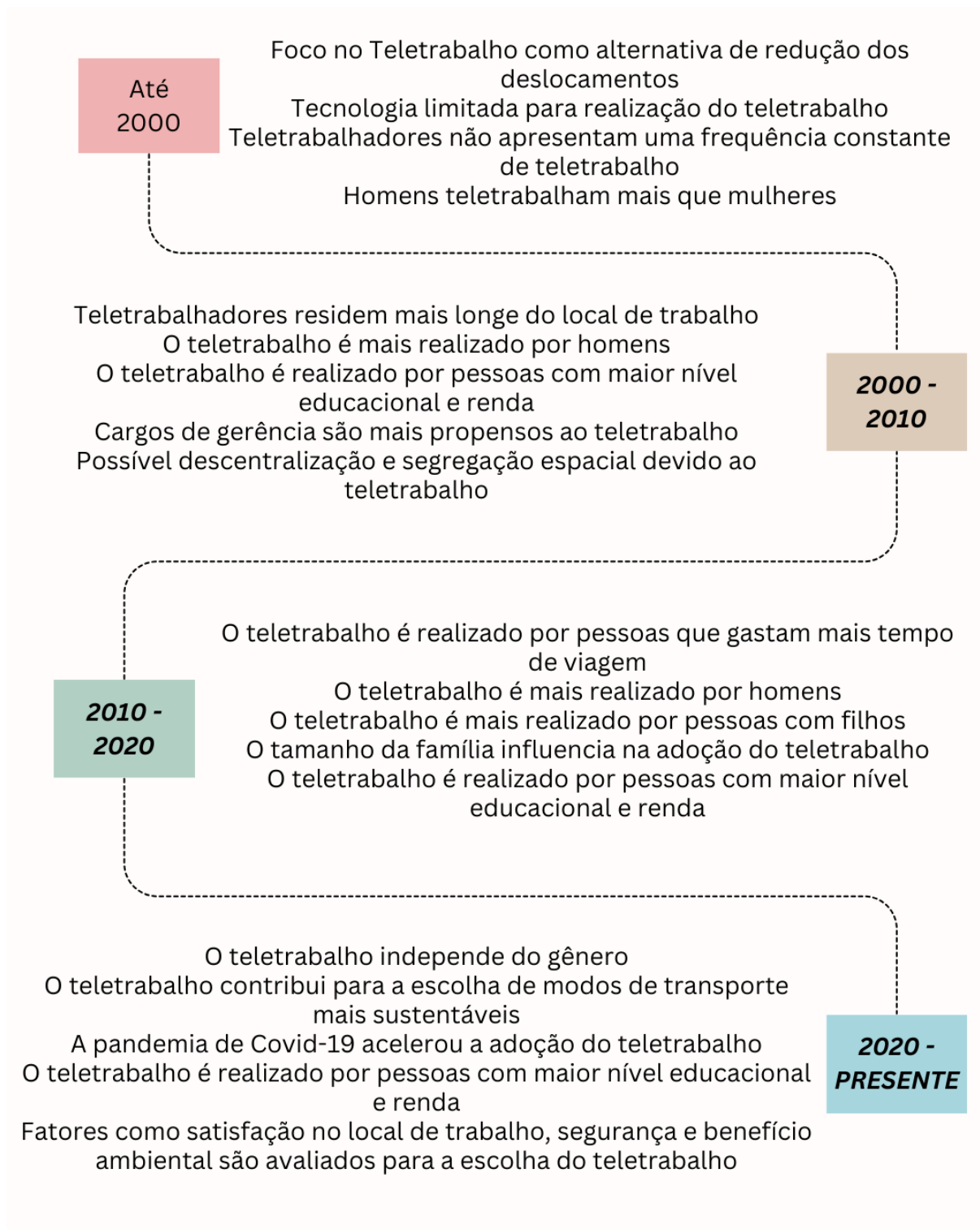
4.1.1 Modelo Conceitual Proposto para o Teletrabalho

Para facilitar a compreensão da evolução das relações entre o perfil do teletrabalhador e a mobilidade urbana ao longo do tempo, foi elaborada a Figura 11, com base em todos os artigos analisados na revisão sistemática da literatura (RSL), totalizando 84 estudos completos. A linha do tempo foi construída a partir do ano de publicação dos artigos, a partir dos quais foram selecionados os principais insights. Durante a leitura, também foi verificado se os artigos indicavam mudanças relevantes, as quais foram então incorporadas ao período correspondente, em comparação ao período anterior.

A linha do tempo apresenta uma visão geral das tendências identificadas, proporcionando uma perspectiva clara das transformações ao longo dos anos e destacando os principais pontos de inflexão ou descobertas significativas. Essa representação visual é adequada para ilustrar como as dinâmicas entre teletrabalho e mobilidade urbana têm sido influenciadas, bem como de que forma diferentes variáveis e contextos têm impactado essa relação complexa.

Com base na literatura revisada, foi desenvolvido um modelo conceitual que sintetiza as relações esperadas entre o teletrabalho e as principais variáveis identificadas como influenciadoras de sua adoção. Esse modelo é apresentado na Figura 12. Parte-se do pres-

Figura 11 – Linha do tempo sobre a mobilidade urbana e o perfil do teletrabalhador



Fonte: Próprio autor

suposto de que características socioeconômicas, ambientais e relacionadas ao transporte podem influenciar a adoção do teletrabalho.

Fatores como gênero, idade, nível de escolaridade, renda, estado civil, número e idade dos filhos, bem como o tamanho da família, podem moldar a propensão dos trabalhadores a optar por essa modalidade. Estudos destacam que o perfil do teletrabalhador é, em geral, caracterizado por elevado status profissional/ocupacional, alta renda, maior nível de escolaridade e idade intermediária (VILHELMSON; THULIN, 2016).

Sob a perspectiva da mobilidade, essas características socioeconômicas também estão diretamente associadas a padrões diferenciados de deslocamento e a distintos resultados em termos de mobilidade urbana. Áreas com maior concentração de trabalhadores altamente qualificados tendem a apresentar reduções mais expressivas na demanda por deslocamentos pendulares, contribuindo para menores níveis de congestionamento e potenciais melhorias na qualidade de vida urbana.

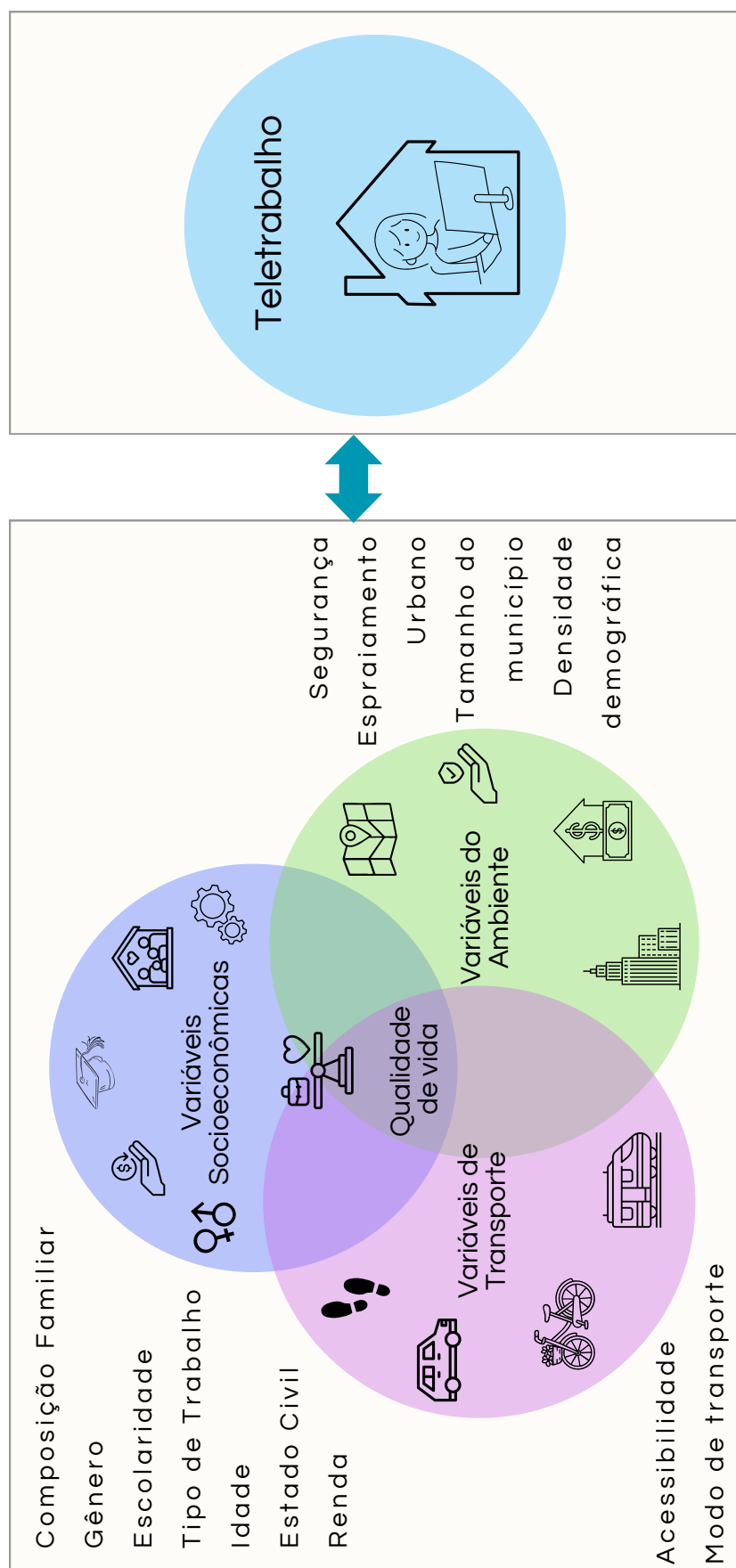
Além disso, as condições socioeconômicas influenciam tanto a viabilidade quanto os impactos do teletrabalho sobre a mobilidade. Em áreas de menor renda, onde a dependência do transporte público é geralmente mais elevada, a adoção do teletrabalho pode contribuir para a redução da pressão sobre os sistemas de transporte coletivo, especialmente nos horários de pico. Por outro lado, em contextos marcados por acentuadas desigualdades sociais, o acesso desigual à infraestrutura digital e às oportunidades de teletrabalho pode intensificar disparidades existentes, resultando em benefícios de mobilidade distribuídos de forma desigual entre os diferentes grupos populacionais (SHAFIZADEH et al., 2007).

Essas interações reforçam a necessidade de interpretar a adoção do teletrabalho a partir de uma perspectiva mais ampla, que articule a estrutura socioeconômica, os sistemas de transporte e as dinâmicas da mobilidade urbana.

Além das características individuais, fatores relacionados ao transporte, incluindo o principal modo de deslocamento e as condições de acessibilidade, estão estreitamente associados ao teletrabalho. Diversos estudos indicam que o teletrabalho pode reduzir o número de deslocamentos pendulares; por exemplo, teletrabalhadores tendem a realizar menos viagens semanais em comparação aos trabalhadores presenciais (SOLER; CHRISTIDIS; VASSALLO, 2021).

No entanto, a redução no número de viagens não implica necessariamente em menores distâncias percorridas. A flexibilidade proporcionada pelo teletrabalho permite que os indivíduos adotem estratégias de mobilidade mais heterogêneas, resultando em padrões de deslocamento espacialmente mais diversificados, frequentemente orientados por preferências individuais e estilos de vida, em vez da proximidade ao local de trabalho (ELLDÉR, 2017).

Figura 12 – Modelo conceitual sobre as variáveis que podem influenciar o teletrabalho



Fonte: Próprio autor

Esses resultados evidenciam a interdependência entre variáveis socioeconômicas, locais e ambientais, indicando que a adoção do teletrabalho não pode ser adequadamente compreendida quando tais fatores são analisados de forma isolada.

Variáveis relacionadas ao contexto ambiental e urbano, como densidade populacional, tamanho do município, dispersão urbana e percepção de segurança, também desempenham um papel significativo na configuração das decisões relacionadas ao teletrabalho. Em áreas urbanas densamente povoadas, onde os deslocamentos tendem a ser longos e desgastantes, o teletrabalho pode se tornar mais atrativo como forma de evitar congestionamentos e economizar tempo.

Por outro lado, em cidades de menor porte ou em áreas mais rurais, onde a segurança pode representar uma preocupação menor e o custo de vida tende a ser mais reduzido, o teletrabalho pode se configurar como uma alternativa viável para muitos trabalhadores. Ademais, o teletrabalho pode também intensificar padrões de ocupação residencial dispersos, à medida que trabalhadores passam a se deslocar para áreas mais distantes de seus locais de trabalho tradicionais ao longo do tempo (VOS; MEIJERS; HAM, 2018; DULEBA et al., 2022; ELLDÉR, 2017; LYONS; ENTRANCE, 1998; ORY; MOKHTARIAN, 2006; TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003).

No que se refere aos impactos ambientais e aos resultados relacionados aos deslocamentos, a literatura evidencia de forma consistente que o teletrabalho está associado à redução das viagens pendulares, especialmente nos horários de pico, gerando efeitos positivos sobre os níveis de congestionamento e a qualidade do ar. Evidências adicionais indicam que a probabilidade de adoção frequente do teletrabalho é maior entre trabalhadores que anteriormente enfrentavam longas distâncias de deslocamento, percebem ganhos de produtividade no trabalho remoto e dispõem de condições adequadas para o trabalho no domicílio, destacando a distância de deslocamento, as condições residenciais e a produtividade percebida como determinantes centrais para o engajamento contínuo no teletrabalho (BARBOUR; ABDEL-ATY; SEVIM, 2024).

Embora a redução das viagens relacionadas ao trabalho possa gerar benefícios ambientais, os impactos sobre a distância total percorrida e as emissões permanecem ambíguos, uma vez que esses ganhos podem ser parcialmente compensados pelo aumento de deslocamentos não relacionados ao trabalho, fenômeno comumente denominado efeito rebote (TAO et al., 2024).

Adicionalmente, indivíduos que residem próximos aos seus locais de trabalho podem experimentar benefícios ambientais líquidos limitados, uma vez que a redução na demanda por deslocamentos pode ser compensada por um maior consumo de energia no domicílio. Sob a perspectiva modal, alguns estudos apontam para um aumento no uso de modos ativos de transporte, embora o automóvel particular permaneça como um determinante central da distância total percorrida, independentemente do arranjo de trabalho

adotado.

Nesse contexto, políticas voltadas a trabalhadores que enfrentam longas distâncias de deslocamento, bem como a promoção de espaços de trabalho compartilhados descentralizados próximos às áreas residenciais, podem ampliar a eficácia ambiental do teletrabalho. Ao mesmo tempo, a redução da demanda por transporte público configura-se como um desafio relevante, com potenciais implicações para a sustentabilidade financeira dos sistemas de transporte coletivo e para a equidade no acesso, especialmente entre populações que não têm a possibilidade de aderir ao teletrabalho (TAO et al., 2024).

Por fim, é importante reconhecer que o teletrabalho também apresenta desafios relacionados ao bem-estar e à qualidade de vida. Dificuldades em estabelecer limites claros entre trabalho e lazer contribuem para o aumento do estresse, associado ao isolamento social, o que pode resultar em uma percepção de redução da produtividade no trabalho remoto (TOSCANO; ZAPPALÀ, 2020). Durante a pandemia de COVID-19, observou-se um impacto substancialmente negativo do teletrabalho sobre a qualidade de vida dos trabalhadores, com efeitos particularmente significativos entre mulheres e indivíduos mais jovens. Ademais, esses resultados indicam que a recuperação física e mental de professores representa um desafio relevante. Estratégias futuras devem, portanto, concentrar-se na mitigação dos impactos físicos e psicológicos decorrentes do confinamento (LIZANA et al., 2021).

Esses achados reforçam que, embora exista uma relação direta entre teletrabalho e qualidade de vida, diversas variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais também influenciam essa dinâmica. Tais fatores evidenciam a importância da formulação de políticas e práticas que promovam um equilíbrio saudável entre vida profissional e pessoal. Esses efeitos, por sua vez, têm o potencial de influenciar de maneira significativa as interações entre teletrabalho e mobilidade urbana, impactando não apenas os padrões de deslocamento, mas também as diferentes configurações das cidades.

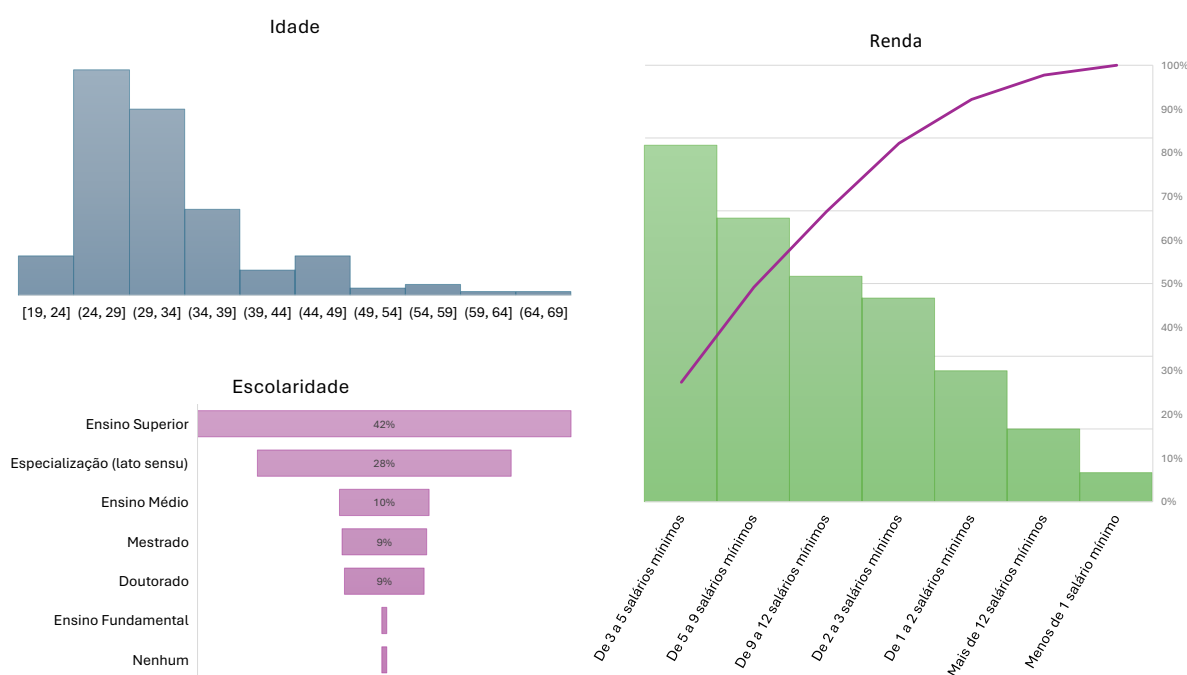
4.1.2 Caracterização da Amostra (Questionário Próprio)

A base de dados utilizada para a validação do modelo conceitual é composta por 179 respostas obtidas por meio da aplicação de um questionário. Pela análise da figura 13 é possível perceber que a amostra analisada apresenta um perfil socioeconômico relativamente elevado, com maior concentração de indivíduos nas faixas de renda intermediárias e altas. Observa-se que 27% dos respondentes possuem renda entre 3 e 5 salários mínimos, seguidos por 22% na faixa de 5 a 9 salários mínimos e 17% entre 9 e 12 salários mínimos. Por outro lado, as faixas de menor renda são pouco representativas, com apenas 2% recebendo menos de 1 salário mínimo e 10% entre 1 e 2 salários mínimos.

No que se refere ao nível educacional, destaca-se um elevado grau de escolaridade,

com 42% dos indivíduos possuindo ensino superior e 28% com especialização lato sensu, além de 9% com mestrado e 9% com doutorado, evidenciando uma amostra altamente qualificada. Em contrapartida, níveis mais baixos de escolaridade apresentam baixa frequência. Em relação à idade, a amostra concentra-se majoritariamente em faixas etárias intermediárias, com maior frequência entre 24 e 34 anos. De forma geral, esses resultados indicam que a amostra é composta predominantemente por indivíduos jovens adultos, com elevado nível educacional e inseridos em faixas de renda mais altas, características frequentemente associadas a uma maior probabilidade de acesso ao teletrabalho, conforme apontado pela literatura.

Figura 13 – Caracterização da amostra por idade, renda e escolaridade



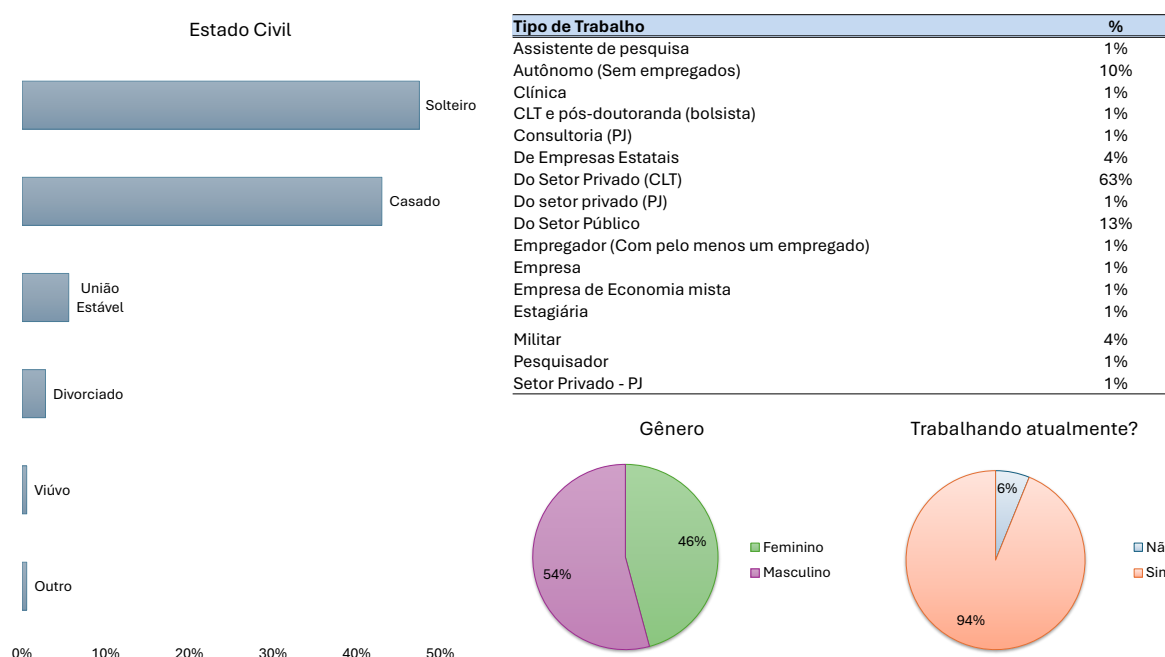
Fonte: Próprio autor

A amostra é composta majoritariamente por indivíduos inseridos no mercado de trabalho formal do setor privado, com predominância de trabalhadores sob regime CLT (63%), seguidos por servidores do setor público (13%) e trabalhadores autônomos (10%). As demais categorias ocupacionais apresentam baixa representatividade. Em relação ao estado civil, há predominância de indivíduos solteiros (47%) e casados (43%), enquanto as demais categorias possuem menor participação.

Quanto ao gênero, observa-se uma distribuição relativamente equilibrada, com leve predominância do sexo masculino (54%) em relação ao feminino (46%) (Figura 14). De forma geral, a amostra concentra-se em trabalhadores formais, com perfil ocupacional estável e composição demográfica relativamente equilibrada. Além disso, 94% dos respondentes estavam trabalhando no momento da pesquisa, sendo estes os indivíduos

considerados nas análises estatísticas subsequentes.

Figura 14 – Caracterização da amostra por Estado civil, tipo de trabalho e gênero



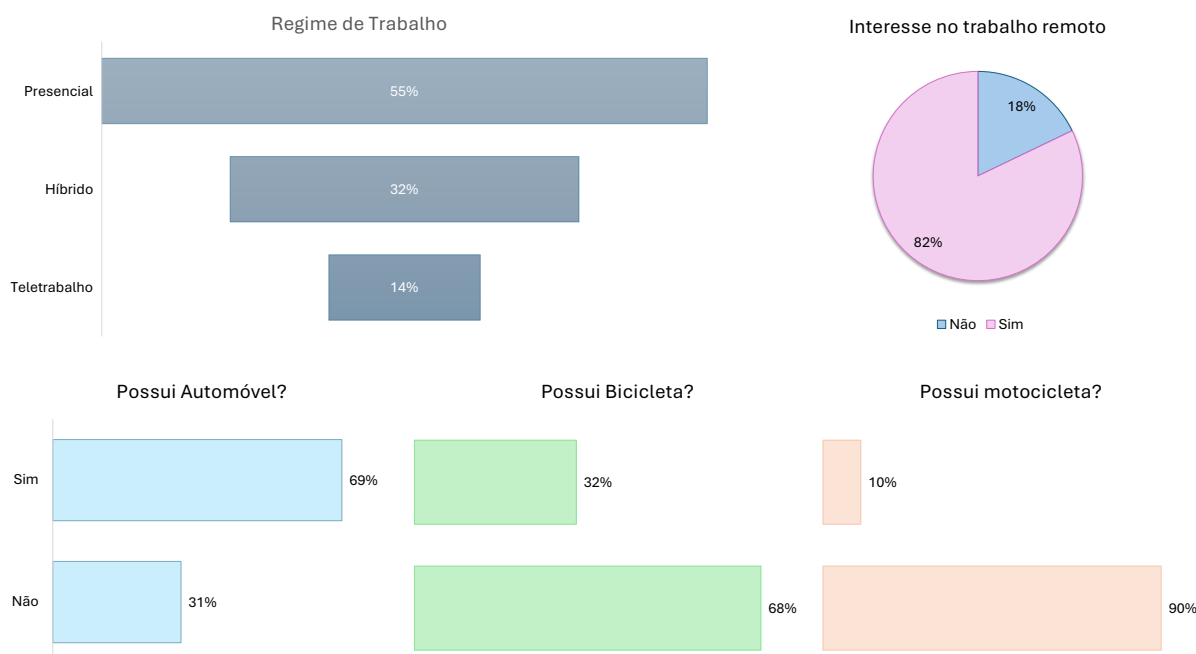
Fonte: Próprio autor

Conforme apresentado na figura 15 A amostra apresenta predominância do regime de trabalho presencial (55%), seguido pelo modelo híbrido (32%) e, em menor proporção, pelo teletrabalho (14%). Apesar disso, observa-se elevado interesse pelo trabalho remoto, com 82% dos respondentes manifestando preferência por essa modalidade. Em relação aos meios de transporte, a maioria dos indivíduos possui carro (69%), enquanto 32% possuem bicicleta e apenas 10% possuem motocicleta. Por outro lado, 68% não possuem bicicleta e 31% não possuem carro, indicando diferenças no acesso a meios de transporte individuais. Destaca-se ainda a baixa aderência aos modos ativos de transporte, especialmente a bicicleta. De forma geral, os resultados sugerem uma amostra ainda majoritariamente presencial, mas com forte inclinação ao teletrabalho e alta dependência do automóvel como principal meio de mobilidade.

4.1.3 Validação do Modelo Conceitual

Posteriormente, foram construídas tabelas de contingência para investigar a associação entre o regime de trabalho e as variáveis categóricas selecionadas para esse estudo. Com base nas análises realizadas, foi possível identificar relações relevantes entre o regime de trabalho adotado pelos participantes e variáveis associadas à qualidade de vida e à mobilidade. A Figura 16 apresenta os balloon plots correspondentes às tabelas de contin-

Figura 15 – Caracterização da amostra por regime de trabalho e modos de transporte



Fonte: Próprio autor

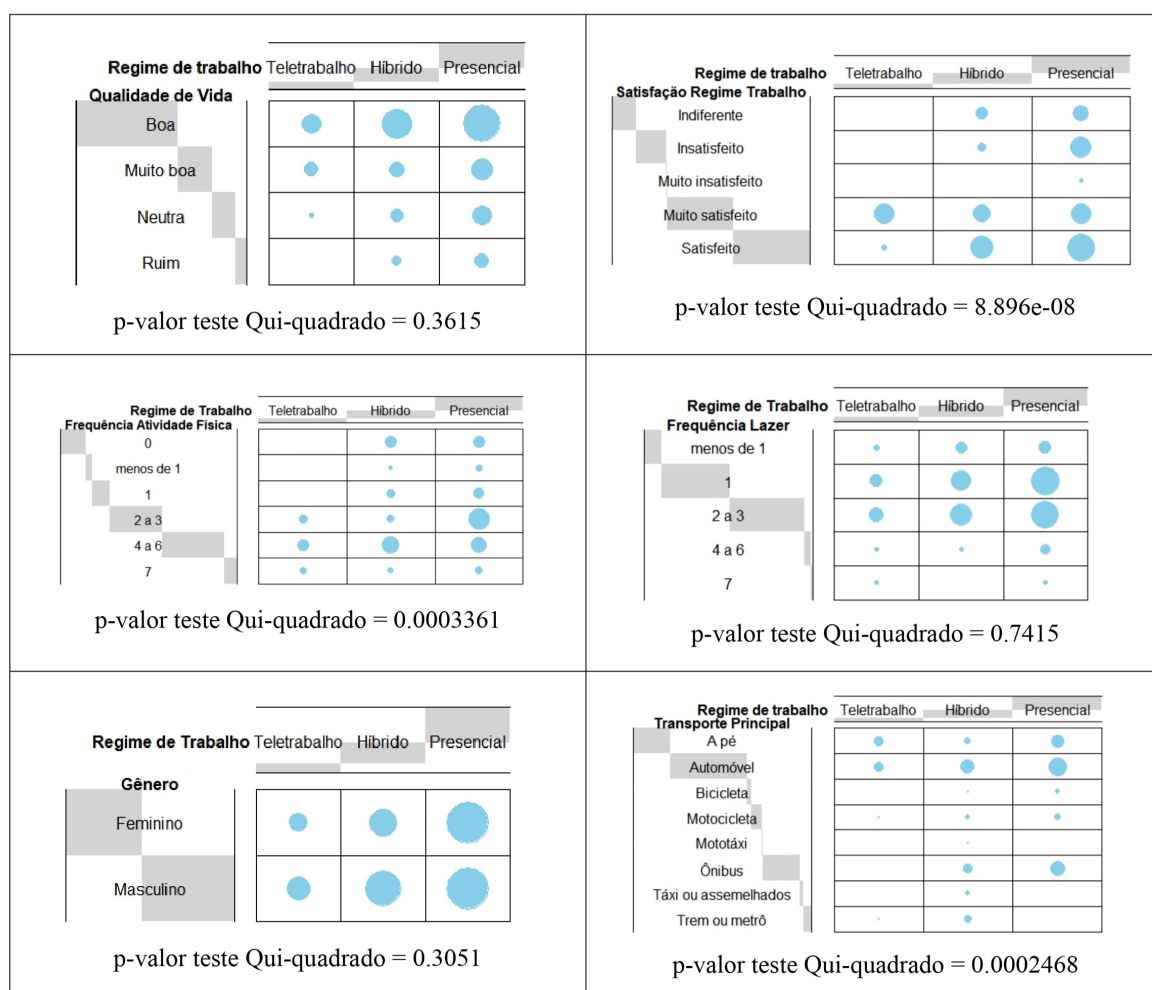
gência, e também os resultados dos testes de Qui-quadrado para as variáveis categóricas analisadas.

Embora a variável referente à percepção da qualidade de vida do respondente, não tenha apresentado significância estatística no teste qui-quadrado (valor de $p > 0,05$), algumas análises podem ser extraídas do gráfico. Observa-se que a maioria dos respondentes avalia sua qualidade de vida como "Boa", independentemente do regime de trabalho. No entanto, o grupo em teletrabalho se destaca por concentrar percepções mais positivas (sem registros de avaliações "Ruim"), enquanto o regime presencial apresenta maior variabilidade nas respostas, inclusive com percepções negativas. Esses resultados sugerem que o regime de trabalho pode influenciar a percepção de qualidade de vida dos participantes, mesmo que a diferença entre os grupos não tenha sido estatisticamente significativa.

Para a variável relacionada à satisfação com o regime de trabalho, o teste Qui-quadrado indicou significância estatística, evidenciando associação entre o tipo de regime e o nível de satisfação dos participantes. A análise do gráfico balloon plot reforça esse resultado, mostrando que os trabalhadores em teletrabalho concentram suas respostas em níveis mais altos de satisfação ("satisfeito" e "muito satisfeito"), sem registros de insatisfação. O regime híbrido também apresenta predominância de avaliações positivas. Em contraste, o regime presencial exibe maior dispersão nas respostas, incluindo níveis de insatisfação e indiferença, o que pode sugerir menor uniformidade na percepção de satisfação entre os trabalhadores que atuam presencialmente.

Esses resultados estão alinhados com a literatura, que destaca que o teletrabalho proporciona maior autonomia e flexibilidade na organização da rotina, contribuindo para o equilíbrio entre vida pessoal e profissional (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014), além de permitir melhor gestão do tempo e redução do estresse associado aos deslocamentos (HE; HU, 2015). Além disso, evidências indicam que o acesso ao teletrabalho está frequentemente associado a ocupações mais qualificadas e flexíveis (OGUNGBIRE; MITRA, 2024), o que pode intensificar desigualdades no mercado de trabalho (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021), mas também potencializar seus benefícios para aqueles que conseguem adotá-lo. Nesse contexto, os resultados encontrados reforçam que, embora o teletrabalho ainda não seja amplamente difundido, ele tende a estar associado a níveis mais elevados de satisfação e a melhores percepções de qualidade de vida, especialmente entre indivíduos com maior capacidade de conciliar demandas profissionais e familiares (O'KEEFE et al., 2016; POURI; BHAT, 2003).

Figura 16 – Análise estatística do modelo conceitual



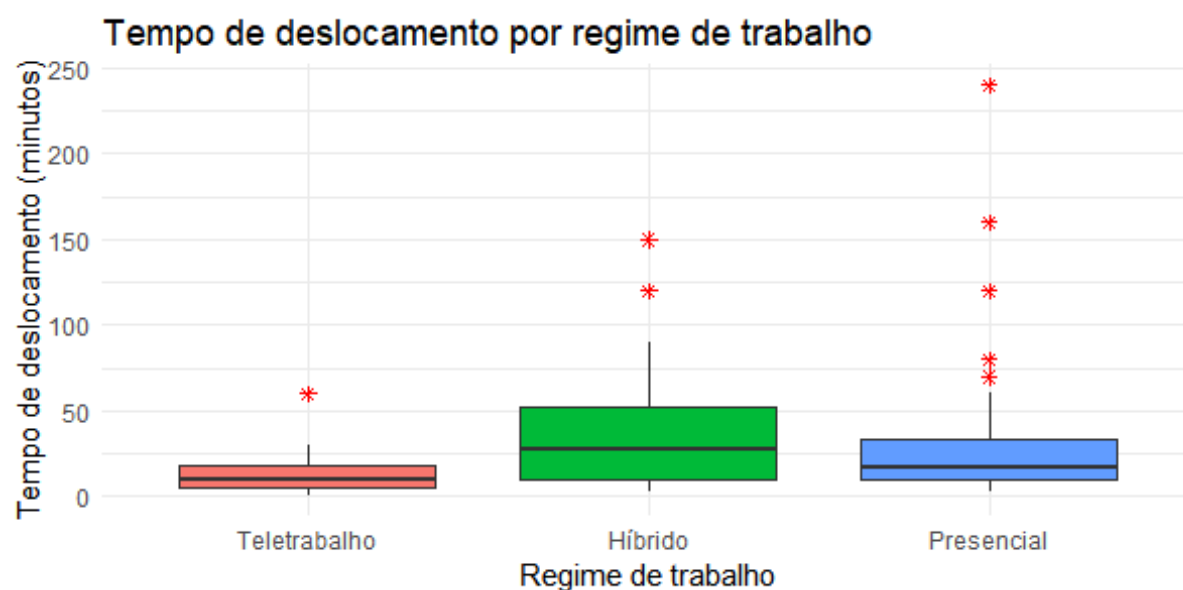
Fonte: Próprio autor

Foi observada uma relação estatisticamente significativa entre o regime de trabalho e a frequência de prática de atividades físicas ($p < 0,001$). O regime híbrido apresentou maior concentração de participantes que realizam atividades físicas com frequência de 4 a 6 vezes por semana, enquanto o regime presencial destacou-se pela frequência de 2 a 3 vezes semanais. Já o teletrabalho mostrou uma distribuição mais equilibrada, com menor ocorrência de inatividade física, o que pode indicar mais oportunidades para a prática de atividades físicas. Não foi identificada associação estatisticamente significativa entre o regime de trabalho e a frequência de atividades de lazer ($p = 0,7415$). As respostas concentraram-se predominantemente entre 1 e 3 vezes por semana, sem padrões marcantes que indiquem maior ou menor acesso ao lazer com base no regime de trabalho. O gráfico que apresenta a distribuição dos gêneros entre os diferentes regimes de trabalho revela uma composição equilibrada. O teste qui-quadrado realizado resultou em um p-valor de 0,3051, indicando ausência de associação estatisticamente significativa entre gênero e regime de trabalho adotado.

Por fim, para a análise entre modo de transporte e regime de trabalho, observa-se pelo gráfico que o automóvel é o meio de transporte predominante entre os participantes em todos os regimes, especialmente no regime presencial. Já o uso de transporte público, como ônibus, metrô e táxi, concentra-se principalmente entre os trabalhadores presenciais e híbridos, enquanto no teletrabalho esses modos são praticamente inexistentes. O teste qui-quadrado resultou em um p-valor de 0,0002, indicando uma associação estatisticamente significativa entre o regime de trabalho e o principal modo de transporte utilizado. A evidência de associação significativa entre regime de trabalho e escolha do modo de transporte indica que mudanças na organização do trabalho estão diretamente relacionadas às dinâmicas de mobilidade cotidiana. Ainda que o teletrabalho reduza a necessidade de deslocamentos regulares, os resultados sugerem que ele não implica, necessariamente, uma transição para modos mais sustentáveis, uma vez que a dependência do automóvel permanece relevante. Esse achado dialoga com a literatura, que aponta que os impactos do teletrabalho sobre a mobilidade são ambíguos e não se traduzem automaticamente em redução do uso de modos motorizados individuais (VOS; MEIJERS; HAM, 2018; LIER; WITTE; MACHARIS, 2014).

Além disso, a menor utilização do transporte público entre teletrabalhadores pode estar associada não apenas à redução das viagens obrigatórias, mas também a mudanças mais amplas nos padrões de atividade, como maior flexibilidade espacial e temporal. Nesse sentido, o teletrabalho pode favorecer a realização de deslocamentos menos frequentes, porém potencialmente mais longos e diversificados, muitas vezes dependentes do automóvel (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022; SILVA; MELO, 2018b). Essa dinâmica reforça a ideia de que o teletrabalho está inserido em um processo mais amplo de reconfiguração das espacialidades do trabalho e da mobilidade, no qual a multilocalidade e a flexibilização dos arranjos laborais alteram não apenas a frequência, mas também a

Figura 17 – Distribuição do tempo de deslocamento para a atividade principal por regime de trabalho



Fonte: Próprio autor

natureza dos deslocamentos (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021).

Posteriormente, foi analisada a distribuição do tempo de deslocamento até a atividade principal em função do regime de trabalho, utilizando-se boxplots (Figura 17). A visualização revela diferenças claras entre os grupos: trabalhadores em regime de teletrabalho apresentam os menores tempos de deslocamento, com baixa dispersão e ausência de valores extremos elevados. Já aqueles em regime híbrido possuem a maior mediana de deslocamento, além de apresentarem grande variabilidade e presença de outliers, indicando casos com deslocamentos bastante longos. O regime presencial também apresenta variabilidade considerável, com uma mediana intermediária e vários valores extremos, sugerindo que parte dos trabalhadores presenciais enfrenta deslocamentos prolongados.

A análise dos resultados apresentados na Figura 17 indica que o regime de trabalho exerce influência direta sobre o tempo gasto com deslocamentos, sendo o modelo híbrido aquele que apresenta maior heterogeneidade. Inicialmente, os testes de normalidade de Shapiro-Wilk indicaram que os dados não seguem distribuição normal para nenhum dos regimes analisados (teletrabalho: $p < 0,001$; híbrido: $p < 0,001$; presencial: $p < 0,001$). Por sua vez, o teste de Levene para homogeneidade das variâncias apresentou resultado não significativo ($p = 0,083$), sugerindo relativa similaridade das variâncias entre os grupos.

Diante da violação da suposição de normalidade, optou-se pela aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que evidenciou diferenças estatisticamente significativas no tempo de deslocamento entre os regimes de trabalho ($p = 0,00017$). As comparações

pareadas, realizadas por meio do teste de Wilcoxon, indicaram diferenças significativas entre o regime híbrido e o teletrabalho ($p = 0,00032$), bem como entre o regime presencial e o teletrabalho ($p = 0,00032$). Por outro lado, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os regimes híbrido e presencial ($p = 0,20$). Esses resultados sugerem que o tempo de deslocamento para a atividade principal é substancialmente menor no regime de teletrabalho, enquanto os regimes híbrido e presencial apresentam padrões semelhantes, corroborando a influência do regime de trabalho sobre os deslocamentos.

Os resultados evidenciam que o regime de trabalho exerce influência significativa sobre o tempo de deslocamento, com destaque para o teletrabalho, que apresenta os menores tempos e menor variabilidade. Esse padrão reforça um dos principais benefícios apontados na literatura, relacionado à redução ou eliminação dos deslocamentos pendulares, contribuindo para a diminuição de congestionamentos e de impactos ambientais negativos (LIER; WITTE; MACHARIS, 2014). No entanto, a maior heterogeneidade observada no regime híbrido sugere que sua flexibilidade parcial pode estar associada a padrões mais complexos de mobilidade.

Como discutido por Adobati e Debernardi (2022), a possibilidade de trabalhar remotamente tende a reduzir a necessidade de proximidade entre residência e local de trabalho, permitindo que indivíduos residam em áreas mais distantes, muitas vezes suburbanas. Nesse contexto, nos dias em que o deslocamento é necessário, os trabalhadores híbridos podem enfrentar trajetos mais longos, o que contribui para o aumento da variabilidade observada. Esse resultado também está alinhado com evidências que indicam que o teletrabalho pode induzir processos de dispersão urbana e aumento das distâncias percorridas (VOS; MEIJERS; HAM, 2018; HU; HE, 2016).

Além disso, a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os regimes híbrido e presencial sugere que, mesmo com a redução da frequência dos deslocamentos, o trabalho híbrido não implica necessariamente redução do tempo gasto nas viagens quando estas ocorrem. Isso pode ser explicado pelo fato de que a decisão de localização residencial, influenciada pela possibilidade de teletrabalho, pode levar os indivíduos a aceitarem maiores distâncias em troca de outros benefícios, como menor custo de moradia ou melhor qualidade de vida (SILVA; MELO, 2018b; GORDON; ARSDALE, 1986).

Por fim, os resultados reforçam que os impactos do teletrabalho sobre a mobilidade não são lineares e devem ser analisados de forma integrada às dinâmicas espaciais e urbanas. Embora haja ganhos diretos na redução dos deslocamentos cotidianos, esses benefícios podem ser parcialmente compensados por efeitos indiretos, como o aumento das distâncias percorridas e a maior dependência do automóvel para outras atividades (DRUCKER; KHATTAK, 2000; LIER; WITTE; MACHARIS, 2014). Nesse sentido, o teletrabalho contribui para a reconfiguração dos padrões de mobilidade, tornando-os mais heterogêneos e menos dependentes de uma lógica espacial fixa, o que amplia a complexi-

dade das interações entre uso do solo, localização residencial e comportamento de viagem (ELLDÉR, 2017; TAYYARAN; KHAN; ANDERSON, 2003).

4.2 Métodos de *Machine learning* aplicados na avaliação do teletrabalho

Para atender ao objetivo geral desta pesquisa, investigar a adoção e a dinâmica do teletrabalho no Brasil a partir de uma abordagem de *machine learning*, esta seção apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação dos modelos propostos.

Inicialmente, são apresentados os resultados da caracterização da base de dados utilizada, a PNAD Contínua, seguidos da aplicação e comparação de diferentes modelos de *machine learning*, com foco na identificação dos principais determinantes do teletrabalho. Em seguida, são analisados os desempenhos preditivos dos modelos ao longo do tempo, considerando distintas janelas temporais e métricas de avaliação. Adicionalmente, examinam-se a estabilidade e a variação da importância das variáveis explicativas ao longo do período analisado, evidenciando possíveis mudanças nos padrões de influência.

4.2.1 Caracterização da Amostra PNAD - Teletrabalho no Brasil

Este estudo utiliza uma base de dados robusta, de caráter amostral e representativa em nível nacional, abrangendo aproximadamente 210 mil domicílios. Os dados foram extraídos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma das principais fontes oficiais de informação sobre as condições socioeconômicas da população brasileira. A PNAD Contínua fornece estatísticas contínuas e comparáveis sobre o mercado de trabalho, educação, renda e características demográficas, destacando-se pelo rigor metodológico, ampla cobertura geográfica, disponibilidade de microdados detalhados e consistência temporal, o que permite análises generalizáveis para o conjunto da população brasileira.

A base contempla informações sociodemográficas, educacionais, ocupacionais e de renda. Para os fins deste estudo, foram selecionadas variáveis relacionadas às características demográficas (sexo, idade e unidade federativa), nível de escolaridade, situação ocupacional e tipo de vínculo de trabalho, setor de atividade econômica, renda e local de trabalho.

No primeiro trimestre de 2025, a PNAD Contínua estimou uma população de 177,17 milhões de indivíduos com 14 anos ou mais, dos quais aproximadamente 110,64 milhões (62,2%) compunham a força de trabalho e 66,98 milhões (37,8%) encontravam-se fora dela. Nesse período, o país registrava cerca de 103,8 milhões de pessoas ocupadas (58,6% da população em idade de trabalhar) e 6,82 milhões de desocupadas (3,8%), re-

sultando em uma taxa de desocupação de 6,2% e uma taxa de participação na força de trabalho de 62,2% (IBGE, 2025d).

Conforme apresentado na Tabela 13, a distribuição da população ocupada entre 2012 e 2024 evidencia mudanças estruturais no mercado de trabalho brasileiro, com destaque para a redução da participação da agricultura, que passa de 11,4% em 2012 para 7,7% em 2024, refletindo o contínuo processo de urbanização e transformação produtiva. Além disso, observa-se uma crescente concentração do emprego no setor de serviços, especialmente em atividades intensivas em conhecimento. O comércio mantém-se como um dos principais empregadores ao longo do período, enquanto a indústria apresenta leve perda de participação relativa (IBGE, 2025b).

Tabela 13 – Distribuição da população ocupada, segundo os grupamentos de atividades no trabalho principal

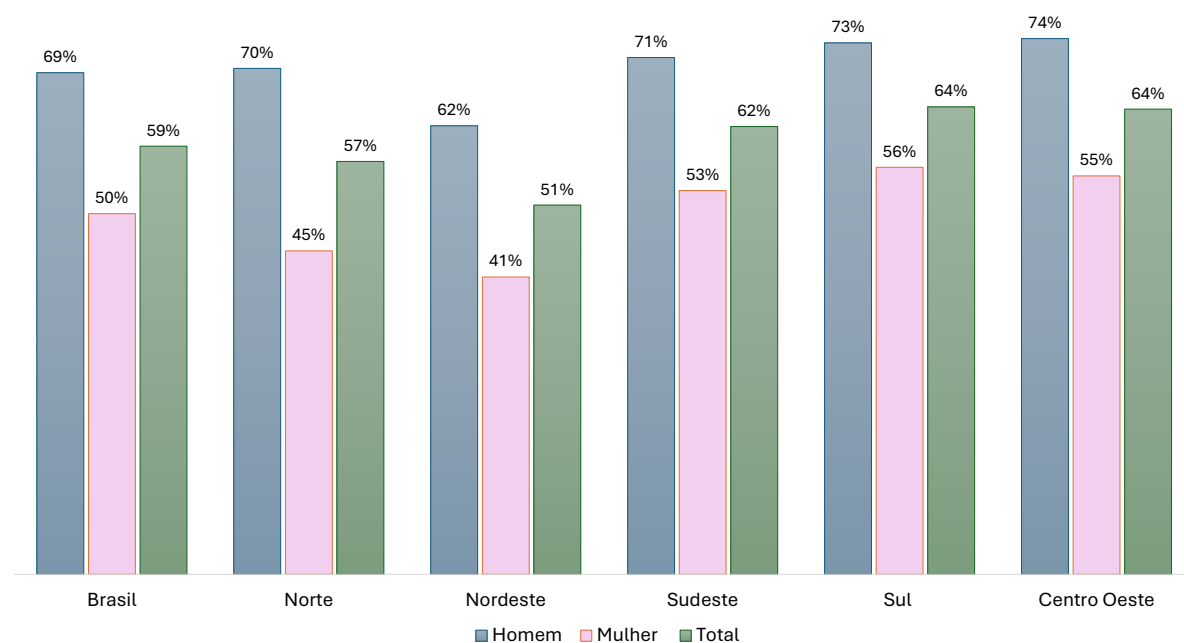
Grupamentos de atividades	2012	2019	2022	2023	2024
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	11,4%	9,1%	9,0%	9,0%	7,7%
Indústria geral	14,5%	13,1%	12,9%	12,9%	12,9%
Construção	8,5%	8,2%	7,6%	7,3%	7,3%
Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas	19,1%	19,1%	19,1%	19,1%	19,1%
Transporte, armazenagem e correio	4,7%	5,1%	5,2%	5,4%	5,7%
Alojamento e alimentação	4,2%	6,0%	5,5%	5,5%	5,4%
Informação, comunicação e atividades financeiras, imobiliárias, profissionais e administrativas	10,7%	11,3%	11,8%	12,4%	12,4%
Administração pública, defesa, educação, saúde e serviços sociais	15,7%	17,0%	17,5%	17,8%	17,8%
Outros serviços	6,8%	6,5%	6,1%	6,1%	5,9%
Serviços domésticos	4,3%	5,4%	5,3%	5,4%	5,5%

Fonte: (IBGE, 2025b)

A Figura 18 evidencia diferenças relevantes na taxa de ocupação por sexo e grandes regiões no Brasil no quarto trimestre de 2025, revelando tanto desigualdades de gênero quanto disparidades regionais. Em nível nacional, observa-se uma diferença expressiva entre homens (69%) e mulheres (50%), indicando menor inserção feminina no mercado de trabalho. Esse padrão se repete em todas as regiões, sendo mais acentuado no Norte (70% para homens e 45% para mulheres) e no Nordeste (62% e 41%, respectivamente), regiões que também apresentam os menores níveis de ocupação total (57% e 51%). De forma geral, os resultados indicam que, além das desigualdades estruturais entre regiões, persiste uma disparidade consistente na inserção ocupacional entre homens e mulheres em todo o país, com maior vulnerabilidade feminina, especialmente nas regiões Norte e

Nordeste (IBGE, 2025a).

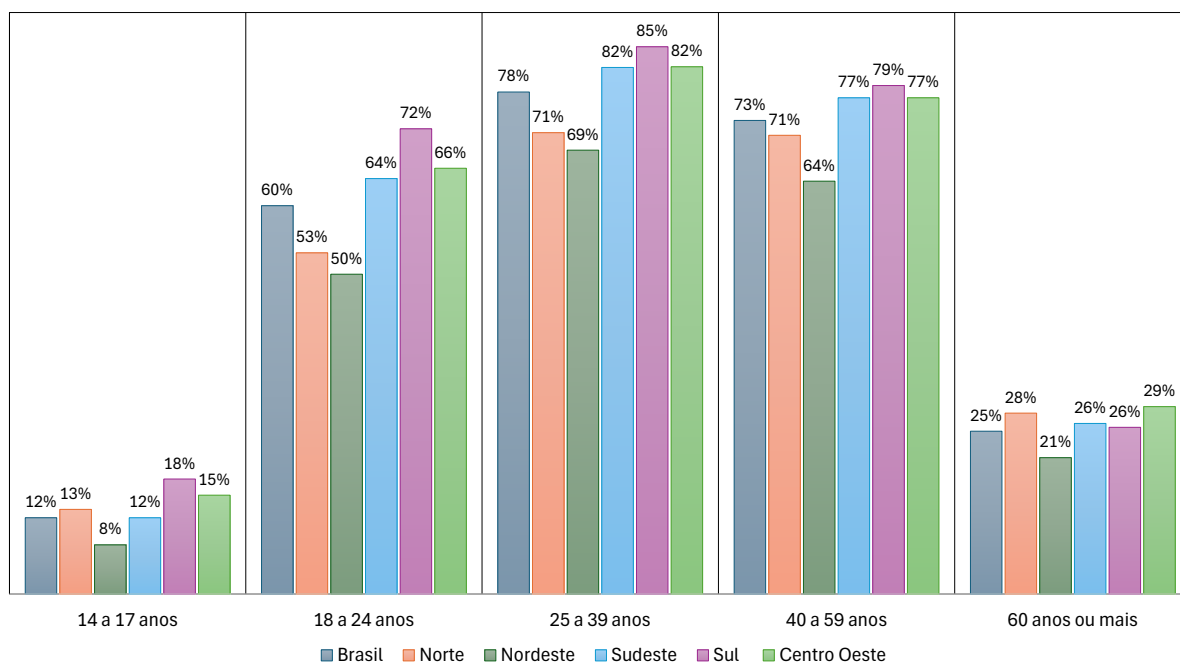
Figura 18 – Nível da ocupação, por sexo, no Brasil e Grandes Regiões - 4º trimestre de 2025



Fonte: Próprio autor

A Figura 19 apresenta a relação entre faixa etária e taxa de ocupação no Brasil e em suas grandes regiões, considerando o quarto trimestre de 2025. Observa-se que a inserção no mercado de trabalho cresce significativamente com a idade, partindo de níveis mais baixos entre os jovens de 14 a 17 anos (12% no Brasil) e atingindo o pico nas faixas de 25 a 39 anos (78%) e 40 a 59 anos (73%), que correspondem ao período de maior participação produtiva. A partir dos 60 anos, há uma queda acentuada na ocupação (25%), refletindo o processo de saída do mercado de trabalho. Regionalmente, o Sul e o Centro-Oeste apresentam as maiores taxas de ocupação nas faixas centrais, enquanto o Nordeste registra os menores níveis em praticamente todas as idades, indicando desigualdades estruturais no acesso ao emprego. Além disso, observa-se a maior participação relativa de jovens no Sul (18%), sugerindo diferenças na dinâmica de entrada no mercado de trabalho entre as regiões. De forma geral, os resultados reforçam o padrão esperado do ciclo de vida laboral, ao mesmo tempo em que evidenciam disparidades regionais importantes (IBGE, 2025a).

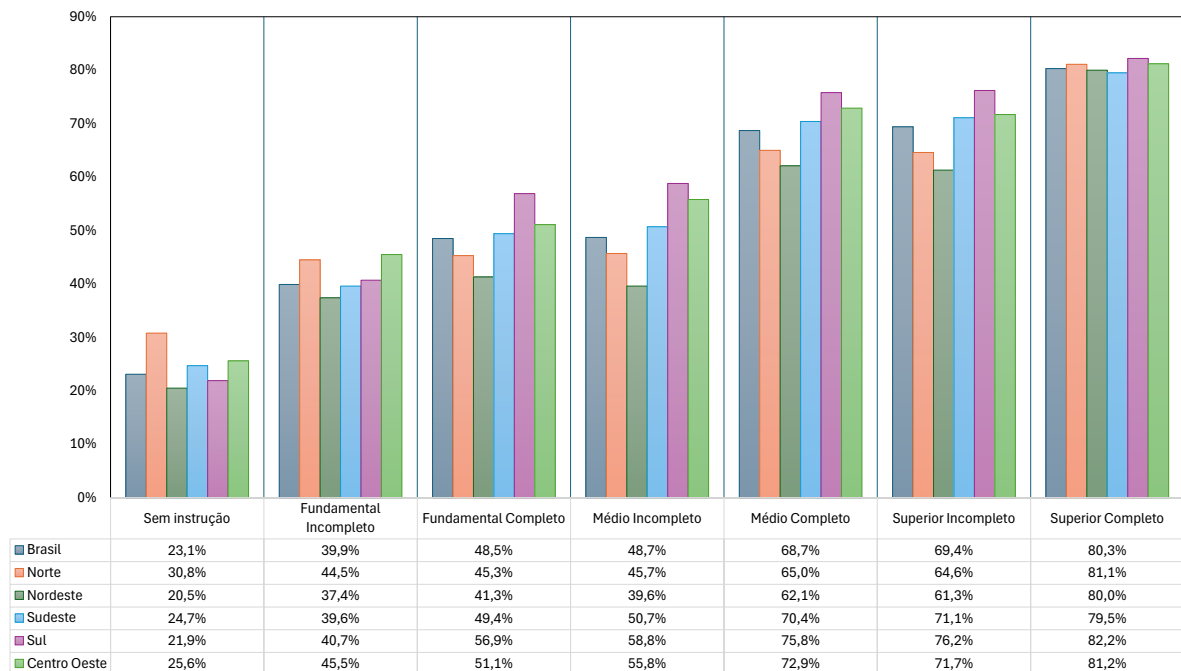
Figura 19 – Nível da ocupação, por idade, no Brasil e Grandes Regiões - 4º trimestre



Fonte: Próprio autor

A análise da Figura 20 evidencia uma forte relação positiva entre nível de escolaridade e taxa de ocupação no Brasil e em suas grandes regiões. Em nível nacional, observa-se que a inserção no mercado de trabalho aumenta progressivamente com o avanço educacional, passando de 23,1% entre indivíduos sem instrução para 80,3% entre aqueles com ensino superior completo. Esse padrão se repete em todas as regiões, indicando que a educação é um fator central para a empregabilidade. Regionalmente, Sul e Centro-Oeste apresentam, em geral, as maiores taxas de ocupação nos níveis mais elevados de escolaridade, enquanto o Nordeste registra os menores valores em praticamente todas as categorias, evidenciando desigualdades estruturais. Além disso, mesmo nos níveis mais baixos de instrução, há variações relevantes entre regiões, reforçando a influência conjunta de fatores educacionais e regionais sobre a inserção no mercado de trabalho. Esses indicadores evidenciam a relevância da PNAD Contínua como base para análises relacionadas à dinâmica do mercado de trabalho no Brasil (IBGE, 2025a).

Figura 20 – Porcentagem da ocupação, por nível de escolaridade, no Brasil e Grandes Regiões - 4º trimestre



Fonte: Próprio autor

Para o estudo, a amostra foi restrita aos indivíduos ocupados no período de referência. A variável resposta correspondeu ao local de trabalho, originalmente composta por múltiplas categorias. Essas categorias foram recodificadas em duas classes: Teletrabalho e Trabalho presencial. A recodificação foi realizada com base em critérios semânticos alinhados à literatura sobre teletrabalho. Categorias consideradas ambíguas foram excluídas, com o objetivo de reduzir o ruído de classificação. Embora essa decisão tenha implicado redução no tamanho da amostra, contribuiu para maior consistência conceitual. As variáveis explicativas incluíram atributos numéricos e categóricos, resultando em uma estrutura de dados mista, característica comum em problemas de natureza socioeconômica.

4.2.2 Desempenho dos Modelos de *Machine Learning*

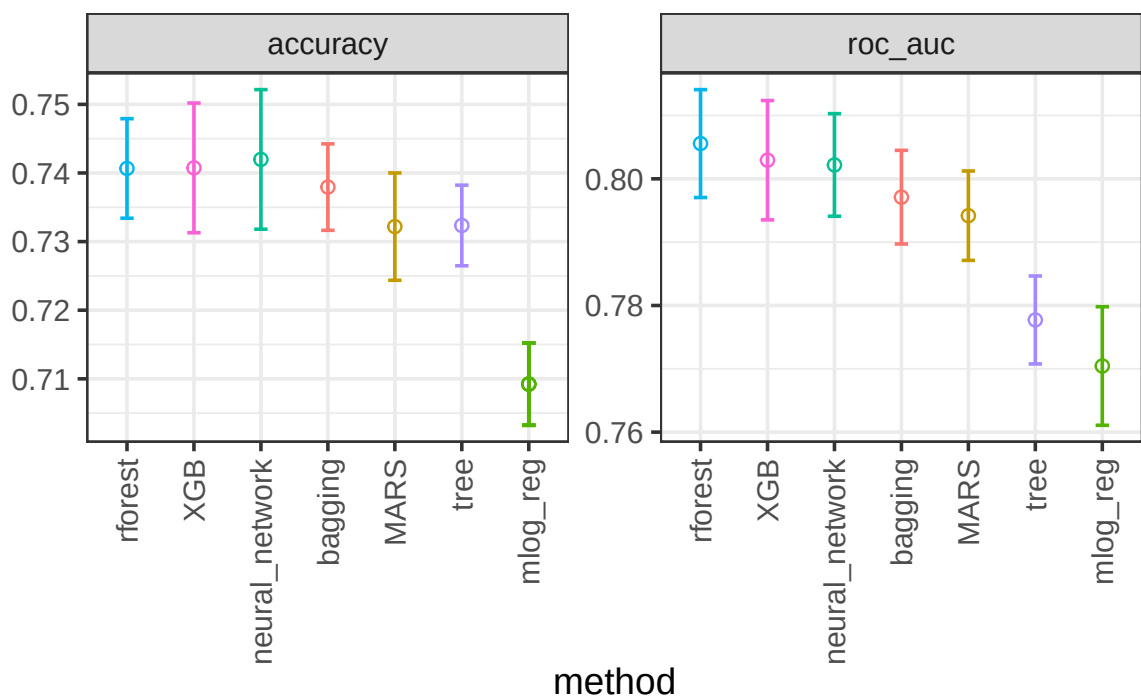
Após a conclusão das etapas de preparação e pré-processamento dos dados, foram realizadas as análises. Para avaliar o desempenho dos métodos de classificação ao longo dos períodos analisados, foram estimados intervalos de confiança para acurácia e AUC-ROC por meio de validação cruzada em cinco dobras (*five-fold cross-validation*). As Figuras 21–24 apresentam esses resultados para cada período, enquanto as Figuras 25–28 exibem os intervalos de confiança das métricas de precisão e *recall* dos métodos avaliados. De modo geral, a sobreposição dos intervalos de confiança entre todos os modelos e métricas analisados indica a ausência de evidências estatísticas de desempenho consistentemente

superior por parte de qualquer algoritmo ao longo dos períodos considerados. Em termos práticos, os modelos apresentam desempenho estatisticamente equivalente.

Diante desse cenário, a métrica AUC-ROC foi adotada como critério principal para a seleção dos modelos de *machine learning*, por proporcionar uma avaliação mais abrangente da capacidade discriminativa dos classificadores em comparação a medidas escalares, como acurácia, taxa de erro ou custo de erro. Ademais, ao dissociar o desempenho do classificador do desbalanceamento de classes e dos custos de classificação incorreta, a AUC-ROC apresenta vantagens em relação a outras métricas de avaliação, como as curvas precisão–recall e lift (FAWCETT, 2006).

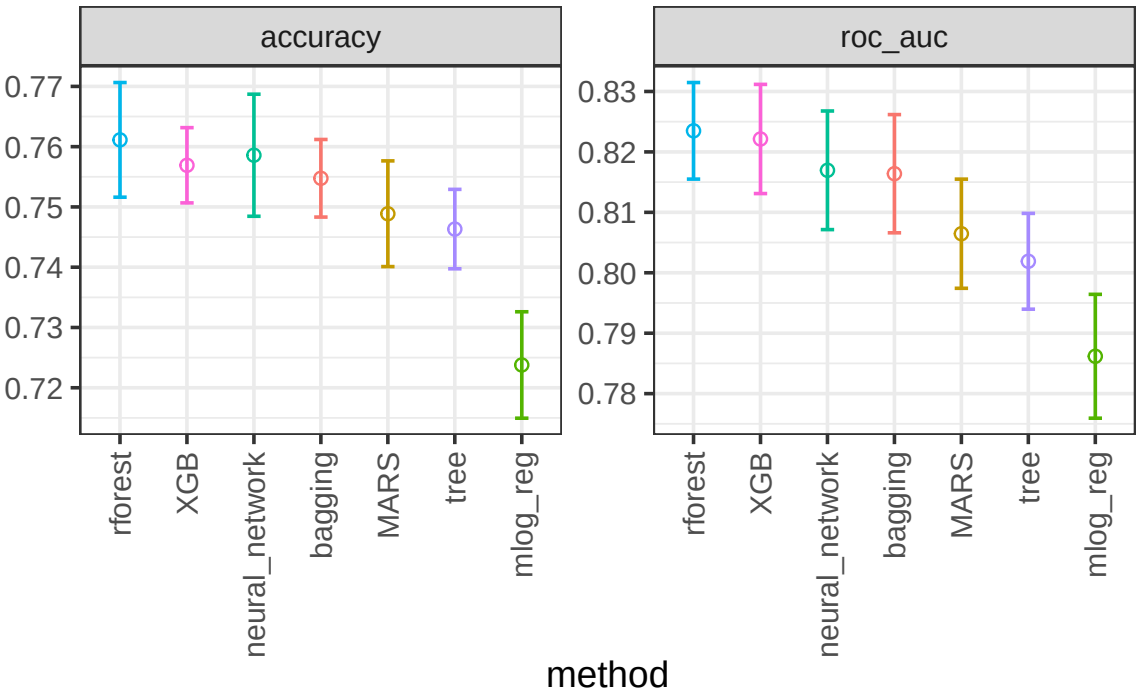
A métrica AUC-ROC avalia a capacidade discriminativa de modelos de classificação, representando a probabilidade de que uma observação positiva seja corretamente ranqueada acima de uma observação negativa, independentemente do limiar de decisão adotado (HOSMER; LEMESHOW; STURDIVANT, 2013). Valores próximos de 1 indicam excelente desempenho preditivo, enquanto valores próximos de 0,5 refletem desempenho equivalente ao acaso. No presente estudo, conforme apresentado na Tabela 14, todos os valores de AUC-ROC foram superiores a 0,80, indicando elevada capacidade dos modelos em distinguir entre trabalhadores remotos e presenciais. Esses resultados reforçam a adequação das abordagens de *machine learning* empregadas, bem como a relevância das variáveis utilizadas na modelagem do fenômeno do teletrabalho.

Figura 21 – Acurácia e AUC-ROC – Quarto trimestre de 2022.



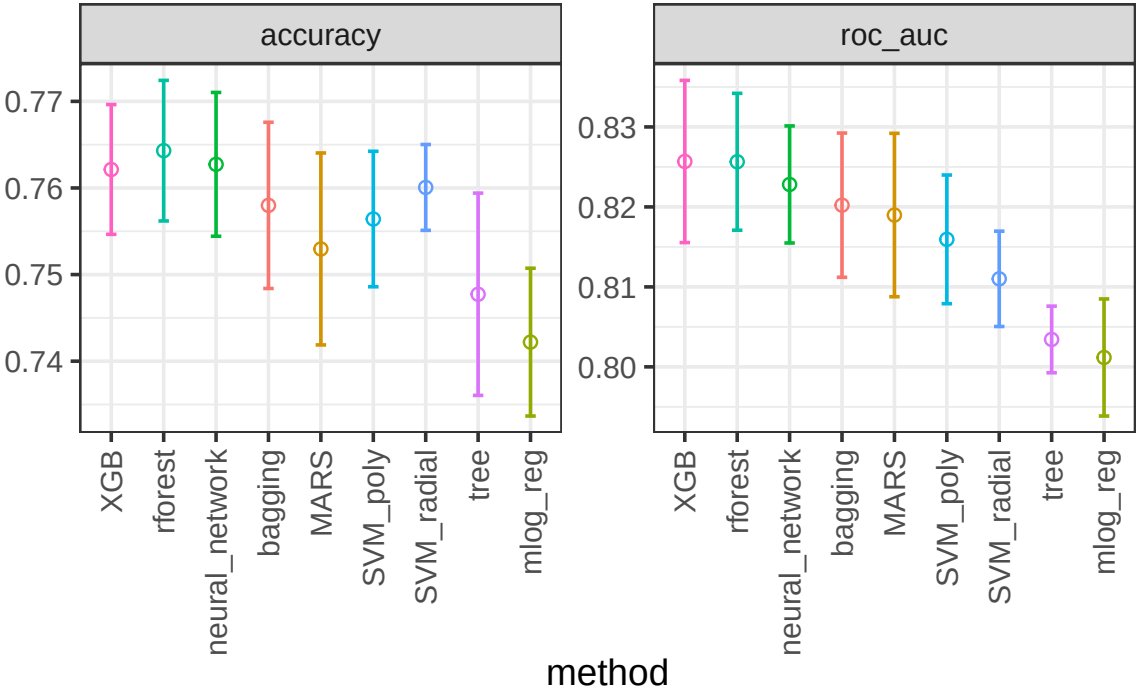
Fonte: Próprio autor

Figura 22 – Acurácia e AUC-ROC - Terceiro trimestre de 2023.



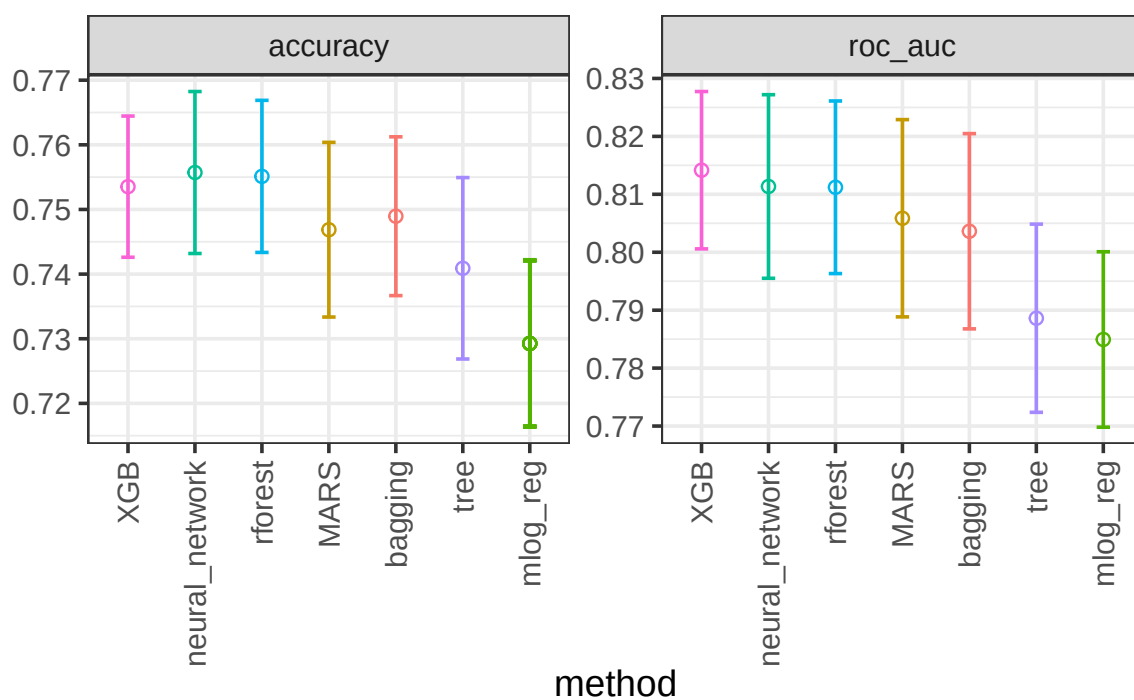
Fonte: Próprio autor

Figura 23 – Acurácia e AUC-ROC - Segundo trimestre de 2024.



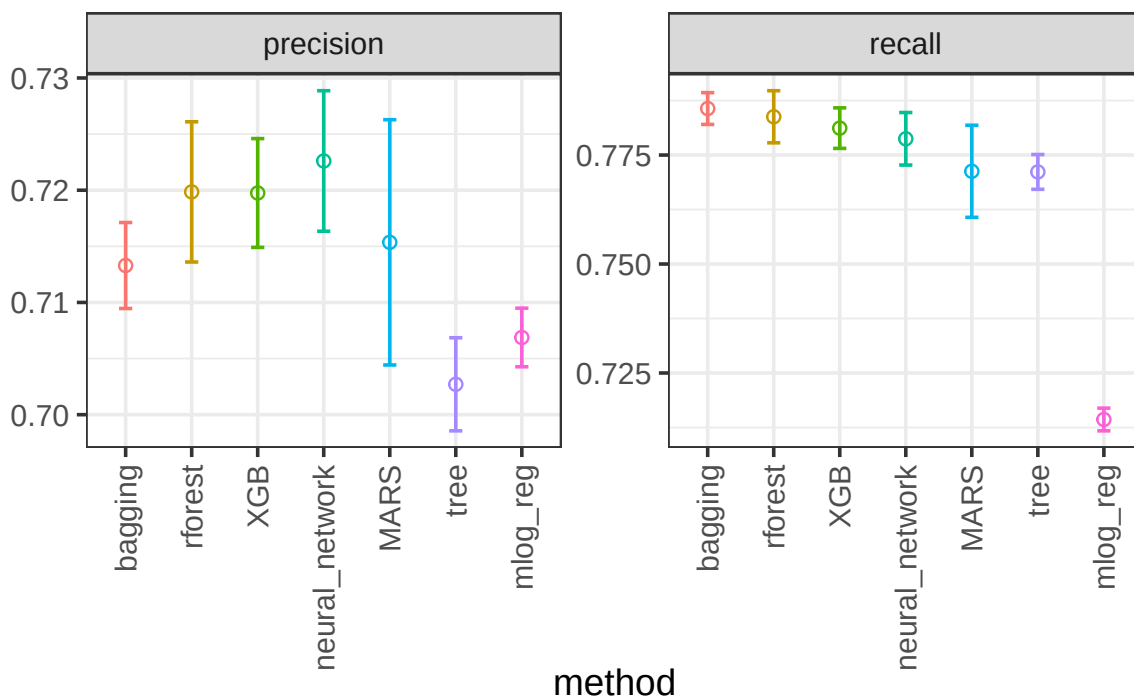
Fonte: Próprio autor

Figura 24 – Acurácia e AUC-ROC – Primeiro trimestre de 2025.



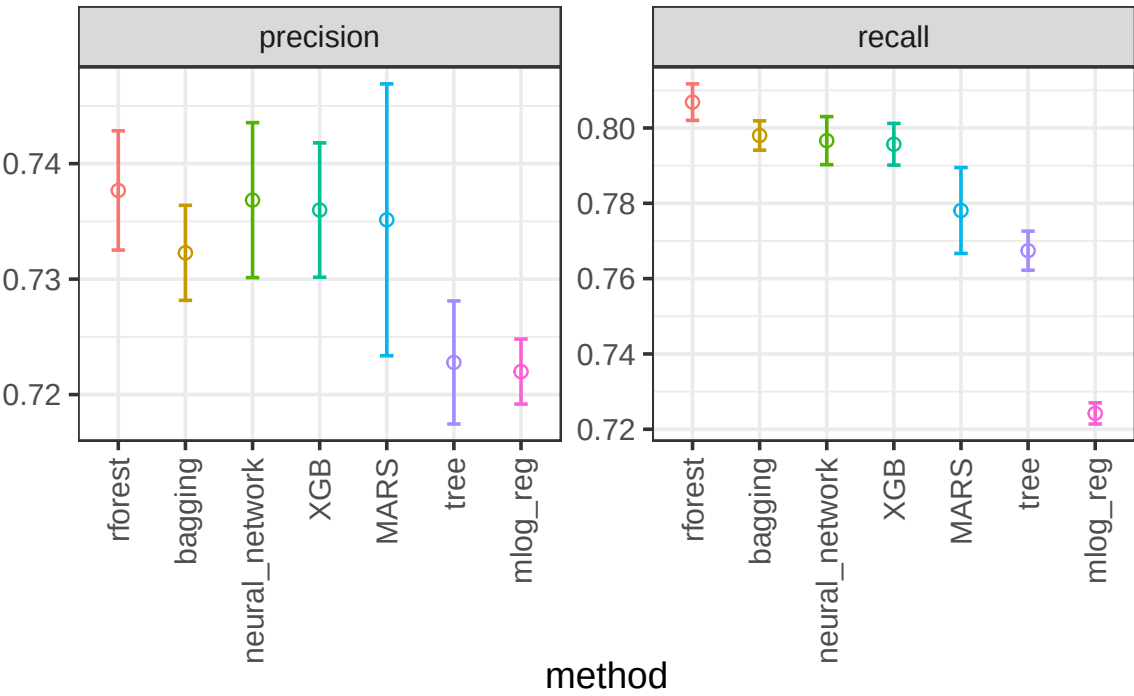
Fonte: Próprio autor

Figura 25 – Precisão e recall - Quarto trimestre de 2022.



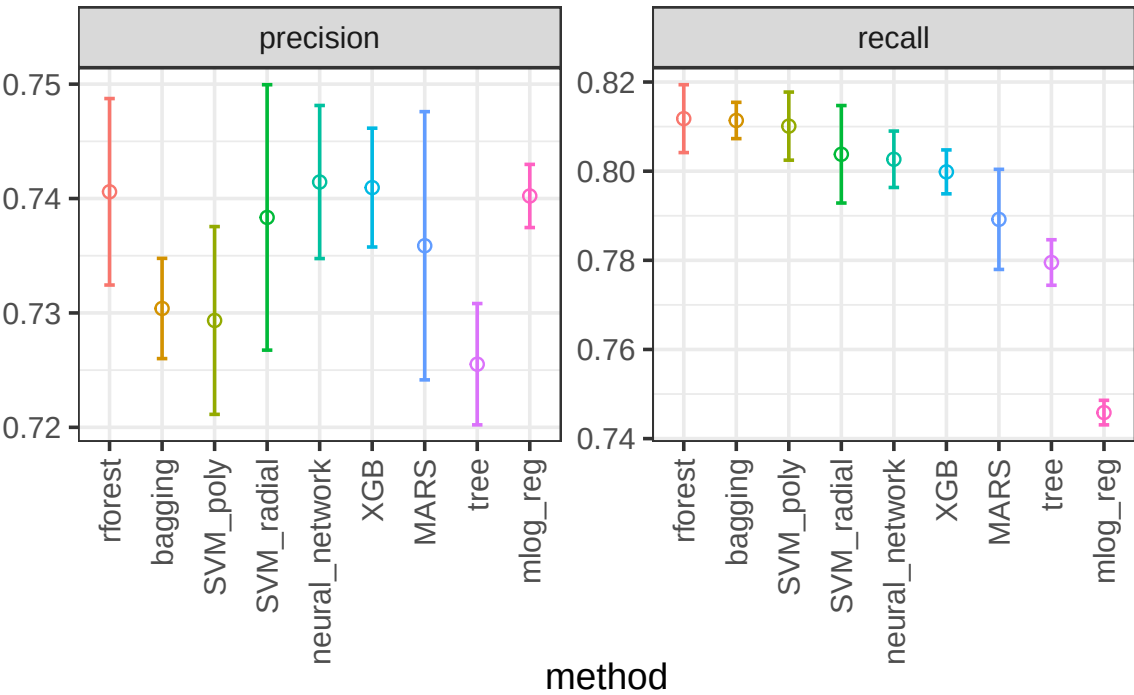
Fonte: Próprio autor

Figura 26 – Precisão e *recall* - Terceiro trimestre de 2023.



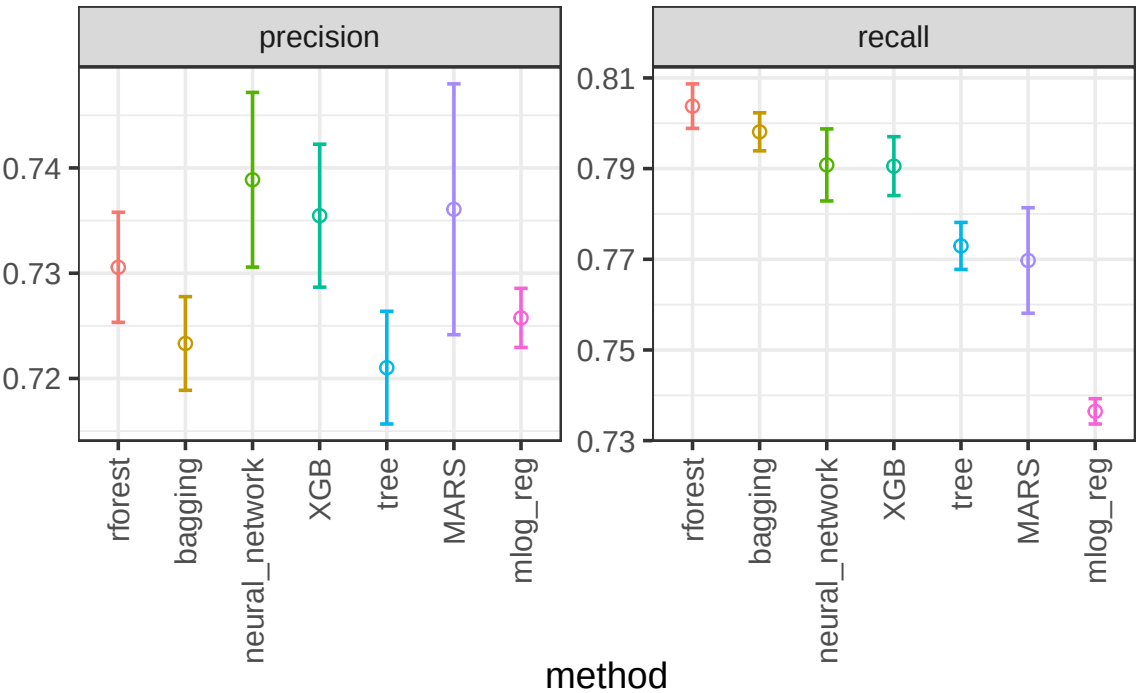
Fonte: Próprio autor

Figura 27 – Precisão e *recall* - Segundo trimestre de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 28 – Precisão e *recall* - Primeiro trimestre de 2025.



Fonte: Próprio autor

Tabela 14 – Desempenho dos melhores modelos por ano segundo a métrica ROC AUC.

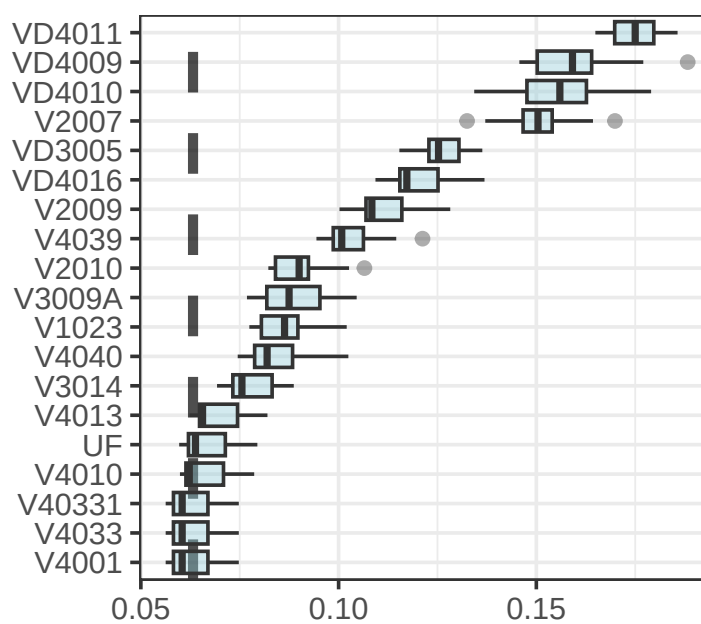
Ano	Modelo	ROC AUC
2025	XGBoost	0.8142
2024	XGBoost	0.8257
2023	Random Forest	0.8235
2022	Random Forest	0.8056

Fonte: Próprio autor

4.2.3 Análise de Importância das Variáveis

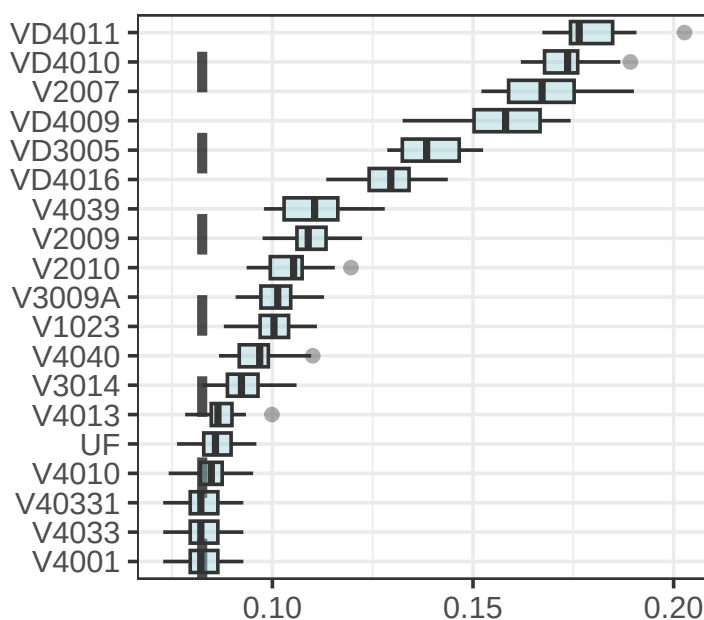
Na sequência, realizou-se a análise da importância das variáveis preditoras para cada período de estudo, considerando o modelo previamente selecionado, conforme apresentado nas Figuras 29–32. Os resultados indicam que o conjunto das oito variáveis mais relevantes manteve-se consistente ao longo do tempo, embora a ordenação de sua importância relativa tenha variado entre os períodos analisados. Esse padrão sugere estabilidade nos principais determinantes do teletrabalho, acompanhada de ajustes relativos na contribuição de cada variável em função de mudanças contextuais e temporais.

Figura 29 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo *Random Forest* — Quarto Trimestre de 2022. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.



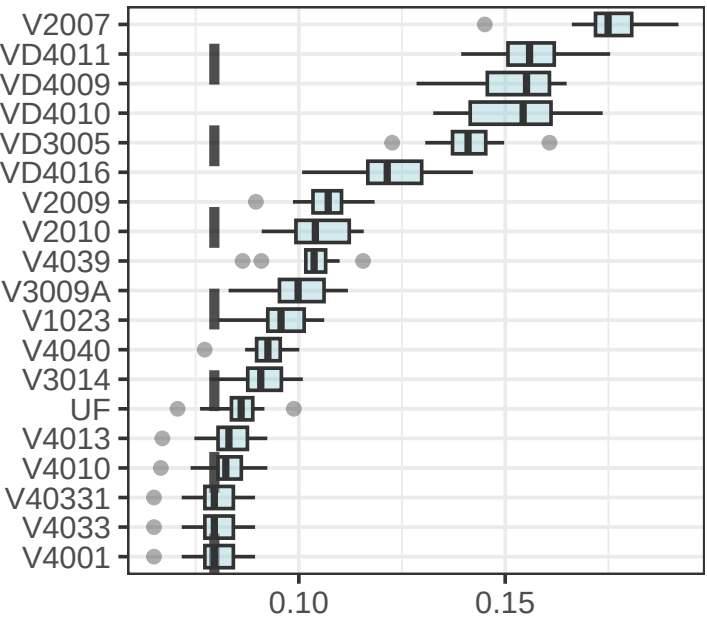
Fonte: Próprio autor

Figura 30 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo *Random Forest* — Terceiro Trimestre de 2023. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.



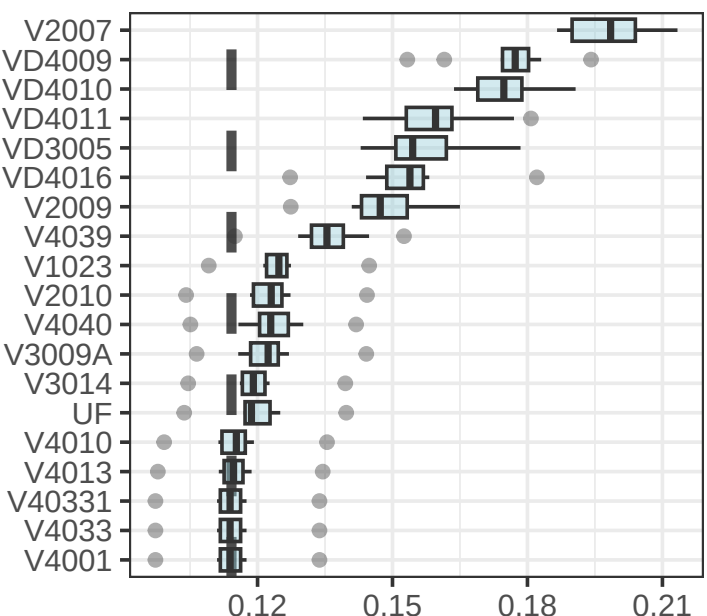
Fonte: Próprio autor

Figura 31 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo XGB — Segundo Trimestre de 2024. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.



Fonte: Próprio autor

Figura 32 – Gráfico de Importância das Variáveis (VIP) do modelo XGB — Primeiro Trimestre de 2025. Os códigos das variáveis correspondem às descrições apresentadas na Tabela 15.



Fonte: Próprio autor

A Tabela 15 apresenta as variáveis com maior contribuição para o desempenho preditivo dos algoritmos ao longo dos quatro períodos de análise, juntamente com suas

respectivas descrições. Essas variáveis abrangem dimensões sociodemográficas, ocupacionais, educacionais e econômicas, evidenciando a natureza multifatorial do teletrabalho.

Os resultados apresentados na Tabela 15 corroboram a literatura ao evidenciar que a realização do teletrabalho é fortemente condicionada por um conjunto de fatores socioeconômicos e estruturais do mercado de trabalho. Variáveis relacionadas à escolaridade (V3009A, V3014 e VD3005), renda (VD4016) e idade (V2009) figuram entre as mais relevantes, reforçando o perfil típico do teletrabalhador descrito por Vilhelmson e Thulin (2016), caracterizado por maior qualificação, renda elevada e posição ocupacional mais favorecida. Além disso, a presença de variáveis associadas à ocupação, setor de atividade e condição de emprego (VD4009, VD4010, VD4011 e V4013) confirma que a viabilidade do teletrabalho está diretamente relacionada ao conteúdo das atividades desempenhadas e ao grau de autonomia no trabalho, conforme evidenciado por Ogungbire e Mitra (2024). Em conjunto, esses resultados indicam que o teletrabalho permanece fortemente concentrado em ocupações intensivas em conhecimento e com maior flexibilidade organizacional.

Adicionalmente, a relevância de variáveis como tipo de área de residência (V1023) e unidade federativa (UF) sugere que fatores espaciais também desempenham papel importante na adoção do teletrabalho, refletindo desigualdades regionais e diferenças na estrutura produtiva e no acesso a oportunidades. Esse padrão está alinhado à literatura que aponta para a distribuição desigual do teletrabalho no território, frequentemente associada à concentração de empregos qualificados em áreas urbanas mais desenvolvidas (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021; TAO et al., 2024). Nesse contexto, observa-se que o teletrabalho não apenas reflete desigualdades pré-existent no mercado de trabalho, mas também pode reforçá-las, ao restringir seu acesso a grupos com maior capital humano e melhores condições ocupacionais. Por outro lado, para aqueles que conseguem adotá-lo, os benefícios associados, como maior flexibilidade na gestão do tempo, redução de deslocamentos e potencial melhoria na qualidade de vida, permanecem evidentes, ainda que coexistam com desafios relacionados ao isolamento social e à dinâmica organizacional (HE; HU, 2015; ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; SANTOS; NASCIMENTO; LIMA, 2025).

Essa evidência dialoga diretamente com a dinâmica do mercado de trabalho brasileiro previamente discutida, na qual a escolaridade se apresenta como um dos principais determinantes da inserção ocupacional. Observa-se que níveis mais elevados de instrução estão associados a maiores taxas de ocupação. Adicionalmente, as disparidades regionais observadas no mercado de trabalho ajudam a explicar a distribuição desigual do teletrabalho no território 20. Dessa forma, o teletrabalho insere-se em um contexto mais amplo de desigualdades estruturais, no qual fatores educacionais e regionais atuam de maneira conjunta, influenciando tanto a inserção no mercado quanto o acesso a formas mais flexíveis e qualificadas de trabalho.

A análise das Figuras 29–32 revela mudanças relevantes na hierarquia de impor-

tância das variáveis ao longo do tempo. Em 2022, as variáveis ocupacionais e setoriais (VD4011, VD4009 e VD4010) concentraram as maiores contribuições para o modelo, indicando a predominância das características do perfil profissional na explicação do teletrabalho. Em 2023, a variável relacionada ao sexo do respondente (V2007) passou a figurar entre os preditores mais influentes, em conjunto com características ocupacionais (VD4011 e VD4010). A partir de 2024, o gênero tornou-se a variável de maior importância, mantendo-se como o fator mais influente também em 2025, seguido por variáveis relacionadas à condição de ocupação e ao setor de atividade (VD4009, VD4010 e VD4011).

Esse padrão sugere uma mudança estrutural na dinâmica do teletrabalho, na qual fatores sociodemográficos passaram a exercer um papel mais decisivo do que apenas as características ocupacionais. Tal mudança aponta para potenciais desigualdades no acesso e na continuidade do teletrabalho entre homens e mulheres nos períodos mais recentes. Ainda assim, as características associadas ao tipo de ocupação continuam desempenhando um papel central na determinação da viabilidade do teletrabalho.

Os resultados observados nas Figuras 29–32 estão em consonância com a literatura ao evidenciar, em um primeiro momento, a centralidade das características ocupacionais na explicação do teletrabalho, especialmente em 2022, quando variáveis relacionadas ao tipo de ocupação e setor de atividade concentraram a maior importância no modelo. Esse padrão reflete a própria natureza do teletrabalho, cuja viabilidade depende fortemente do conteúdo das tarefas e do grau de autonomia associado às ocupações, sendo mais acessível a trabalhadores de setores intensivos em conhecimento e menos viável em atividades que exigem presença física (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022; KRASILNIKOVA; LEVIN-KEITEL, 2022; OGUNGBIRE; MITRA, 2024). No entanto, a partir de 2023, e de forma mais acentuada em 2024 e 2025, observa-se a ascensão da variável gênero como principal fator explicativo, indicando uma inflexão importante na dinâmica do teletrabalho.

Essa mudança sugere que, à medida que o teletrabalho se consolida, fatores sociodemográficos passam a desempenhar um papel mais relevante na sua adoção e manutenção, indo além das restrições puramente ocupacionais. Em particular, a maior importância do gênero pode estar associada às desigualdades estruturais na divisão do trabalho doméstico e nas responsabilidades familiares, que influenciam diretamente a escolha e a permanência no teletrabalho (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; O'KEEFE et al., 2016). Ademais, evidências apontam que mulheres apresentam padrões de mobilidade distintos e enfrentam maiores restrições relacionadas à segurança e à organização do tempo, o que pode tornar o teletrabalho simultaneamente uma oportunidade e uma necessidade (OLIVEIRA et al., 2022; MACEDO et al., 2022). Nesse contexto, os resultados indicam que o teletrabalho não apenas reflete a estrutura ocupacional do mercado de trabalho, mas também reproduz e potencialmente intensifica desigualdades de gênero e socioeconômicas já existentes, em linha com estudos que apontam para a distribuição desigual de seus benefícios

e oportunidades (REUSCHKE; EKINSMYTH, 2021; TAO et al., 2024).

4.2.4 Efeito das Variáveis Socioeconômicas sobre a Probabilidade de Teletrabalho

Para avaliar como a probabilidade de ocorrência do teletrabalho varia em função da interação entre duas ou mais variáveis, foram construídos gráficos de contorno. Esses gráficos representam a probabilidade predita de realização do teletrabalho, conforme estimada por um modelo multivariado, permitindo a análise conjunta dos efeitos das variáveis explicativas. As figuras correspondem a projeções bidimensionais da superfície de probabilidade em função de duas variáveis contínuas, possibilitando a visualização de como essa probabilidade se modifica ao longo de diferentes combinações desses fatores.

As linhas de contorno conectam pontos com igual probabilidade predita, enquanto as variações de intensidade destacam regiões de maior e menor propensão ao teletrabalho. Adicionalmente, a estratificação por categorias evidencia diferenças estruturais entre os grupos analisados, indicando que a relação entre as variáveis contínuas e a probabilidade de ocorrência do teletrabalho não é homogênea. Observam-se padrões distintos tanto na inclinação quanto na concentração das áreas de maior probabilidade, o que sugere a presença de heterogeneidade relevante entre os segmentos considerados (GARETH et al., 2013).

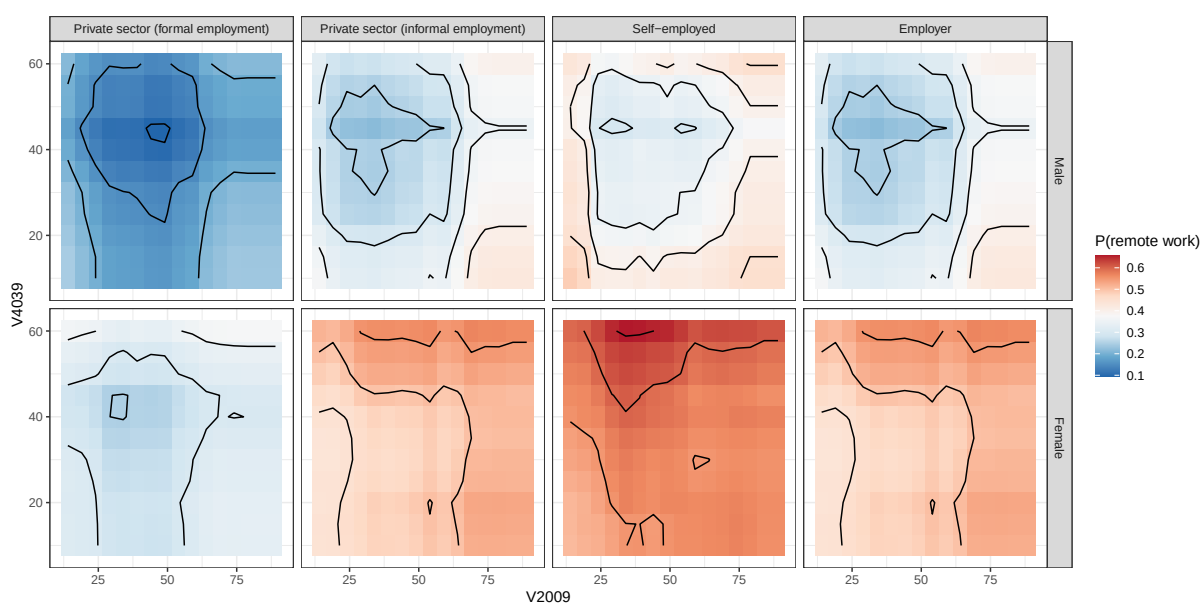
Tabela 15 – Principais variáveis na previsão do teletrabalho.

Código	Descrição da variável
UF	Unidade Federativa (estado)
V1023	Tipo de área de residência
V2007	Gênero
V2009	Idade do residente
V2010	Raça ou cor
V3009A	Maior nível de escolaridade anteriormente frequentado
V3014	Situação de conclusão do maior nível de escolaridade anteriormente frequentado
V4001	Participação em trabalho remunerado durante a semana de referência
V4013	Principal atividade econômica da empresa
V4033	Recebimento de rendimentos monetários ou retiradas do trabalho principal
V4039	Horas usuais trabalhadas por semana no trabalho principal
V4040	Tempo de serviço no trabalho atual
VD3005	Anos de escolaridade padronizados para o sistema de ensino fundamental de 9 anos
VD4009	Situação de emprego e categoria do trabalho principal
VD4010	Agrupamento da atividade principal da empresa no trabalho principal
VD4011	Agrupamento ocupacional do trabalho principal
VD4016	Rendimento mensal usual do trabalho principal

Fonte: Próprio autor

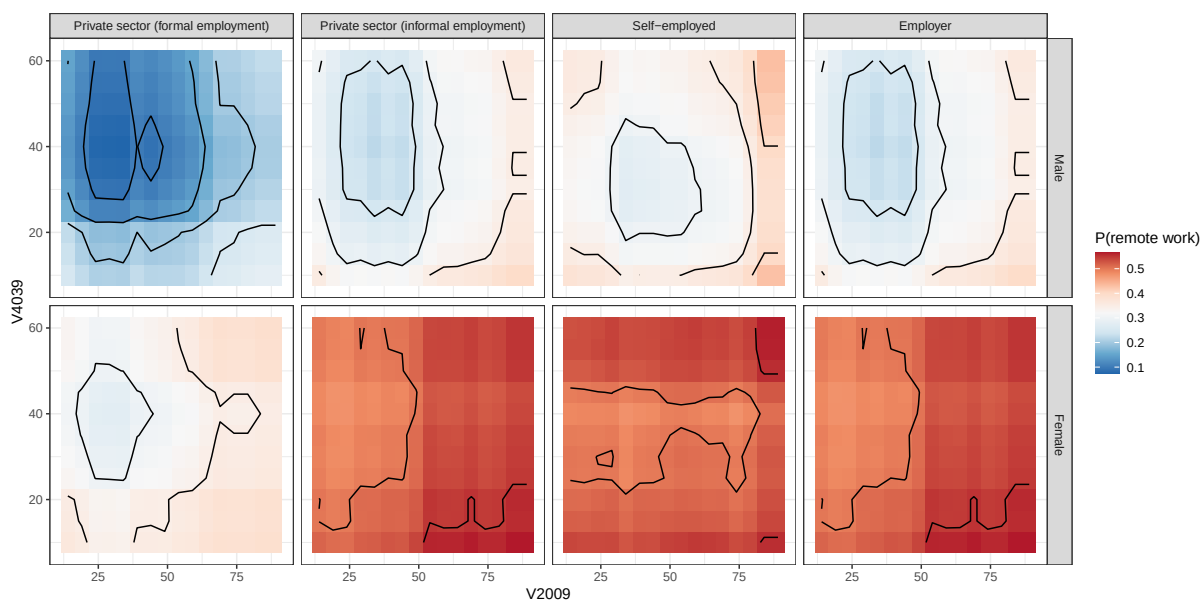
No cenário apresentado, idade (V2009), horas semanais trabalhadas (V4039), gênero e categoria ocupacional foram relacionadas à probabilidade estimada de engajamento no teletrabalho para cada período analisado, conforme apresentado nas Figuras 33–36. De modo geral, nos dois primeiros períodos de análise, ambos os sexos apresentaram maior concentração de indivíduos com alta probabilidade de teletrabalho em comparação aos períodos mais recentes. Contudo, os padrões associados à categoria ocupacional e à idade mantiveram-se consistentes ao longo do tempo, com menor probabilidade de teletrabalho entre indivíduos empregados no setor privado e entre trabalhadores mais jovens.

Figura 33 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Quarto Trimestre de 2022



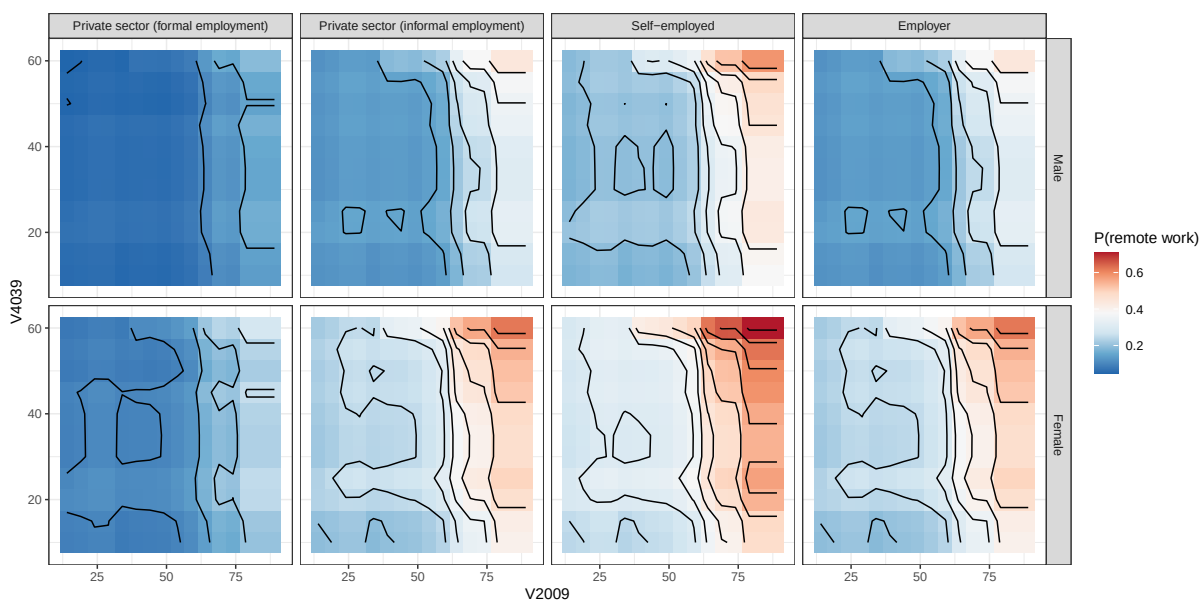
Fonte: Próprio autor

Figura 34 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Terceiro Trimestre de 2023.



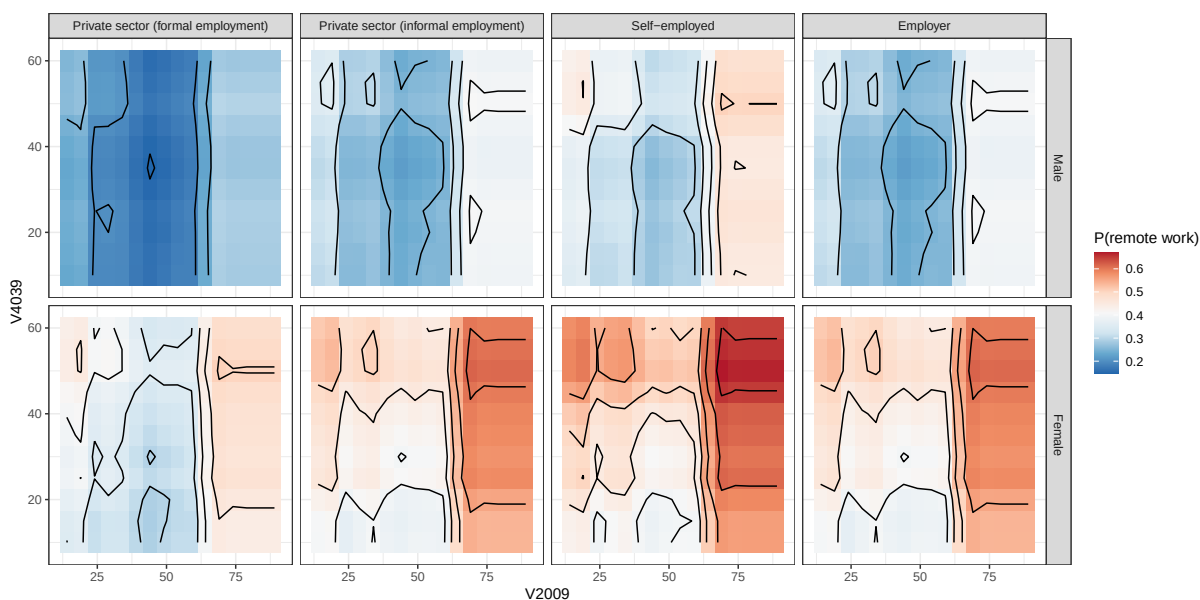
Fonte: Próprio autor

Figura 35 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Segundo Trimestre de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 36 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de V2009 e V4039, estratificados por V2007 e VD4009 — Primeiro Trimestre de 2025.



Fonte: Próprio autor

Com foco na análise mais recente, referente ao primeiro trimestre de 2025 (Figura 36), os resultados revelam um padrão consistente de maior propensão ao teletrabalho

entre as mulheres em praticamente todas as categorias ocupacionais, com destaque para os grupos de trabalhadores por conta própria e empregadores, para os quais a probabilidade estimada atinge os valores mais elevados. Esses achados estão em consonância com a literatura atual, que indica que, diante da necessidade de conciliar a vida profissional e pessoal, as mulheres tendem a optar pelo teletrabalho quando essa alternativa está disponível. A presença de filhos configura-se como um fator relevante nessa decisão, uma vez que possibilita maior permanência no domicílio e facilita o equilíbrio entre responsabilidades familiares e laborais (ASGARI; JIN; MOHSENI, 2014; MAIRINQUE; PEREIRA; LIMA, 2026). Entretanto, evidências também apontam que, para algumas mulheres, o teletrabalho tem resultado em aumento da carga de trabalho doméstico (XIANG, 2022), evidenciando as implicações de gênero associadas à adoção desse arranjo de trabalho.

Esses achados são corroborados por estatísticas nacionais: embora as mulheres representassem 51,8% da população em idade de trabalhar no 3º trimestre de 2025, os homens predominavam entre os ocupados, com uma taxa de ocupação de 69,0%, em comparação a 49,2% para as mulheres, as quais, por sua vez, correspondiam a 54,1% da população desocupada (IBGE, 2025c). Esses resultados sugerem que, embora o teletrabalho proporcione maior flexibilidade, ele também reflete desigualdades estruturais de gênero: muitas mulheres conseguem participar do mercado de trabalho apenas por meio do teletrabalho, em função das responsabilidades domésticas, o que contribui para explicar por que, apesar de constituírem a maioria da população em idade ativa, sua taxa de ocupação permanece inferior.

A idade apresenta um efeito não linear para ambos os sexos: a probabilidade de teletrabalho tende a aumentar nos grupos etários intermediários e mais elevados, especialmente quando combinada a menores jornadas semanais de trabalho. Esse padrão sugere que o teletrabalho é mais prevalente em perfis ocupacionais caracterizados por maior autonomia e senioridade.

Esse resultado é consistente com a literatura, que caracteriza o teletrabalhador típico como um indivíduo com maior nível de escolaridade, renda mais elevada, status ocupacional superior e, em geral, pertencente a faixas etárias intermediárias (VILHELMSON; THULIN, 2016; MAIRINQUE; PEREIRA; LIMA, 2026). Evidências mais recentes, baseadas em abordagens de inteligência artificial explicável, reforçam esse padrão ao indicar que a adoção do teletrabalho está fortemente associada a ocupações mais qualificadas, maior autonomia e arranjos de trabalho mais flexíveis, evidenciando o papel da estrutura ocupacional e da segmentação do mercado de trabalho na conformação do acesso a essa modalidade (OGUNGBIRE; MITRA, 2024).

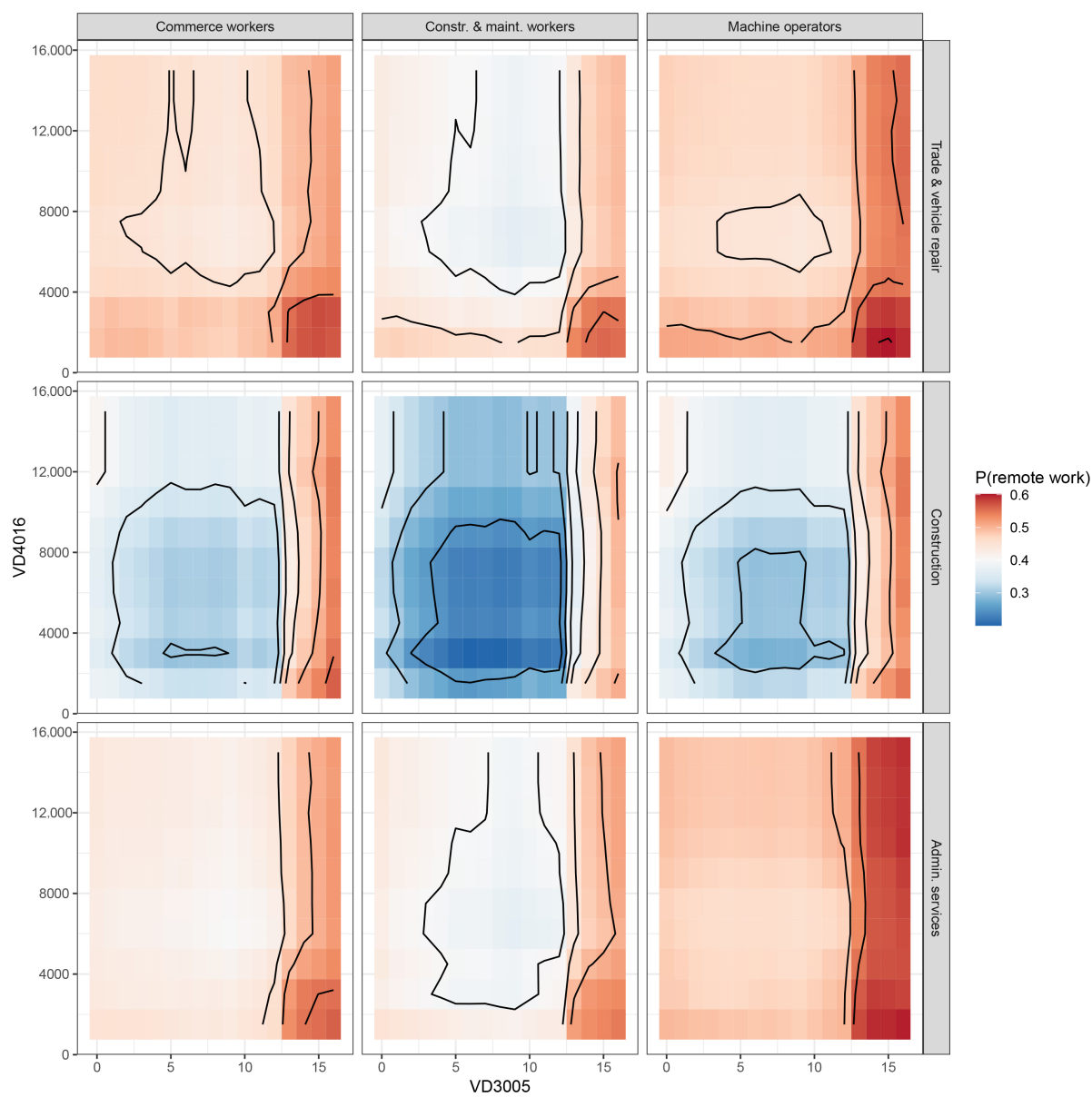
Nesse contexto, Reuschke e Ekinsmyth (2021) argumentam que tais padrões tendem a intensificar desigualdades socioespaciais, uma vez que trabalhadores em ocupações de menor qualificação dispõem de menos oportunidades de engajamento no teletrabalho,

reforçando divisões ocupacionais e sociais no espaço urbano.

A probabilidade de trabalho remoto também foi analisada por meio de gráficos de contorno em função do rendimento mensal habitual do trabalho principal (VD4016) e dos anos de estudo (VD3005), considerando adicionalmente as diferenças entre agrupamentos da atividade econômica principal do empreendimento (VD4010) e os agrupamentos ocupacionais do trabalho principal (VD4011), conforme apresentado nas Figuras 37–40.

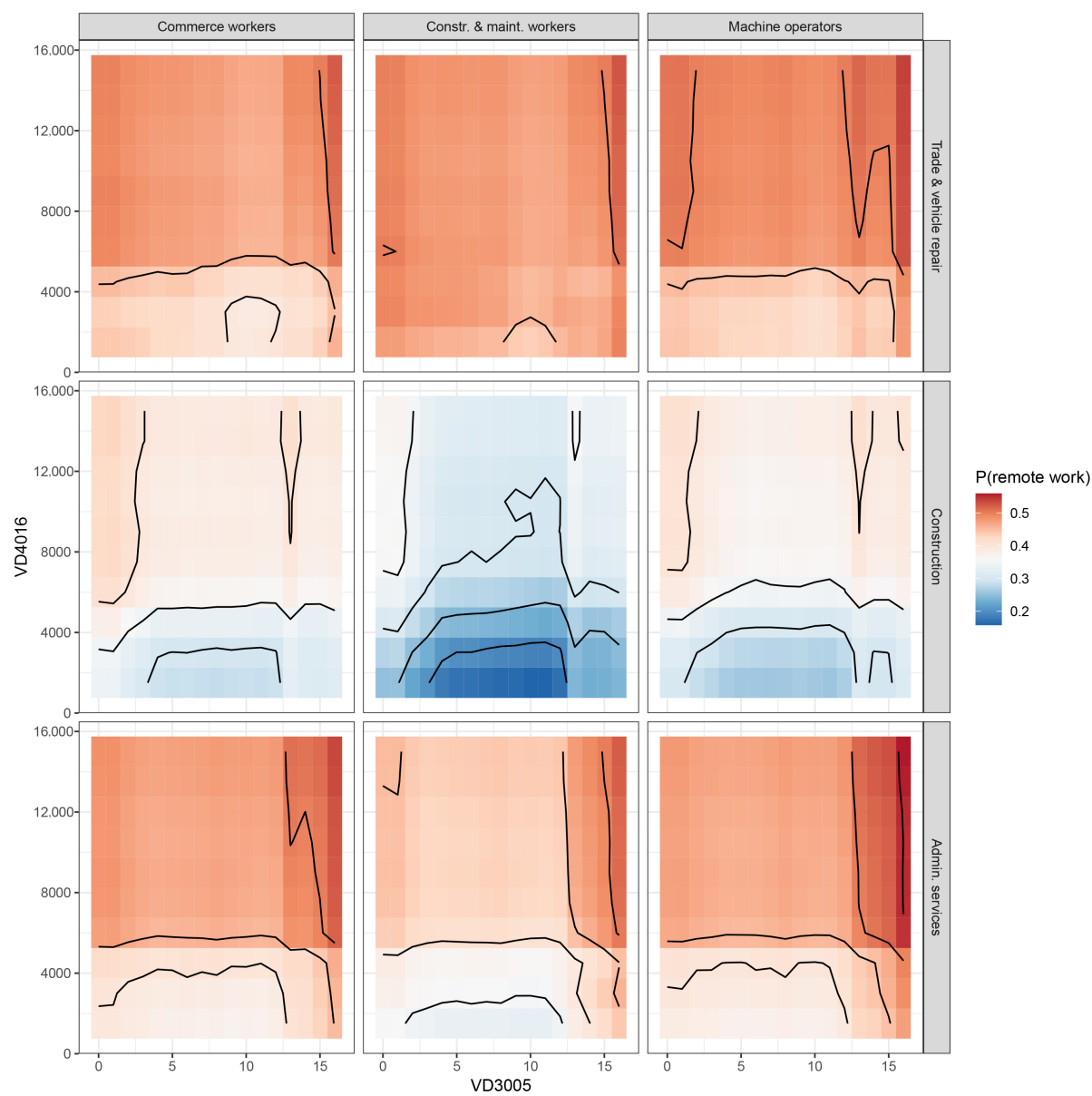
A análise dos gráficos de contorno indica uma associação positiva entre o rendimento mensal habitual do trabalho principal (VD4016) e os anos de estudo (VD3005) com a probabilidade estimada de trabalho remoto. Em todas as especificações, observa-se um gradiente sistemático, no qual indivíduos situados em estratos mais elevados de renda e escolaridade apresentam probabilidades substancialmente maiores de engajamento no teletrabalho. Evidencia-se também uma interação positiva entre essas duas variáveis, uma vez que aumentos na escolaridade ampliam o efeito marginal da renda e vice-versa, indicando complementaridade entre capital humano e posição econômica na determinação da viabilidade do teletrabalho.

Figura 37 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Quarto Trimestre de 2022.



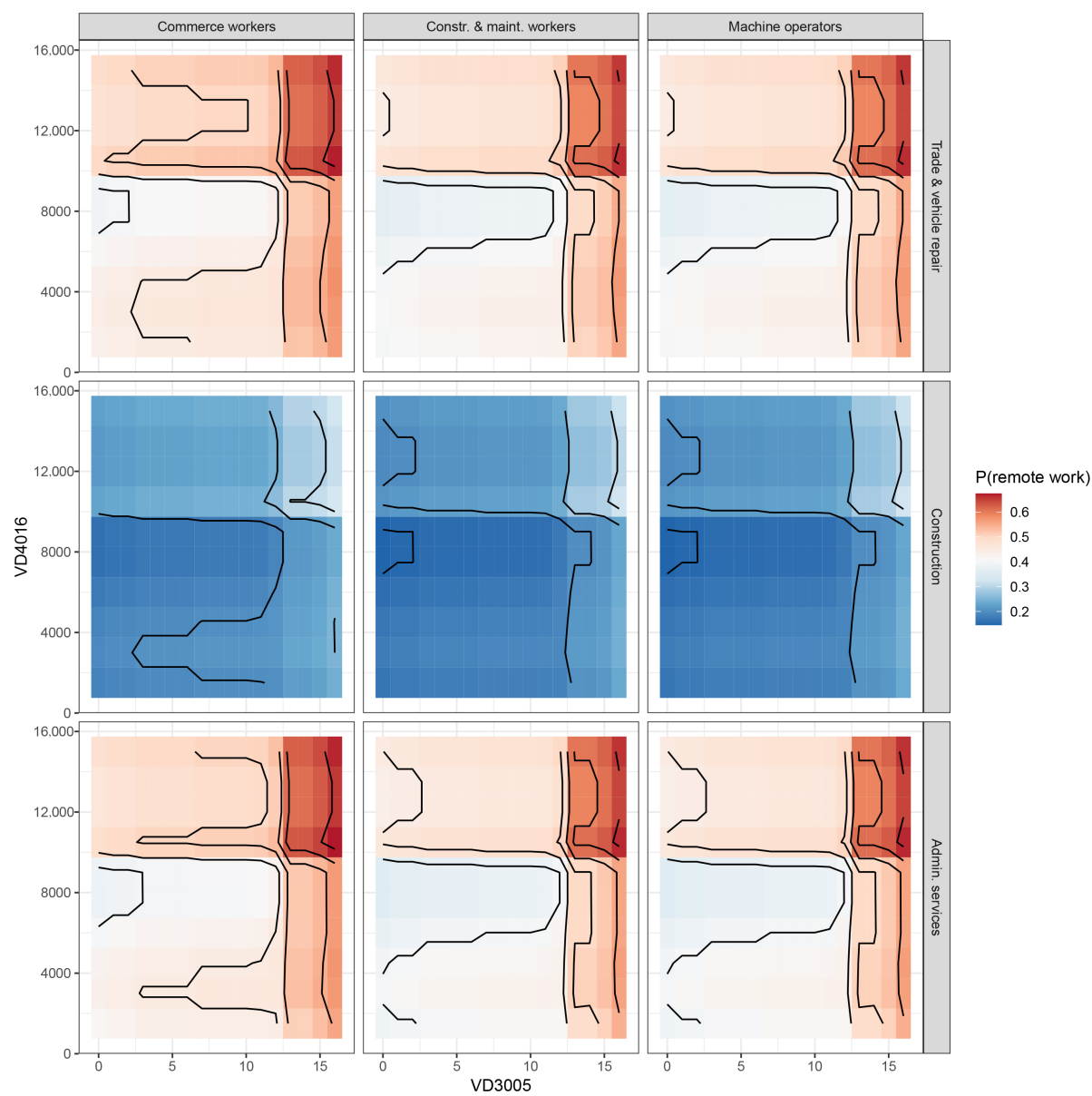
Fonte: Próprio autor

Figura 38 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Terceiro Trimestre de 2023.



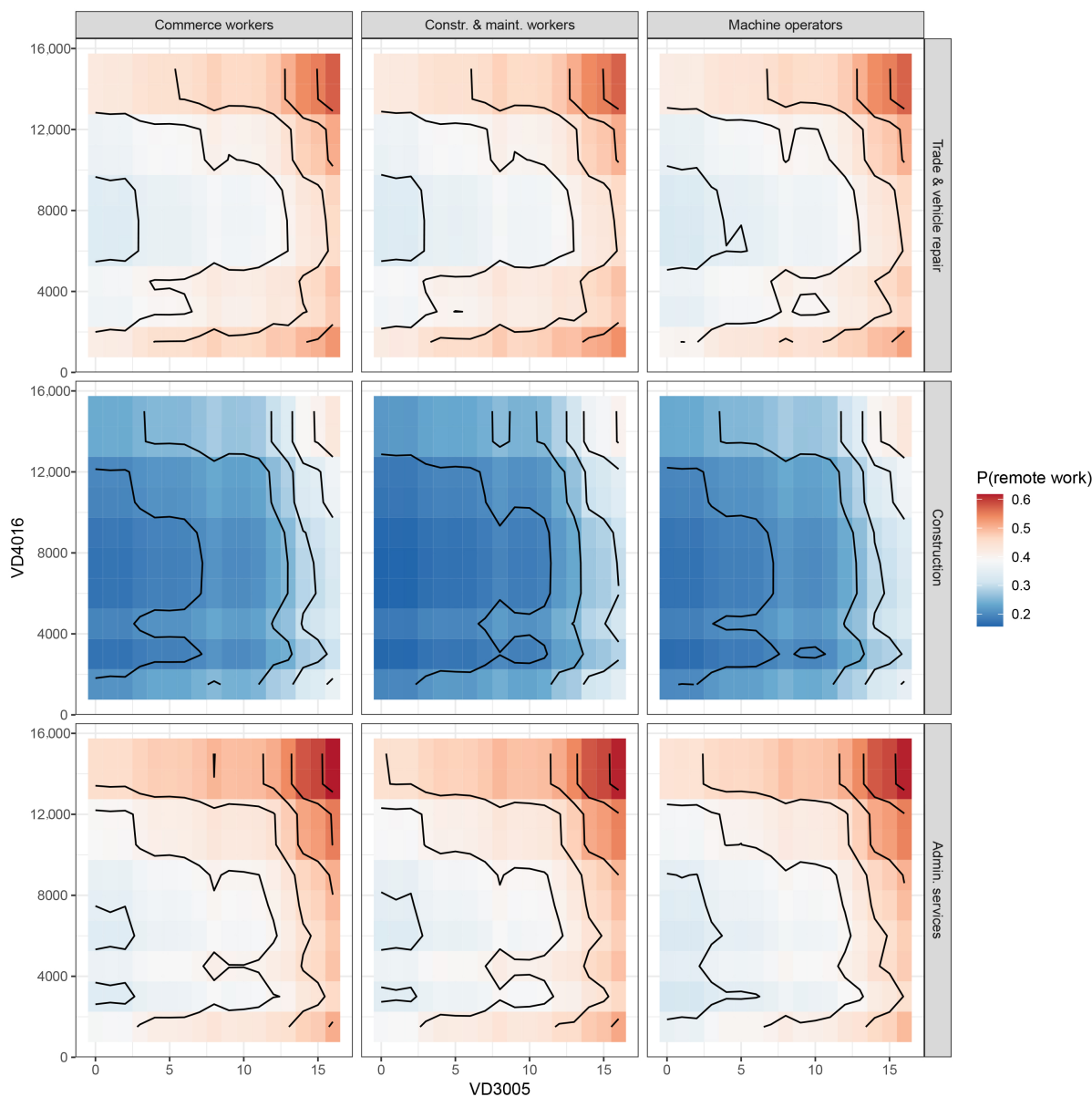
Fonte: Próprio autor

Figura 39 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Segundo Trimestre de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 40 – Gráficos de contorno da probabilidade prevista de teletrabalho em função de VD4016 e VD3005, estratificados por VD4010 e VD4011 — Primeiro Trimestre de 2025.



Fonte: Próprio autor

Entretanto, os efeitos positivos da renda (VD4016) e da escolaridade (VD3005) sobre a probabilidade de trabalho remoto apresentam heterogeneidade ao longo do mercado de trabalho, variando de acordo com os agrupamentos da atividade econômica principal do empreendimento (VD4010) e os agrupamentos ocupacionais do trabalho principal (VD4011). Os gráficos de contorno evidenciam que setores caracterizados por maiores níveis de organização administrativa e uso intensivo de tecnologias da informação e comunicação, como os serviços administrativos, apresentam níveis mais elevados de probabilidade e gradientes mais acentuados em relação às características individuais.

Em contraste, atividades como construção, manutenção e comércio permanecem concentradas em regiões de baixa probabilidade, mesmo entre indivíduos com níveis elevados de renda e escolaridade, evidenciando restrições estruturais à adoção do teletrabalho. Esses padrões são ainda reforçados por disparidades regionais no nível educacional no Brasil que, dada a relação positiva entre escolaridade e probabilidade de teletrabalho, contribuem para a configuração da distribuição espacial dessas oportunidades. No terceiro trimestre de 2025, aproximadamente 68,8% dos indivíduos ocupados no país possuíam ao menos o ensino médio completo, enquanto 24,7% detinham nível superior completo.

Entretanto, esses valores agregados ocultam significativa heterogeneidade regional. Nas regiões Norte e Nordeste, a proporção de trabalhadores sem ensino fundamental completo atingiu, respectivamente, 23,1% e 24,5%, superando os níveis observados nas demais regiões. Em contraste, as regiões Sudeste e Sul concentraram as maiores proporções de indivíduos com pelo menos o ensino médio completo, correspondendo a 73,0% e 68,8%, respectivamente. Ademais, o Sudeste destacou-se como a região com a maior participação de trabalhadores com ensino superior completo, alcançando 27,8%.

Considerando que setores intensivos em teletrabalho demandam níveis mais elevados de escolaridade e competências digitais, essas assimetrias educacionais regionais interagem com a especialização setorial, ampliando a difusão desigual do teletrabalho no território brasileiro, particularmente em detrimento de regiões menos escolarizadas e estruturalmente periféricas (IBGE, 2025c).

Esse padrão é consistente com a literatura, que enfatiza o papel central da natureza das atividades produtivas e do conteúdo das tarefas ocupacionais na determinação da viabilidade do teletrabalho. Em setores e ocupações que demandam presença física e interação direta, como transporte e construção, os gradientes associados à renda e à escolaridade permanecem relativamente planos, refletindo retornos marginais reduzidos desses atributos.

Por outro lado, em agrupamentos ocupacionais vinculados a atividades de escritório e intensivas em conhecimento, como aquelas desempenhadas por cientistas, engenheiros e profissionais administrativos, observam-se gradientes positivos mais acentuados, nos quais aumentos na escolaridade e na renda se traduzem em elevações substanciais na probabilidade de teletrabalho.

De modo geral, esses resultados reforçam a interpretação de que, embora atributos individuais ampliem o acesso ao teletrabalho, sua efetividade é fundamentalmente condicionada por fatores estruturais de natureza setorial e ocupacional, conforme documentado na literatura (ADOBATI; DEBERNARDI, 2022; KRASILNIKOVA; LEVIN-KEITEL, 2022; MAGNUS; GLACKIN; HOPKINS, 2022).

Nesse sentido, ao se considerarem os fatores estruturais, os resultados também

reforçam uma reflexão crítica acerca de quem é efetivamente incluído na expansão do teletrabalho e de quem permanece excluído em função das desigualdades digitais. Assim, o acesso ao teletrabalho não é determinado apenas por características setoriais e ocupacionais, mas também por dimensões mais amplas de desigualdade digital.

Indivíduos em situações de vulnerabilidade, caracterizados por recursos financeiros limitados, baixo letramento digital, redes de apoio fragilizadas ou barreiras psicológicas persistentes, enfrentam desvantagens cumulativas que restringem sua capacidade de se beneficiar das oportunidades de teletrabalho, mesmo quando suas ocupações são, em princípio, compatíveis com modalidades remotas (KOLOTOUCHKINA; GONZÁLEZ; BELABAS, 2024).

Nesse contexto, o teletrabalho deve ser compreendido não apenas como um arranjo do mercado de trabalho, mas como um fenômeno inserido na governança mais ampla dos ambientes digitais, na qual o compromisso institucional com padrões de acessibilidade, comunicação inclusiva e inovação centrada no cidadão torna-se central para evitar a reprodução de desigualdades sociais e espaciais já existentes.

Esses resultados reforçam a interpretação de que o teletrabalho no Brasil não depende exclusivamente de características individuais, sendo fortemente condicionado pela estrutura ocupacional e pelas desigualdades de gênero. A maior probabilidade observada entre mulheres em posições de maior autonomia sugere que o teletrabalho pode, simultaneamente, ampliar oportunidades de flexibilidade e reproduzir desigualdades, na medida em que permanece restrito a grupos com maior controle sobre a organização do trabalho. Dessa forma, o padrão observado evidencia o caráter seletivo e estratificado do teletrabalho, em consonância com evidências de que fatores sociodemográficos e ocupacionais atuam conjuntamente na determinação do acesso a essa modalidade de trabalho.

5 Conclusões

Este trabalho alcançou seu objetivo geral ao analisar o teletrabalho de forma integrada, considerando sua relação com fatores socioeconômicos, mobilidade urbana, e aspectos ambientais, bem como sua dinâmica temporal no contexto brasileiro. Para isso, foram adotadas duas etapas complementares: (i) a construção e validação de um modelo conceitual, com base em revisão sistemática da literatura e análise de dados de questionário; e (ii) a aplicação de técnicas de *machine learning* a dados representativos em nível nacional no período de 2022 a 2025.

No que se refere à primeira etapa da pesquisa, conclui-se que o objetivo específico de desenvolver e validar um modelo conceitual que represente as relações entre o teletrabalho e variáveis socioeconômicas, de transporte e ambientais foi plenamente atingido. A revisão sistemática da literatura permitiu consolidar o estado da arte sobre o tema, evidenciando que o avanço das tecnologias de informação e comunicação redefine a organização das atividades no tempo e no espaço, tornando os padrões de deslocamento mais flexíveis, heterogêneos e orientados por necessidades individuais. Além disso, foram identificadas evidências consistentes de que o teletrabalho pode contribuir para a promoção de uma mobilidade urbana mais sustentável, tanto pela redução da necessidade de deslocamentos quanto pelo incentivo ao uso de modos ativos de transporte.

Por outro lado, os resultados também indicam que os efeitos do teletrabalho sobre o espaço urbano são complexos e, por vezes, ambíguos, podendo induzir processos de dispersão urbana e reconfigurar dinâmicas territoriais mais amplas. Observou-se, ainda, que sua adoção apresenta caráter seletivo, estando associada a características socioeconômicas específicas, como maior nível educacional, renda elevada e inserção em determinados setores econômicos.

A validação do modelo conceitual confirmou a influência significativa do teletrabalho sobre hábitos individuais, mobilidade e tempo de deslocamento. Verificou-se a predominância do automóvel em todos os regimes de trabalho, bem como diferenças relevantes no tempo de deslocamento, que se mostra menor e menos variável no teletrabalho e mais heterogêneo no regime híbrido. Em conjunto, esses achados evidenciam que, embora o teletrabalho contribua para a redução dos deslocamentos pendulares, seus impactos sobre a mobilidade e o uso do espaço urbano são não lineares e mediados por fatores socioeconômicos, comportamentais e territoriais, reforçando a consistência e a validade do modelo conceitual proposto.

Na segunda etapa, a análise baseada em técnicas de *machine learning* permitiu aprofundar a compreensão dos determinantes do teletrabalho no Brasil, evidenciando

tanto a persistência de padrões estruturais quanto a ocorrência de mudanças relevantes ao longo do tempo. Conclui-se que o segundo e o terceiro objetivos específicos, aplicar e comparar diferentes modelos de *machine learning* para identificar os determinantes do teletrabalho a partir de dados representativos em nível nacional, bem como avaliar o desempenho preditivo dos modelos ao longo do tempo, foram atingidos. Os resultados evidenciam elevado desempenho preditivo dos modelos avaliados, com valores de AUC-ROC superiores a 0,80 em todos os períodos analisados, o que indica alta capacidade discriminatória dos algoritmos. Nesse contexto, o *Random Forest* apresentou melhor desempenho nos anos de 2022 e 2023, ao passo que o *XGBoost* se destacou como o modelo com melhor desempenho nos anos de 2024 e 2025. Adicionalmente, a sobreposição dos intervalos de confiança das métricas de avaliação ao longo dos anos evidencia desempenho estatisticamente equivalente entre os modelos, sem indícios de superioridade consistente de qualquer algoritmo ao longo do tempo. Esses achados reforçam a importância da adoção de abordagens dinâmicas e contínuas na seleção e avaliação de modelos preditivos.

No que se refere aos fatores explicativos, conclui-se que o quarto objetivo específico, analisar a estabilidade e a variação da importância das variáveis explicativas ao longo do período estudado, com vistas à identificação de possíveis mudanças nos padrões de influência, foi atingido. Observou-se elevada estabilidade no conjunto das principais variáveis associadas ao teletrabalho, com a presença consistente das oito variáveis mais relevantes em todos os períodos analisados. Destacam-se, entre essas variáveis, escolaridade, renda, idade e características ocupacionais, corroborando a literatura ao evidenciar que o teletrabalho está predominantemente associado a ocupações que demandam maior qualificação, autonomia e uso intensivo de tecnologias. Adicionalmente, os resultados indicam uma associação positiva entre renda e escolaridade com a probabilidade de adoção do teletrabalho, bem como uma interação complementar entre essas variáveis, na qual aumentos na escolaridade potencializam o efeito da renda, assim como aumentos na renda potencializam o efeito da escolaridade.

No que se refere à evolução do teletrabalho no período analisado, conclui-se que o quinto objetivo específico, examinar a evolução do teletrabalho no Brasil entre 2022 e 2025, considerando mudanças nos fatores associados à sua adoção, foi atingido. Observou-se que, embora haja estabilidade no conjunto das principais variáveis explicativas, ocorreram mudanças na sua importância relativa ao longo do tempo, especialmente no que se refere ao aumento da relevância de fatores sociodemográficos, como o gênero. A partir de 2024, essa variável passou a ocupar a posição de maior importância nos modelos, mantendo-se como o fator mais influente em 2025. Tal evidência aponta para uma reconfiguração dos determinantes do teletrabalho, na qual dimensões sociais passam a desempenhar papel mais central. Adicionalmente, os resultados indicam maior probabilidade de teletrabalho entre mulheres, especialmente em ocupações com maior autonomia, como o trabalho por conta própria e posições de empregador.

Outros padrões relevantes reforçam essa dinâmica ao longo do tempo. Observa-se um efeito não linear da idade, com maior probabilidade de teletrabalho entre indivíduos em faixas etárias intermediárias e mais elevadas, especialmente quando combinada a menores jornadas semanais de trabalho. Além disso, persistem diferenças estruturais entre setores econômicos: atividades que demandam presença física, como construção, manutenção e comércio, apresentam baixa probabilidade de teletrabalho, mesmo entre indivíduos com níveis elevados de renda e escolaridade, evidenciando limitações estruturais à adoção dessa modalidade.

Essas evidências reforçam a interpretação de que o teletrabalho não constitui apenas um fenômeno tecnológico ou organizacional, mas está profundamente inserido em estruturas sociais e econômicas mais amplas. Em particular, os resultados apontam para a persistência, e potencial intensificação, de desigualdades socioeconômicas e socioespaciais, uma vez que o acesso ao teletrabalho permanece concentrado em grupos com maior capital humano, melhores condições econômicas e inserção em setores mais favoráveis. Adicionalmente, a crescente relevância de fatores de gênero evidencia a necessidade de compreender o teletrabalho à luz das desigualdades na divisão do trabalho doméstico e das responsabilidades familiares.

Do ponto de vista das implicações práticas, os achados desta tese indicam que políticas públicas voltadas à promoção do teletrabalho devem ir além da simples ampliação de sua adoção, incorporando estratégias voltadas à redução de desigualdades estruturais. Isso inclui o fortalecimento de políticas de educação e qualificação profissional, a promoção da inclusão digital e o desenvolvimento de medidas que contribuam para a redução de desigualdades de gênero no mercado de trabalho. No contexto brasileiro, marcado por fortes disparidades regionais, tais ações tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que a distribuição desigual de oportunidades educacionais e econômicas influencia diretamente o acesso ao teletrabalho.

Do ponto de vista científico, esta tese contribui para o avanço do conhecimento ao integrar abordagens conceituais e empíricas na análise do teletrabalho, evidenciando suas múltiplas dimensões e inter-relações. Adicionalmente, destaca o potencial do uso de técnicas de *machine learning* como ferramentas analíticas robustas para o estudo de fenômenos complexos e dinâmicos. Do ponto de vista metodológico, reforça-se a importância de abordagens replicáveis e adaptáveis a diferentes contextos, ainda que os resultados empíricos devam ser interpretados à luz das especificidades institucionais e socioeconômicas de cada país.

Em síntese, esta tese atinge seu objetivo ao demonstrar que o teletrabalho, é um fenômeno complexo e em transformação, com impactos que vão além do nível individual e afetam a mobilidade urbana, o mercado de trabalho e as desigualdades sociais. A partir de uma abordagem integrada e baseada em *machine learning*, evidencia-se que seus efeitos

não são homogêneos, sendo influenciados por diferentes fatores estruturais e individuais. Nesse sentido, este trabalho contribui para a compreensão do teletrabalho e oferece subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias organizacionais mais adequadas à realidade brasileira. Por fim, destaca-se que o principal desafio não é apenas ampliar o teletrabalho, mas orientar sua evolução de forma a ampliar seus benefícios e reduzir seus impactos negativos, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado, inclusivo e sustentável.

5.0.1 Limitações da Pesquisa e Sugestões para Estudos Futuros

Embora os objetivos propostos tenham sido alcançados, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Destaca-se, inicialmente, a restrição das bases de dados utilizadas na revisão sistemática, o que pode ter limitado a abrangência da literatura analisada. Adicionalmente, aspectos relacionados ao tratamento e à transformação das variáveis nos modelos empíricos podem influenciar os resultados obtidos, especialmente no contexto de técnicas de *machine learning*, nas quais diferentes escolhas metodológicas podem gerar variações nos desempenhos e interpretações.

No que se refere à validação do modelo conceitual, embora este tenha sido desenvolvido com base na literatura existente sobre o tema, ressalta-se que sua validação foi realizada a partir de dados provenientes de um questionário com número reduzido de respostas, o que pode limitar a robustez das inferências e a generalização dos resultados. Nesse sentido, recomenda-se que estudos futuros utilizem amostras mais amplas e diversificadas, de modo a fortalecer a validade externa do modelo proposto.

Como agenda de pesquisa futura, sugere-se a ampliação das fontes de dados, bem como a incorporação de novas variáveis, especialmente aquelas relacionadas a impactos ambientais, dimensões sociais, familiares, e aspectos comportamentais e psicológicos do teletrabalho. Além disso, a utilização de métodos complementares, como técnicas de aprendizado não supervisionado e abordagens híbridas, pode contribuir para a identificação de padrões mais complexos e relações não lineares.

Destaca-se que a replicabilidade desta pesquisa refere-se, sobretudo, ao arcabouço metodológico empregado, e não à reprodução direta dos resultados empíricos. A abordagem analítica, que combina dados de pesquisas em larga escala com técnicas de classificação baseadas em *machine learning*, pode ser aplicada a outros contextos nacionais, desde que estejam disponíveis bases de dados comparáveis. Entretanto, os resultados podem variar substancialmente entre países em razão de fatores estruturais e culturais, tais como padrões de distribuição de renda, escala geográfica, organização do mercado de trabalho e níveis de desenvolvimento econômico. Assim, embora a metodologia seja transferível, a interpretação dos resultados deve considerar as especificidades socioeconômicas e institucionais de cada país, reforçando a importância de análises contextualizadas na investigação

das dinâmicas do teletrabalho em âmbito internacional.

Por fim, sugere-se também como agenda para estudos futuros, o monitoramento contínuo das dinâmicas do teletrabalho, tendo em vista sua natureza evolutiva e sua sensibilidade a mudanças tecnológicas, econômicas e institucionais, o que demanda abordagens analíticas atualizadas e adaptáveis ao longo do tempo. Esse acompanhamento torna-se ainda mais relevante diante da evidência de que a ordem de importância relativa das variáveis pode se alterar ao longo do tempo, implicando a necessidade de reavaliação periódica dos modelos, atualização das variáveis explicativas e formulação de políticas públicas mais responsivas e alinhadas às transformações observadas.

5.0.2 Divulgação Científica

Esta pesquisa contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio da concessão de bolsa de pesquisa. Os resultados obtidos ao longo do estudo foram divulgados em periódicos científicos internacionais e em eventos acadêmicos, conforme listado a seguir:

- **MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P.** Telework in the Brazilian Context: Social and Economic Factors Under a Machine Learning Approach. **Sustainability**, v. 18, p. 3043, 2026. DOI: <<http://dx.doi.org/10.3390/su18063043>>.
- **MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P.** Telework and Sustainable Urban Mobility: Conceptual Modeling From the Systematic Literature Review. **Business and Society Review**, v. 131, p. e70043, 2026. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1111/basr.70043>>.
- **MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P.** Teletrabalho, mobilidade urbana e qualidade de vida: evidências do contexto brasileiro. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (ANPET)**, 39., 2025, Goiânia. 2025.
- **MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P.** Teletrabalho no contexto brasileiro: fatores sociais e econômicos sob a abordagem de aprendizado de máquina. In: **IEPG SUMMIT**, 2025, Itajubá. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/iepg-summit-2025>>.
- **MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P.** Teletrabalho, mobilidade urbana e qualidade de vida: avaliação sob a perspectiva de aprendizado estatístico. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, 38., 2024, Florianópolis. 2024.

- **MAIRINQUE, L. A.; LIMA, J. P.** A realização do teletrabalho e sua dependência das variáveis socioeconômicas, locacionais e comportamentais de mobilidade. In: **IEPG SUMMIT: CONSTRUINDO O FUTURO COM INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE**, 2023, Itajubá: IEPG/UNIFEI, 2023. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/iepg-summit-2023-388661>>.
- **TEIXEIRA DA SILVA, A. P.; MAIRINQUE, L. A.; LIMA, J. P.** Modelagem dos efeitos de variáveis socioeconômicas na forma de realização das atividades diárias — remota, híbrida ou presencial. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, 36., 2022, Fortaleza. 2022.

Referências

- ABESIRI, S.; RUPASINGHA, R. Predicting employee preference of teleworking using machine learning techniques in the post covid-19 period in sri lanka. In: IEEE. *2022 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*. [S.l.], 2022. v. 5, p. 22–27. 22, 50
- ADOBATI, F.; DEBERNARDI, A. The breath of the metropolis: Smart working and new urban geographies. *Sustainability*, MDPI, v. 14, n. 2, p. 1028, 2022. 13, 36, 38, 44, 46, 86, 88, 102, 113
- ALLEN, D. M. The relationship between variable selection and data agumentation and a method for prediction. *technometrics*, Taylor & Francis, v. 16, n. 1, p. 125–127, 1974. 50
- ANDRADE, C. Y. d.; DACHS, J. N. W. Acesso à educação por faixas etárias segundo renda e raça/cor. *Cadernos de pesquisa*, SciELO Brasil, v. 37, p. 399–422, 2007. 66
- ANSONG, E.; BOATENG, R. Organisational adoption of telecommuting: Evidence from a developing country. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, Wiley Online Library, v. 84, n. 1, p. e12008, 2018. 40
- ASGARI, H.; JIN, X. An evaluation of part-day telecommute impacts on work trip departure times. *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, v. 12, p. 84–92, 2018. 20
- ASGARI, H.; JIN, X.; MOHSENI, A. Choice, frequency, and engagement: Framework for telecommuting behavior analysis and modeling. *Transportation Research Record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2413, n. 1, p. 101–109, 2014. 14, 15, 19, 29, 37, 38, 39, 40, 85, 101, 102, 107
- BANKS, J. *Discrete event system simulation*. [S.l.]: Pearson Education India, 2005. 68
- BARBOUR, N.; ABDEL-ATY, M.; SEVIM, A. Intended work from home frequency after the covid-19 pandemic and the role of socio-demographic, psychological, disability, and work-related factors. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 179, p. 103923, 2024. 80
- BELLMAN, R. *Adaptive Control Processes: A Guided Tour*. [S.l.]: Princeton University Press, 1961. 74
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International journal of operations & production management*, MCB UP Ltd, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002. 61
- BHUIYAN, M. A. A. et al. Influence of community design and sociodemographic characteristics on teleworking. *Sustainability*, MDPI, v. 12, n. 14, p. 5781, 2020. 19
- BREIMAN, L. *Classification and Regression Trees*. [S.l.: s.n.], 1984. 54, 55
- BREIMAN, L. Random forests. *Machine learning*, Springer, v. 45, p. 5–32, 2001. 57

- BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of systems and software*, Elsevier, v. 80, n. 4, p. 571–583, 2007. 31
- BREWER, A. M.; HENSHER, D. A. Distributed work and travel behaviour: the dynamics of interactive agency choices between employers and employees. *Transportation*, Springer, v. 27, p. 117–148, 2000. 19
- BUDNITZ, H.; TRANOS, E.; CHAPMAN, L. Telecommuting and other trips: an english case study. *Journal of Transport Geography*, Elsevier, v. 85, p. 102713, 2020. 19
- CARRINGTON, A. M. et al. Deep roc analysis and auc as balanced average accuracy, for improved classifier selection, audit and explanation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE, v. 45, n. 1, p. 329–341, 2022. 53
- CAULFIELD, B. Does it pay to work from home? examining the factors influencing working from home in the greater dublin area. *Case Studies on Transport Policy*, Elsevier, v. 3, n. 2, p. 206–214, 2015. 19, 38, 46
- CECCATO, R. et al. Potential long-term effects of covid-19 on telecommuting and environment: An italian case-study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Elsevier, v. 109, p. 103401, 2022. 19
- CHAKRABARTI, S. Does telecommuting promote sustainable travel and physical activity? *Journal of Transport & Health*, Elsevier, v. 9, p. 19–33, 2018. 13, 20, 42, 43
- CHEN, H. H. et al. Developing a machine learning algorithm to predict the probability of medical staff work mode using human-smartphone interaction patterns: Algorithm development and validation study. *Journal of Medical Internet Research*, v. 25, p. e48834, 2023. 23
- CHEN, T.; GUESTRIN, C. Xgboost: A scalable tree boosting system. In: *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 785–794. 48, 58
- CHENG, H.; GARRICK, D. J.; FERNANDO, R. L. Efficient strategies for leave-one-out cross validation for genomic best linear unbiased prediction. *Journal of animal science and biotechnology*, Springer, v. 8, p. 1–5, 2017. 51
- CHERKASSKY, V.; MULIER, F. M. *Learning from data: concepts, theory, and methods*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007. 48
- CHOO, S.; MOKHTARIAN, P. L. Telecommunications and travel demand and supply: Aggregate structural equation models for the us. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 41, n. 1, p. 4–18, 2007. 19, 22, 38
- DOMINGOS, P. A few useful things to know about machine learning. *Communications of the ACM*, ACM New York, NY, USA, v. 55, n. 10, p. 78–87, 2012. 48, 51
- DRUCKER, J.; KHATTAK, A. J. Propensity to work from home: Modeling results from the 1995 nationwide personal transportation survey. *Transportation research record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1706, n. 1, p. 108–117, 2000. 14, 15, 19, 29, 37, 38, 39, 46, 47, 88

- DULEBA, S. et al. Application of grey analytic hierarchy process to estimate mode choice alternatives: A case study from budapest. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, Elsevier, v. 13, p. 100560, 2022. 13, 14, 16, 20, 46, 80
- ELLDÉR, E. Does telework weaken urban structure–travel relationships? *Journal of Transport and Land Use*, JSTOR, v. 10, n. 1, p. 187–210, 2017. 13, 15, 16, 19, 29, 46, 48, 78, 80, 89
- ELLDÉR, E. Telework and daily travel: New evidence from sweden. *Journal of Transport Geography*, Elsevier, v. 86, p. 102777, 2020. 13, 19, 20, 22, 42, 43
- ERDOĞDU, A. İ.; WATSON, F. Millennials’ changing mobility preferences: A telecommuting case in istanbul. *Journal of Consumer Behaviour*, Wiley Online Library, v. 22, n. 2, p. 483–495, 2023. 13, 14, 16, 23, 29, 36, 39, 40, 42, 43, 44
- FALCO, A. et al. Is smart working beneficial for workers’ wellbeing? a longitudinal investigation of smart working, workload, and hair cortisol/dehydroepiandrosterone sulfate during the covid-19 pandemic. *International journal of environmental research and public health*, MDPI, v. 20, n. 13, p. 6220, 2023. 29
- FATMI, M. R.; ORVIN, M. M.; THIRKELL, C. E. The future of telecommuting post covid-19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Elsevier, v. 16, p. 100685, 2022. 19, 37, 38
- FAWCETT, T. An introduction to roc analysis. *Pattern Recognition Letters*, v. 27, p. 861–874, 2006. 94
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. The kdd process for extracting useful knowledge from volumes of data. *Communications of the ACM*, ACM New York, NY, USA, v. 39, n. 11, p. 27–34, 1996. 71
- GALVÃO, P. V. M. et al. Mortalidade devido a acidentes de bicicletas em pernambuco, brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, SciELO Brasil, v. 18, p. 1255–1262, 2013. 61
- GARETH, J. et al. *An introduction to statistical learning: with applications in R*. [S.l.]: Springer, 2013. 48, 49, 51, 54, 103
- GEISSER, S. The predictive sample reuse method with applications. *Journal of the American statistical Association*, Taylor & Francis, v. 70, n. 350, p. 320–328, 1975. 50
- GIL, A. C. et al. *Como elaborar projetos de pesquisa*. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2002. v. 4. 60
- GÓES, G. S.; MARTINS, F. d. S.; ALVES, V. d. O. *Os condicionantes do teletrabalho potencial no Brasil*. [S.l.], 2023. 27, 28
- GOLDEN, T. D.; VEIGA, J. F.; SIMSEK, Z. Telecommuting’s differential impact on work-family conflict: Is there no place like home? *Journal of applied psychology*, American Psychological Association, v. 91, n. 6, p. 1340, 2006. 19, 20
- GORDON, S. I.; ARSDALE, A. V. Simulating some impacts of telecommunications/transportation substitution. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 29, n. 3, p. 285–294, 1986. 47, 88

- GOSHIMA, C. Y. S. et al. Relationships between teleworking and travel behavior in the brazilian covid-19 crisis. *Future Transportation*, MDPI, v. 3, n. 2, p. 739–767, 2023. 66
- GÉRON, A. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. 2. ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2019. 74
- HABIB, K. M. N.; SASIC, A.; ZAMAN, H. Investigating telecommuting considerations in the context of commuting mode choice. *International Journal of Sustainable Transportation*, Taylor & Francis, v. 6, n. 6, p. 362–383, 2012. 19, 38
- HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd. ed. [S.l.]: Elsevier, 2011. 53
- HANDY, S. L.; MOKHTARIAN, P. L. The future of telecommuting. *Futures*, Elsevier, v. 28, n. 3, p. 227–240, 1996. 29, 38, 39
- HASTIE, T. et al. *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. [S.l.]: Springer, 2009. v. 2. 51, 55, 57
- HE, S. Y.; HU, L. Telecommuting, income, and out-of-home activities. *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, v. 2, n. 3, p. 131–147, 2015. 14, 20, 36, 37, 38, 40, 45, 85, 101
- HELMINEN, V.; RISTIMÄKI, M. Relationships between commuting distance, frequency and telework in finland. *Journal of transport geography*, Elsevier, v. 15, n. 5, p. 331–342, 2007. 19, 20, 22
- HENSHER, D. A. et al. The impact of working from home on modal commuting choice response during covid-19: Implications for two metropolitan areas in australia. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 155, p. 179–201, 2022. 19, 37, 38
- HJORTHOL, R. J. Teleworking in some norwegian urban areas—motives and transport effects. *Urban Geography*, Taylor & Francis, v. 27, n. 7, p. 610–627, 2006. 14, 19, 36, 37
- HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A.; CHICKEN, E. *Nonparametric statistical methods*. [S.l.]: Wiley New York, NY, USA, 1973. v. 1348. 68
- HOSMER, D.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. *Applied Logistic Regression*. 3rd. ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2013. 94
- HU, L.; HE, S. Y. Association between telecommuting and household travel in the chicago metropolitan area. *Journal of Urban Planning and Development*, American Society of Civil Engineers, v. 142, n. 3, p. 04016005, 2016. 47, 88
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Questionário da Amostra Completo - Censo Demográfico 2022*. 2022. <https://anda.ibge.gov.br/np_download/censo2022/questionario_amostra_completo_CD2022_atualizado_20220906.pdf>. Acesso em: 18 de abril de 2024. 66
- IBGE. *Indicadores IBGE: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Periodicidade trimestral. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pnad_continua/default.shtm>. Acesso em: 16 de junho de 2026. 91, 92

- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Características adicionais do mercado de trabalho 2024*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Folheto. ISBN 9788524046865. 28, 90
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Indicadores Trimestrais, 3º Trimestre de 2025 (Jul-Set)*. Rio de Janeiro, Brazil, 2025. Acesso em: 23 jan. 2026. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2421/pnact_2025_3tri.pdf>. 107, 113
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Quadro Sintético 1º Trimestre de 2025 (Jan-Fev-Mar)*. Rio de Janeiro, Brazil: Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2025. 90
- ILO. 19: Guidance for labour statistics data collection. *Defining and Measuring Remote Work, Telework, Work at Home and Home-Based Work*, 2020. 13, 27
- ISMAIL, F. D.; HAMSA, A. A. K.; IBRAHIM, M. Analysis of factors influencing the stated preference of academic employees towards telecommuting in iium campus, gombak. *PLANNING MALAYSIA*, v. 10, 2012. 14, 15, 19, 29, 39
- ISMAIL, F. D.; HAMSA, A. A. K.; MOHAMED, M. Z. Modelling the effects of factors on the stated preference towards telecommuting in iium campus, gombak. *International Journal of Urban Sciences*, Taylor & Francis, v. 23, n. 1, p. 122–147, 2019. 19, 38
- JAMES, G. et al. *An introduction to statistical learning*. [S.l.]: Springer, 2013. v. 112. 54
- JAYANTHI, K.; MAHESH, C. Study on machine learning methods and applications in genetics and genomics. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, v. 7, n. 1.7, p. 201–204, 2018. 48, 49
- JIN, X.; WU, J. Propensity to telecommute: Exploring the national household travel survey. *Transportation research record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2231, n. 1, p. 110–119, 2011. 13, 36, 37, 38, 42, 43, 46
- JUNIOR, J. U. P.; PITOMBO, C. S. Unveiling substitution patterns of work trips by teleworking and their associations with physical and virtual accessibility in the brazilian covid-19 crisis. *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, v. 34, p. 100657, 2024. 66
- KARJALAINEN, L. E.; JUHOLA, S. Urban transportation sustainability assessments: a systematic review of literature. *Transport reviews*, Taylor & Francis, v. 41, n. 5, p. 659–684, 2021. 31, 65, 68
- KIM, S.-N.; CHOO, S.; MOKHTARIAN, P. L. Home-based telecommuting and intra-household interactions in work and non-work travel: A seemingly unrelated censored regression approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 80, p. 197–214, 2015. 19, 20
- KOLOTOUCHKINA, O.; GONZÁLEZ, L. R.; BELABAS, W. Smart cities, digital inequalities, and the challenge of inclusion. *Smart Cities*, v. 7, p. 3355–3370, 2024. 114
- KRASILNIKOVA, N.; LEVIN-KEITEL, M. Telework as a game-changer for sustainability? transitions in work, workplace and socio-spatial arrangements. *Sustainability*, MDPI, v. 14, n. 11, p. 6765, 2022. 36, 40, 102, 113

- KUHN, M. *finetune: Additional Functions for Model Tuning*. 2025. R package version 1.2.1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=finetune>>. 73
- KUHN, M.; SILGE, J. *Tidy Modeling with R: A Framework for Modeling in the Tidyverse*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., 2022. 73
- KUHN, M.; WICKHAM, H. *Tidymodels: A collection of packages for modeling and machine learning using tidyverse principles*. 2020. Accessed on January 23, 2026. Disponível em: <<https://www.tidymodels.org>>. 73
- KUMARA, B. et al. Work from home after covid-19: Machine learning-based approach to predict employee's choice. In: IEEE. *2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*. [S.l.], 2022. p. 147–150. 22, 50
- LACHAPELLE, U.; TANGUAY, G. A.; NEUMARK-GAUDET, L. Telecommuting and sustainable travel: Reduction of overall travel time, increases in non-motorised travel and congestion relief? *Urban Studies*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 55, n. 10, p. 2226–2244, 2018. 19
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. d. A. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas. 2001. 60
- LEITE, P.; NASCIMENTO, M.; PEROBELLI, F. S. Remote work, real effects: the impact of telework on brazil's sectoral structure. *Journal of Economic Studies*, Emerald Publishing Limited, p. 1–15, 2026. 28
- LEMO, A. H. D. C.; BARBOSA, A. D. O.; MONZATO, P. P. Women in home office during the covid-a9 pandemic and the work-family conflict configurations. *Revista de administração de empresas*, SciELO Brasil, v. 60, p. 388–399, 2021. 14
- LIER, T. V.; WITTE, A. D.; MACHARIS, C. How worthwhile is teleworking from a sustainable mobility perspective? the case of brussels capital region. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, v. 14, n. 3, 2014. 15, 28, 44, 45, 47, 86, 88
- LIMA, J. P.; MACHADO, M. H. Walking accessibility for individuals with reduced mobility: a brazilian case study. *Case studies on transport policy*, Elsevier, v. 7, n. 2, p. 269–279, 2019. 14
- LIZANA, P. A. et al. Impact of the covid-19 pandemic on teacher quality of life: A longitudinal study from before and during the health crisis. *International journal of environmental research and public health*, MDPI, v. 18, n. 7, p. 3764, 2021. 30, 81
- LOO, B. P.; WANG, B. Factors associated with home-based e-working and e-shopping in nanjing, china. *Transportation*, Springer, v. 45, n. 2, p. 365–384, 2018. 14, 19, 37, 38
- LUNDBERG, S. M.; LEE, S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. In: *Advances in Neural Information Processing Systems*. [s.n.], 2017. v. 30. Disponível em: <<https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874>>. 73
- LYONS, G.; ENTRANCE. An assessment of teleworking as a practice for travel demand management. In: THOMAS TELFORD LTD. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*. [S.l.], 1998. v. 129, n. 4, p. 195–200. 13, 16, 46, 80

- MACEDO, M. et al. Differences in the spatial landscape of urban mobility: gender and socioeconomic perspectives. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 17, n. 3, p. e0260874, 2022. 41, 102
- MAGNUS, M.; GLACKIN, S.; HOPKINS, J. L. The working-from-home natural experiment in sydney, australia: A theory of planned behaviour perspective. *Sustainability*, MDPI, v. 14, n. 21, p. 13997, 2022. 19, 36, 38, 113
- MAIRINQUE, L. A.; PEREIRA, R. B. D.; LIMA, J. P. Telework and sustainable urban mobility: Conceptual modeling from the systematic literature review. *Business and Society Review*, v. 131, p. e70043, 2026. 107
- MAKSYMIAK, S.; GOSIEWSKA, A.; BIECEK, P. Landscape of r packages for explainable artificial intelligence. *arXiv preprint arXiv:2009.13248*, 2020. 73
- MARTENS, M.; KORVER, W. Forecasting and assessing the mobility effects of teleservices: scenario approach. *Transportation Research Record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1706, n. 1, p. 118–125, 2000. 13
- MELO, P. C.; SILVA, J. d. A. e. Home telework and household commuting patterns in great britain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 103, p. 1–24, 2017. 13, 16, 19, 43
- MIGUEL, P. A. C. et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. *Rio de Janeiro: Elzevir*, 2010. 61, 62
- MOKHTARIAN, P. L.; SALOMON, I. Modeling the desire to telecommute: The importance of attitudinal factors in behavioral models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 31, n. 1, p. 35–50, 1997. 20
- MOOS, M.; SKABURSKIS, A. The characteristics and location of home workers in montreal, toronto and vancouver. *Urban Studies*, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 44, n. 9, p. 1781–1808, 2007. 42, 46
- MOURATIDIS, K.; PETERS, S. Covid-19 impact on teleactivities: Role of built environment and implications for mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 158, p. 251–270, 2022. 13
- NAYAK, S.; PANDIT, D. Potential of telecommuting for different employees in the indian context beyond covid-19 lockdown. *Transport Policy*, Elsevier, v. 111, p. 98–110, 2021. 14, 19, 24, 37, 38
- NDUBISI, N. O.; KAHRAMAN, C. Teleworking adoption decision-making processes: Multinational and malaysian firms comparison. *Journal of Enterprise Information Management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 18, n. 2, p. 150–168, 2005. 19, 29, 39
- NGUYEN, M. H. Factors influencing home-based telework in hanoi (vietnam) during and after the covid-19 era. *Transportation*, Springer, v. 48, n. 6, p. 3207–3238, 2021. 14, 19, 21, 22, 23, 24, 29, 36, 37, 39
- NGUYEN, M. H.; ARMOOGUM, J. Perception and preference for home-based telework in the covid-19 era: A gender-based analysis in hanoi, vietnam. *Sustainability*, MDPI, v. 13, n. 6, p. 3179, 2021. 19

- NOY, C. Sampling knowledge: The hermeneutics of snowball sampling in qualitative research. *International Journal of social research methodology*, Taylor & Francis, v. 11, n. 4, p. 327–344, 2008. 65
- OGUNGBIRE, A.; MITRA, S. K. Unlocking telecommuting patterns before, during, and after the covid-19 pandemic: An explainable ai-driven study. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, v. 28, p. 101244, 2024. 37, 40, 85, 101, 102, 107
- O'KEEFE, P. et al. The impacts of telecommuting in dublin. *Research in Transportation Economics*, Elsevier, v. 57, p. 13–20, 2016. 14, 19, 21, 36, 37, 38, 40, 85, 102
- OLIVEIRA, M. L. d. et al. Multivariate analysis of public transport quality: a case study in a medium-sized brazilian city. *Production*, SciELO Brasil, v. 32, p. e20210117, 2022. 41, 102
- OMS, G. W. Y. Evaluación de la calidad de vida. 1994.¿ por qué calidad de vida. *Foro Mundial de la Salud*. Ginebra, 1996. 15, 29
- ORY, D. T.; MOKHTARIAN, P. L. Which came first, the telecommuting or the residential relocation? an empirical analysis of causality. *Urban Geography*, Taylor & Francis, v. 27, n. 7, p. 590–609, 2006. 13, 16, 46, 80
- Oxfam. *Brasileiros gastam até 20% do orçamento com transporte público*. 2023. <<https://summitmobilidade.estadao.com.br/compartilhando-o-caminho/brasileiros-gastam-ate-20-do-orcamento-com-transporte-publico/>>. Acesso em: 18 de abril de 2024. 24
- PARK, S. H.; GOO, J. M.; JO, C.-H. Receiver operating characteristic (roc) curve: practical review for radiologists. *Korean journal of radiology*, Korean Society of Radiology, v. 5, n. 1, p. 11, 2004. 53
- PAUL, J. Work from home behaviors among us urban and rural residents. *Journal of Rural Studies*, Elsevier, v. 96, p. 101–111, 2022. 19, 36, 37, 38
- PEREIRA, É. F.; TEIXEIRA, C. S.; SANTOS, A. d. Qualidade de vida: abordagens, conceitos e avaliação. *Revista brasileira de educação física e esporte*, SciELO Brasil, v. 26, p. 241–250, 2012. 14
- PLAUT, P. O. Non-commuters: the people who walk to work or work at home. *Transportation*, Springer, v. 31, n. 2, p. 229–255, 2004. 19, 37
- Portaria nº 397. *CBO - Classificação Brasileira de Ocupações*. 2002. <<http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/informacoesGerais.jsf>>. Acesso em: 02 de maio de 2024. 66
- POURI, Y. D.; BHAT, C. R. On modeling choice and frequency of home-based telecommuting. *Transportation Research Record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1858, n. 1, p. 55–60, 2003. 37, 38, 40, 43, 85
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Accessed on January 23, 2026. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. 73

- RAVALET, E.; RÉRAT, P. Teleworking: decreasing mobility or increasing tolerance of commuting distances? *Built Environment*, Alexandrine Press, v. 45, n. 4, p. 582–602, 2019. 14, 19, 36, 37, 38
- REUSCHKE, D.; EKINSMYTH, C. New spatialities of work in the city. *Urban Studies*, v. 58, p. 2177–2187, 2021. 36, 40, 42, 44, 85, 87, 101, 103, 107
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Artificial intelligence a modern approach*. [S.l.]: London, 2010. 48, 49, 51
- SAGAR, K.; SAHA, A. Qualitative usability feature selection with ranking: a novel approach for ranking the identified usability problematic attributes for academic websites using data-mining techniques. *Human-centric Computing and Information Sciences*, Springer, v. 7, n. 1, p. 1–24, 2017. 54
- SALON, D. et al. The covid-19 pandemic and the future of telecommuting in the united states. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Elsevier, v. 112, p. 103473, 2022. 14, 37, 38
- SANTOS, J. B. dos; NASCIMENTO, P. M. M.; LIMA, J. P. Commuting and its relationship with health and engagement of civil construction workers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Emerald Publishing Limited, v. 23, n. 5, p. 1348–1363, 2025. 40, 41, 101
- SANTOS, J. Barros dos; LIMA, J. P. Health determinants, applications, and methods: A systematic literature review on the relationships between the urban transport of people and health. *Transportation research record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2678, n. 1, p. 245–271, 2024. 41
- SETIAWAN, J.; ALAMSARI, R. G. Prediction of work from home post covid-19 using classification model. In: *Proceedings of the 2022 Seventh International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*. [S.l.]: IEEE, 2022. p. 1–6. 22
- SHAFIZADEH, K. R. et al. Costs and benefits of home-based telecommuting: A monte carlo simulation model incorporating telecommuter, employer, and public sector perspectives. *Journal of infrastructure systems*, American Society of Civil Engineers, v. 13, n. 1, p. 12–25, 2007. 78
- SHALEV-SHWARTZ, S.; BEN-DAVID, S. *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. [S.l.]: Cambridge university press, 2014. 48
- SILVA, J. d. A. e; MELO, P. C. Does home-based telework reduce household total travel? a path analysis using single and two worker british households. *Journal of Transport Geography*, Elsevier, v. 73, p. 148–162, 2018. 19
- SILVA, J. De Abreu e; MELO, P. C. Home telework, travel behavior, and land-use patterns. *Journal of Transport and Land Use*, JSTOR, v. 11, n. 1, p. 419–441, 2018. 13, 14, 19, 20, 36, 37, 38, 43, 44, 47, 86, 88
- SINGH, P. et al. On modeling telecommuting behavior: Option, choice, and frequency. *Transportation*, Springer, v. 40, p. 373–396, 2013. 13, 14, 19, 36, 37, 38, 42, 43, 46, 47
- SMOLA, A. J.; SCHÖLKOPF, B. A tutorial on support vector regression. *Statistics and computing*, Springer, v. 14, p. 199–222, 2004. 48

- SOKOLOVA, M.; LAPALME, G. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information processing & management*, Elsevier, v. 45, n. 4, p. 427–437, 2009. 52
- SOLER, J. R. L.; CHRISTIDIS, P.; VASSALLO, J. M. Teleworking and online shopping: socio-economic factors affecting their impact on transport demand. *Sustainability*, MDPI, v. 13, n. 13, p. 7211, 2021. 14, 20, 28, 36, 37, 43, 46, 49, 50, 53, 67, 78
- STOICA, M.; GHILIC-MICU, B.; MIRCEA, M. The telework paradigm in the ioe ecosystem—a model for the teleworker residence choice in context of digital economy and society. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, v. 55, n. 3, 2021. 42
- STONE, M. Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the royal statistical society: Series B (Methodological)*, Wiley Online Library, v. 36, n. 2, p. 111–133, 1974. 50
- SU, R.; MCBRIDE, E. C.; GOULIAS, K. G. Unveiling daily activity pattern differences between telecommuters and commuters using human mobility motifs and sequence analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 147, p. 106–132, 2021. 19
- SWEET, M.; SCOTT, D. M. Insights into the future of telework in canada: Modeling the trajectory of telework across a pandemic. *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, v. 87, p. 104175, 2022. 13, 14, 19, 37, 38, 43, 44
- TAHIR, M. S. M.; WONG, Y. D. To go, or not to go? modelling the effects of employment decentralisation on telecommuting preferences. *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, v. 27, p. 173–183, 2022. 19, 20
- TAO, Y. et al. Energy, climate, and environmental sustainability of trend toward occupational-dependent hybrid work: Overview, research challenges, and outlook. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 442, p. 141083, 2024. 37, 38, 41, 44, 80, 81, 101, 103
- TAYYARAN, M. R.; KHAN, A. M. Telecommuting and residential location decisions: combined stated and revealed preferences model. *Canadian Journal of Civil Engineering*, NRC Research Press Ottawa, Canada, v. 34, n. 10, p. 1324–1333, 2007. 19
- TAYYARAN, M. R.; KHAN, A. M.; ANDERSON, D. A. Impact of telecommuting and intelligent transportation systems on residential location choice. *Transportation Planning and Technology*, Taylor & Francis, v. 26, n. 2, p. 171–193, 2003. 13, 14, 16, 19, 46, 48, 80, 89
- TOSCANO, F.; ZAPPALÀ, S. Social isolation and stress as predictors of productivity perception and remote work satisfaction during the covid-19 pandemic: The role of concern about the virus in a moderated double mediation. *Sustainability*, MDPI, v. 12, n. 23, p. 9804, 2020. 29, 81
- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. *Itajubá: Unifei*, v. 50, p. 669–676, 2012. 60, 61
- United Nations. *The Sustainable Development Goals*. 2015. <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>>. 16

- VAKILIAN, R.; EDRISI, A. Modeling factors affecting the choice of telework and its impact on demand in transportation networks. *Innovaciencia*, v. 7, n. 2, 2019. 19, 38
- VARMA, K. V. et al. Duration and frequency of telecenter use: Once a telecommuter, always a telecommuter? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier, v. 6, n. 1-2, p. 47–68, 1998. 19
- VILHELMSON, B.; THULIN, E. Who and where are the flexible workers? exploring the current diffusion of telework in sweden. *New technology, work and employment*, Wiley Online Library, v. 31, n. 1, p. 77–96, 2016. 14, 19, 21, 22, 28, 29, 36, 37, 38, 39, 46, 47, 78, 101, 107
- VOS, D. de; MEIJERS, E.; HAM, M. van. Working from home and the willingness to accept a longer commute. *The Annals of Regional Science*, Springer, v. 61, n. 2, p. 375–398, 2018. 13, 16, 19, 28, 44, 46, 47, 80, 86, 88
- WANG, K.; OZBILEN, B. Synergistic and threshold effects of telework and residential location choice on travel time allocation. *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, v. 63, p. 102468, 2020. 19, 43, 44, 45
- WHO. *WHOQOL-BREF - Português (Brasil)*. 2012. Arquivo PDF. Acesso em: 9 de maio de 2024. Disponível em: <<https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-bref/docs/default-source/publishing-policies/whoqol-bref/portuguese-brazil-whoqol-bref>>. 67
- WOLPERT, D. H.; MACREADY, W. G. No free lunch theorems for optimization. *IEEE transactions on evolutionary computation*, IEEE, v. 1, n. 1, p. 67–82, 2002. 23
- XIANG, B. Remote work, social inequality and the redistribution of mobility. *International Migration*, v. 60, n. 6, p. 280–282, 2022. 36, 107
- YEN, J.-R.; MAHMASSANI, H. S. Telecommuting adoption: Conceptual framework and model estimation. *Transportation Research Record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 1606, n. 1, p. 95–102, 1997. 19
- YEN, J.-R.; MAHMASSANI, H. S.; HERMAN, R. Employer attitudes and stated preferences toward telecommuting: An exploratory analysis. *Transportation Research Record*, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, v. 1463, p. 15, 1994. 20, 29, 39
- YUM, S. Differences between telecommuters and commuters: The case of the twin cities metropolitan area. *Transportation Planning and Technology*, Taylor & Francis, v. 44, n. 3, p. 303–318, 2021. 13, 42, 43, 45
- ZHANG, S. et al. A work-life conflict perspective on telework. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, v. 141, p. 51–68, 2020. 14, 19, 37, 46
- ZHOU, L.; SU, Q.; WINTERS, P. L. Telecommuting as a component of commute trip reduction program: trend and determinants analyses. *Transportation research record*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2135, n. 1, p. 151–159, 2009. 19, 46
- ZHU, P.; MASON, S. G. The impact of telecommuting on personal vehicle usage and environmental sustainability. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Springer, v. 11, p. 2185–2200, 2014. 19, 40

Apêndices

APÊNDICE A – Questionário

Estudo sobre o Teletrabalho

Este questionário faz parte de uma pesquisa conduzida para uma tese de doutorado em Engenharia de Produção pela UNIFEI. Este trabalho visa investigar a relação entre o teletrabalho, as variáveis socioeconômicas e a mobilidade urbana, com foco na aceitação do teletrabalho e seu impacto no equilíbrio entre vida pessoal e profissional. Por meio de um questionário online, serão coletadas informações sobre características socioeconômicas, condições de trabalho, mobilidade urbana, e qualidade de vida.

Espera-se com as conclusões desta pesquisa possam contribuir para o estudo sobre teletrabalho e mobilidade urbana. Os dados coletados serão utilizados de forma agregada, garantindo a confidencialidade e anonimato dos participantes. Compreender as características que influenciam na aceitação do teletrabalho e gerar modelos preditivos favorecerá as empresas a proporcionarem melhores oportunidades aos trabalhadores, utilizando o teletrabalho como uma forma de aumentar a qualidade de vida dos mesmos.

Agradecemos sua participação e contribuição para este estudo.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. Você concorda em participar dessa pesquisa? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

Dados Socioeconômicos

2. Com qual gênero você se identifica? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro

3. Qual a sua idade? *

4. Qual sua renda mensal? *

5. Qual a sua escolaridade? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Nenhum
- ☐ Ensino Básico
- ☐ Ensino Fundamental
- ☐ Ensino Médio
- ☐ Ensino Superior
- ☐ Especialização (lato sensu)
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

6. Qual seu estado civil? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Solteiro
- ☐ Casado
- ☐ Divorciado
- ☐ Viúvo

7. Quantas pessoas compartilham a mesma residência que a sua, incluindo você? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ Mais de 5 pessoas

8. Quantos filhos você tem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Nenhum
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5 ou mais

9. Caso você tenha filhos, qual a idade do seu filho mais novo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ Entre 1 e 3 anos
- ☐ Entre 4 e 10 anos
- ☐ Entre 11 e 17 anos
- ☐ 18 anos ou mais
- ☐ Não tenho filhos

10. Qual seu tipo de trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Trabalhador doméstico (inclusive diarista)
- ☐ Militar do Exército, da Marinha, da Aeronáutica, da Polícia Militar ou do Corpo de Bombeiros Militar
- ☐ Do Setor Privado
- ☐ Do Setor Público - Funcionário Estatutário
- ☐ Do Setor Público - Empregado não Estatutário
- ☐ De Empresas Estatais
- ☐ Empregador (Com pelo menos um empregado)
- ☐ Conta Própria (Sem empregados)

11. Qual sua ocupação? *

12. Em qual empresa você trabalha? *

13. Qual seu regime de trabalho atual? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Teletrabalho (trabalho remoto) *Pular para a pergunta 25*
- ☐ Híbrido (Parte presencial e parte remoto) *Pular para a pergunta 14*
- ☐ Presencial *Pular para a pergunta 19*

Trabalho Híbrido

14. Caso você trabalhe no regime híbrido, com qual frequência realiza o teletrabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Uma ou duas vezes na semana
- ☐ Três ou mais vezes na semana
- ☐ Semanas completas alternadas (Uma semana de teletrabalho e outra presencial)
- ☐ Uma ou duas vezes ao mês
- ☐ Não trabalho em regime híbrido

15. Qual o principal modo de transporte que você utiliza para ir ao trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A pé
- ☐ Bicicleta
- ☐ Motocicleta
- ☐ Automóvel
- ☐ Mototáxi
- ☐ Táxi ou assemelhados
- ☐ Van ou assemelhados
- ☐ Ônibus
- ☐ BRT ou ônibus de trânsito rápido
- ☐ Trem ou metrô

16. Quanto tempo leva entre sua casa e o local de trabalho normalmente? *

17. Qual é a distância, em quilômetros, até seu local de trabalho? *

18. Há quanto tempo você trabalha de forma híbrida? *

Pular para a pergunta 26

Trabalho Presencial

19. Quanto tempo leva entre sua casa e o local de trabalho normalmente? *

20. Qual o principal meio de transporte utilizado para chegar ao local de trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A pé
- ☐ Bicicleta
- ☐ Motocicleta
- ☐ Automóvel
- ☐ Mototáxi
- ☐ Táxi ou assemelhados
- ☐ Van ou assemelhados
- ☐ Ônibus
- ☐ BRT ou ônibus de trânsito rápido
- ☐ Trem ou metrô

21. Qual é a distância, em quilômetros, até seu local de trabalho? *

22. Você já trabalhou de forma remota ou híbrida? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Pular para a pergunta 23*
- ☐ Não *Pular para a pergunta 26*

Histórico de trabalho remoto/híbrido

23. Durante quanto tempo você permaneceu no regime de trabalho híbrido ou remoto? *

24. Em qual ano você parou de trabalhar no regime híbrido ou remoto? *

Pular para a pergunta 26

Trabalho Remoto

25. Há quanto tempo você trabalha de forma remota? *

Qualidade de Vida

26. Independente da forma como você realiza seu trabalho atualmente, você tem interesse de realizar o teletrabalho (trabalho remoto)? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

27. Como você avaliaria sua satisfação com seu regime de trabalho atual? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Satisfeito
- ☐ Neutro
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Muito insatisfeito

28. Como você avaliaria sua satisfação com suas relações pessoais (amigos, parentes, conhecidos, colegas)? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Satisfeito
- ☐ Neutro
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Muito insatisfeito

29. Como você avaliaria sua satisfação com o seu meio de transporte? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Satisfeito
- ☐ Neutro
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Muito insatisfeito

30. Como você avaliaria sua satisfação com as condições do local onde mora? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Satisfeito
- ☐ Neutro
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Muito insatisfeito

31. *

Quão seguro(a) você se sente em sua vida diária?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito seguro
- ☐ Seguro
- ☐ Neutro
- ☐ Inseguro
- ☐ Muito inseguro

32. Como você percebe o tempo disponível para realizar outras atividades, como lazer, compras ou consultas médicas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito pouco
- ☐ Pouco
- ☐ Neutro
- ☐ Suficiente
- ☐ Muito suficiente

33. Como você avaliaria sua qualidade de vida? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito ruim
- ☐ Ruim
- ☐ Neutra
- ☐ Boa
- ☐ Muito boa

34. Você pratica alguma atividade física ou esporte? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Pular para a pergunta 35*
- ☐ Não *Pular para a pergunta 38*

Atividades Físicas

35. Qual atividade física ou esporte você pratica? *

36. Com qual frequência você pratica essas atividades? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Todos os dias
- ☐ De 4 a 6 vezes por semana
- ☐ De 2 a 3 vezes por semana
- ☐ Apenas 1 vez na semana

37. Quanto tempo, em média, você dedica às atividades físicas em cada sessão? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 30 minutos ou menos
- ☐ De 31 minutos a 1 hora
- ☐ De 1:01 horas a 2 horas
- ☐ 2:01 horas ou mais

Dados do Ambiente

38. Qual o seu município de residência? *

39. Qual o município do seu trabalho? *

Dados de transporte

40. Você possui automóvel? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

41. Você possui bicicleta? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

42. Você possui motocicleta? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

43. A empresa que você trabalha oferece auxílio para o seu transporte até o trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

44. Qual é o motivo da sua viagem mais frequente durante a semana? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Trabalho

☐ Estudo

☐ Compras

☐ Saúde

☐ Lazer

☐ Visita a familiares

☐ Transporte de pessoas da família

☐ Outros

45. Qual é o principal meio de transporte que você utiliza na sua viagem mais frequente? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A pé
- ☐ Bicicleta
- ☐ Motocicleta
- ☐ Automóvel
- ☐ Mototáxi
- ☐ Táxi ou assemelhados
- ☐ Van ou assemelhados
- ☐ Ônibus
- ☐ BRT ou ônibus de trânsito rápido
- ☐ Trem ou metrô

46. Qual é o destino da sua viagem mais frequente? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Área urbana - Mesmo lugar onde você mora
- ☐ Área urbana - Diferente de onde você mora
- ☐ Fora da área urbana

47. Quanto tempo, em média, você gasta na sua viagem mais frequente? *

48. Qual é a distância, em quilômetros, da sua viagem mais frequente? *
