ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
EVENTO ON-LINE
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

# Calibração de parâmetros comportamentais em microssimuladores de tráfego: uma revisão sistemática da literatura

**Jéssica Pereira**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
Universidade Federal de Santa Catarina

**Resumo:** A calibração de parâmetros comportamentais é uma etapa importante para que microssimuladores de tráfego representem adequadamente as condições observadas em campo. Entretanto, devido à quantidade de parâmetros e à diversidade de modelos existentes, não há consenso quanto a um procedimento único de calibração. Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar os métodos empregados na calibração de parâmetros comportamentais, as estratégias utilizadas para selecionar os parâmetros e os critérios adotados para avaliar a calibração. A busca foi realizada na base Scopus, considerando estudos publicados entre 2021 e 2026. Após as etapas de triagem, priorização e leitura integral, foram analisados 26 artigos. Os métodos de calibração foram classificados em seis categorias, sendo a metaheurística a mais frequente, com destaque para o uso de Algoritmos Genéticos. Apenas nove trabalhos realizaram análise de sensibilidade como etapa prévia para seleção dos parâmetros, com predominância de procedimentos do tipo *One-at-a-Time*. Os resultados mostram ampla diversidade metodológica e indicam que a calibração envolve decisões relacionadas não apenas ao método empregado, mas também à seleção dos parâmetros e às medidas utilizadas para avaliar sua adequação.

**Palavras-chave:** Microssimulação de tráfego, Calibração, Parâmetros comportamentais.

# Calibration of behavioral parameters in traffic microsimulators: a systematic literature review

**Abstract:** Calibration of behavioral parameters is an important step to ensure that traffic microsimulators adequately represent conditions observed in the field. However, due to the large number of parameters and the diversity of existing models, there is no consensus on a single calibration procedure. This article presents a systematic literature review aimed at identifying the methods used to calibrate behavioral parameters, the strategies adopted to select these parameters, and the criteria used to evaluate calibration. The search was conducted in the Scopus database, considering studies published between 2021 and 2026. After screening, prioritization, and full-text reading, 26 articles were analyzed. The calibration methods were classified into six categories, with metaheuristics being the most frequent, particularly Genetic Algorithms. Only nine studies performed sensitivity analysis as a preliminary step for parameter selection, with a predominance of One-at-a-Time procedures. The results show broad methodological diversity and indicate that calibration involves decisions not only regarding the method employed, but also the selection of parameters and the measures used to assess their adequacy.

**Keywords:** Traffic microsimulation, Calibration, Behavioral parameters.

## 1. Introdução

O uso da simulação de tráfego se apresenta como uma ferramenta importante em diversas etapas do planejamento, projeto e operações de transportes (SPIEGELMAN; PARK; RILETT, 2011). Os simuladores possibilitam a criação de modelos que se assemelham à realidade e assim permitem a análise de sistemas de grande complexidade.

Entretanto, a eficiência do uso de um simulador de tráfego em fornecer embasamento necessário para a tomada de decisões no âmbito da engenharia de tráfego depende da capacidade do modelo de replicar as condições reais de tráfego, o que requer uma calibração adequada dos seus parâmetros (HOURDAKIS; MICHALOPOULOS; KOTTOMMANNIL, 2003). Os simuladores disponibilizam valores padrão para os parâmetros, no entanto, cabe ao analista identificar valores apropriados à realidade modelada, uma vez que os valores padrão costumam representar as condições de tráfego local onde os softwares foram desenvolvidos, podendo não ser adequados para outros locais, resultando na necessidade de calibração (ARAÚJO et al., 2004; BETHONICO, 2016).

Um microssimulador de tráfego é composto por diversos modelos de comportamento contendo diversos parâmetros que representam características relacionadas aos motoristas, veículos e sistema viário, que podem ser alterados. No entanto, a obtenção dos valores de muitos desses parâmetros pode ser complicada devido à dificuldade de isolá-los ou por exigir uma extensa coleta de dados (HOLLANDER; LIU, 2008). Devido ao grande número e variedade de parâmetros nos diferentes modelos de microssimulação, não existe um consenso na literatura quanto a uma metodologia única de calibração e validação destes modelos (ARAÚJO et al., 2004). No Brasil, o emprego de procedimentos de calibração não é recorrente, o que possivelmente pode estar relacionado à ausência de metodologias disponíveis adaptadas ao contexto nacional, representando um grande entrave nos projetos de engenharia de tráfego (MAIA, 2007; AYALA, 2013).

Este artigo foi desenvolvido como etapa inicial de uma pesquisa de mestrado voltada ao desenvolvimento de um procedimento de calibração de parâmetros comportamentais de microssimuladores para o contexto rodoviário brasileiro, na qual será utilizado o software VISSIM. O objetivo principal deste artigo é identificar, por meio de uma revisão sistemática, os métodos empregados na calibração de parâmetros comportamentais de microssimuladores de tráfego, as estratégias para selecionar os parâmetros e os critérios utilizados para avaliar a calibração. Este estudo surgiu a partir das seguintes questões de pesquisa: Quais os métodos de calibração mais utilizados na literatura em estudos recentes? Como os parâmetros calibrados são selecionados? Quais critérios são utilizados para validar a calibração desses parâmetros?

O artigo está organizado em cinco seções: introdução, metodologia, caracterização do corpo da revisão, resultados e conclusões.

## 2. Metodologia

Adotou-se a revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar os estudos desenvolvidos sobre a calibração de parâmetros comportamentais de microssimuladores de tráfego. O procedimento foi organizado em cinco etapas: (1) definição da base de dados e estratégia de busca; (2) aplicação dos filtros e extração da lista de resultados; (3) triagem por título, resumo e palavras-chave; (4) classificação dos estudos com base em uma pontuação de aderência ao escopo da pesquisa; (5) leitura integral dos artigos selecionados.

A busca foi realizada em agosto de 2026 na base Scopus, escolhida por sua abrangência em periódicos e anais de conferência. Foi definida a seguinte string de busca, aplicada aos campos título, resumo e palavras-chave: TITLE-ABS-KEY ("traffic microsimulation"

OR "traffic micro-simulation" OR "microscopic traffic simulation" OR "VISSIM" ) AND ( calibrat* ) AND ( "car-following" OR "lane-changing" OR "Wiedemann" OR "behavioral parameters" OR "driving behavior" OR "sensitivity analysis")

Em testes preliminares observou-se que a supressão do termo VISSIM reduzia o volume de resultados em aproximadamente 42%, evidenciando a predominância desse software na literatura. Optou-se por incluir o termo e a busca retornou 328 documentos. Em seguida foram aplicados filtros para restringir os resultados a publicações em inglês, do tipo artigos de periódico e artigos de conferência e com o recorte temporal dos últimos cinco anos, entre 2021 e 2026. Com a aplicação do filtro obteve-se 130 registros.

Esses registros foram submetidos a uma triagem a partir da leitura do título, resumo e palavras-chave, com registro da decisão e a justificativa. Os artigos foram analisados e classificados conforme os critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos. Para ser selecionado, o estudo deveria atender aos seguintes critérios de inclusão:

a) Abordar a calibração de parâmetros comportamentais de microssimuladores de tráfego;

b) Apresentar detalhamento sobre o procedimento de calibração dos parâmetros para permitir sua identificação e análise;

c) Tratar de parâmetros comportamentais relacionados ao comportamento de veículos motorizados/condutores.

Foram excluídos os estudos enquadrados em ao menos um dos motivos a seguir:

a) Foco em outro tipo de simulação que não a microssimulação de tráfego;

b) Ausência de detalhamento do processo de calibração, incluindo estudos que apenas mencionam a realização de calibração sem descrever o procedimento adotado;

c) O foco da calibração do estudo trata exclusivamente de ciclistas, pedestres ou outro tipo de usuário fora do escopo;

d) Indisponibilidade do texto completo.

Ao final da triagem foram realizadas 39 exclusões, resultando em 91 artigos considerados elegíveis. Devido às limitações da pesquisa foi necessário realizar uma nova etapa de seleção com o intuito de identificar os trabalhos com maior aderência ao objetivo do estudo e viabilizar sua leitura integral. Para tanto foi realizada uma etapa de priorização na qual cada artigo recebeu uma pontuação de aderência ao escopo. A pontuação foi composta por cinco critérios, verificados a partir da busca de termos correspondentes no título, resumo e palavras-chave de cada artigo, conforme apresentado na Tabela 1. Os pesos foram atribuídos de modo a priorizar os artigos com maior contribuição metodológica a respeito do processo de calibração e aqueles que apresentavam procedimentos de seleção e análise dos parâmetros. A pontuação máxima possível para um trabalho é de 10,0.

**Tabela 1 - Critérios e pesos da pontuação de aderência**

| Critério | Descrição | Peso |
|---|---|---|
| C1 | Apresentação ou comparação de métodos de calibração | 2,5 |
| C2 | Análise de sensibilidade de parâmetros | 2,5 |
| C3 | Estudo de parâmetros comportamentais | 2,0 |
| C4 | Apresentação de método de otimização | 2,0 |
| C5 | Presença do termo calibração no título | 1,0 |

**Fonte: Autora (2026)**

Foram selecionados para a análise final todos os estudos com pontuação igual ou superior a 5,5, resultando em 30 artigos. Após a leitura integral desses trabalhos foram realizadas mais quatro exclusões: três artigos foram removidos por não atenderem aos critérios de inclusão e um por constituir artigo de revisão baseado em dados anteriores ao recorte temporal definido. Ao final do processo restaram 26 artigos para a composição do corpo da revisão.

## 3. Corpo da Revisão

O corpo da revisão é composto por 26 artigos publicados entre 2022 e 2026, distribuídos da seguinte forma ao longo dos anos: 2022 (4), 2023 (7), 2024 (5), 2025 (7) e 2026 (3). Com relação à origem dos casos analisados, observou-se ampla dispersão geográfica. Os Estados Unidos concentraram seis estudos, seguidos pela China, com cinco. Brasil, Índia e Indonésia apresentaram dois estudos cada. Também foram identificados casos na Malásia, Croácia, Alemanha, Irã, Arábia Saudita, Sri Lanka, Bélgica e Paquistão, além de um estudo que utilizou dados provenientes de Alemanha, Áustria e Suíça. Apenas dois trabalhos analisaram casos brasileiros.

## 4. Resultados

O Quadro 1 sistematiza os estudos quanto ao simulador utilizado, modelo comportamental associado, método de calibração, forma de seleção de parâmetros e medida de desempenho. Com relação ao software de simulação, 20 dos 26 trabalhos utilizam o VISSIM, e, consequentemente, os modelos comportamentais disponibilizados por este software (Wiedemann 74 e Wiedemann 99) são os mais presentes.

**Quadro 1 - Características dos estudos incluídos na revisão**

| Autores | Simulador / Modelo | Método de calibração | Seleção de parâmetros | Medida de desempenho |
|---|---|---|---|---|
| Souza e Mosslemi (2022) | Próprio / Gipps e IDM | Metaheurística - Evolução Diferencial multiobjetivo | – | Ocupação; fluxo acumulado |
| Naing et al. (2022) | Próprio / IDM | Aprendizado de máquina - *Deep Reinforcement Learning* | – | Espaçamento; trajetória |
| Budhkar e Maji (2022) | VISSIM / Wiedemann 74 | Metaheurística - GA | Variação ± 20% + teste t | Velocidade (relação velocidade-fluxo) |
| Jehad, Al-Msari e Ismail (2022) | VISSIM / Wiedemann 99 | Manual e iterativa - ajuste orientado por sensibilidade | Método dos Efeitos Elementares de Morris | Fluxo de tráfego; velocidade |
| Daguano et al. (2023) | VISSIM / Wiedemann 74 e 99 | Aprendizado de máquina – MLP como modelo inverso | – | Tempo de viagem; fluxo; velocidade |
| Hale et al. (2023) | VISSIM e AIMSUN / Wiedemann 99 e Gipps | Enumeração e busca sistemática - busca exaustiva | Literatura e experiência | Velocidade/fluxo; *headway* |
| Costa, Sarubbi e Bessa Júnior (2023) | VISSIM / Não especificado | Metaheurística – GRASP + GA | Análise de relevância e intervalos de confiança | Velocidade média |

| Autores | Simulador / Modelo | Método de calibração | Seleção de parâmetros | Medida de desempenho |
|---|---|---|---|---|
| Ištoka Otković et al. (2023) | VISSIM / Wiedemann 74 | Aprendizado de máquina - RNA + busca em MATLAB | – | Tempo de viagem; fila |
| Hofinger et al. (2023) | VISSIM / Wiedemann 99 | Enumeração e busca sistemática - 108 conjuntos predefinidos | Literatura prévia | Capacidade; *time gap*; velocidade; *headway* |
| Abdeen et al. (2023) | VISSIM / Wiedemann 74 e 99 | Manual e iterativa - tentativa e erro | Literatura prévia | Volume; velocidade; tempo de viagem |
| Gunarathne et al. (2023) | VISSIM / Não especificado | Metaheurística - GA multiobjetivo | OAT | Comprimento de fila |
| Salles, Oswald e Reuss (2024) | SUMO / IDM; EIDM; Krauss | Metaheurística - Evolução Diferencial | OAT + Sobol | Espaçamento entre veículos |
| Muttaqin et al. (2024) | VISSIM / Wiedemann 74 | Manual e iterativa - tentativa e erro | – | Volume de tráfego |
| Abuamer e Tampère (2024) | VISSIM / Wiedemann 99 | Otimização estocástica - SPSA | Dispensada deliberadamente | Distribuições de velocidade e *headway* |
| Azam, Hassan e Puan (2024) | VISSIM / Wiedemann 74 | Estatística/empírica – LHD + regressão + *Solver* | OAT + ANOVA | Tempo de viagem e volume de tráfego |
| Li et al. (2024) | VISSIM / Não especificado | Enumeração e busca sistemática - combinações discretas | Análise univariada | Comprimento de fila |
| Liu et al. (2025) | VISSIM / Wiedemann 74 | Metaheurística - GA | Correlação + índice de sensibilidade | Fila; tempo de viagem; ocupação |
| Shi et al. (2025) | SUMO / Não especificado | Otimização baseada em modelos - GMM + *Bayesian Optimization* | Parâmetro de interesse definido previamente | Velocidade |
| Muharror et al. (2025) | VISSIM / Wiedemann 74 | Manual e iterativa - tentativa e erro | – | Comprimento de fila |
| Ranpura, Gujar e Singh (2025) | VISSIM / Wiedemann 99 | Metaheurística - regressão + GA | OAT + ANOVA | Capacidade |
| Afshari et al. (2025) | VISSIM / Wiedemann 99 | Metaheurística - GA | – | Trajetória |
| Hong e Abbas (2025) | VISSIM / IDM | Estatística/empírica - DOE + ajuste estatístico | – | Contagens de conflitos |
| Akbarpoor e Monajjem (2025) | VISSIM / Wiedemann 99 | Metaheurística - GBNM | – | Trajetória |
| Cao et al. (2026) | SUMO / IDM | Otimização estocástica - SPSA | – | Velocidade média espacial e temporal |

| Autores | Simulador / Modelo | Método de calibração | Seleção de parâmetros | Medida de desempenho |
|---|---|---|---|---|
| Sengupta et al. (2026) | SUMO / Não especificado | Estatística/empírica - estimação direta semiautomatizada | – | Tempo de viagem |
| Zhao et al. (2026) | VISSIM / Wiedemann 99 | Metaheurística - GA assistido por MLP | Dispensada deliberadamente | SDF e SGF |

Nota: Na coluna Seleção dos parâmetros, "–" indica que não houve análise de sensibilidade prévia à seleção de parâmetros. GA = *Genetic Algorithm*; GBNM = Globalized Bounded Nelder-Mead; GMM = Gaussian Mixture Model; GRASP = Greedy Randomized Adaptive Search Procedure; OAT = *One-at-a-Time*; SPSA = *Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation*; LHD = *Latin Hypercube Design*; MLP = *Multi-Layer Perceptron*; SDF = *Speed Distribution Function*; SGF = *Speed Gap Function*.

**Fonte: Autora (2026)**

## 4.1 Métodos de calibração dos parâmetros comportamentais

A análise dos 26 artigos selecionados apresentou diversidade nas estratégias utilizadas para a calibração de parâmetros comportamentais. Para possibilitar a comparação, os estudos foram classificados segundo o mecanismo metodológico predominante utilizado para determinar os valores dos parâmetros. Dessa forma, a classificação resultou em seis categorias: metaheurísticas; manual e iterativa; otimização estocástica e baseada em modelos; enumeração e busca sistemática; aprendizado de máquina; abordagem estatística e estimação empírica.

As metaheurísticas constituem a categoria mais frequente, presentes em dez dos 26 artigos analisados. O algoritmo mais recorrente foi o GA, utilizado como método principal em sete desses trabalhos. Também foram identificados o uso de algoritmos de Evolução Diferencial, GRASP, e o GBNM. Em alguns trabalhos o GA foi aplicado diretamente no microssimulador, enquanto em outros foi associado a modelos substitutos previamente ajustados. Budhkar e Maji (2022) utilizam GA implementado em MATLAB e conectado ao VISSIM. Já Zhao et al. (2026) utilizaram uma abordagem de otimização por GA assistida por modelos substitutos MLP treinados a partir de simulações do VISSIM. Durante a calibração, o GA utilizou as previsões dos modelos substitutos, evitando executar o VISSIM em cada iteração, fazendo-o somente para as soluções finais.

Um segundo grupo reúne três artigos que utilizam a otimização estocástica e baseada em modelos, métodos que também automatizam a busca pelos parâmetros, porém utilizam princípios diferentes das metaheurísticas. Shi et al. (2025) propõem um método em duas etapas: na primeira utilizam GMM para identificação de diferentes estilos de condução e agrupam em três perfis, convertendo cada grupo em uma distribuição de velocidade desejada. Na segunda, a *Bayesian Optimization* refina esses valores de forma a minimizar a discrepância entre as velocidades simuladas e observadas. Cao et al. (2026) e Abuamer e Tampère (2024) adotam o SPSA, que estima o gradiente da função objetivo perturbando simultaneamente todos os parâmetros, atualizando-os iterativamente.

Foi identificada a calibração manual e iterativa em quatro estudos. Neste método são realizados ajustes sucessivos dos parâmetros, sem a presença de um algoritmo de otimização. Muharror et al. (2025), Muttaqin et al. (2024) e Abdeen et al. (2023) empregaram procedimentos de tentativa e erro, nos quais os valores dos parâmetros foram alterados iterativamente e os resultados simulados comparados com os dados observados. Os autores Jehad, Al-Msari e Ismail (2022) adotaram procedimento semelhante em seu trabalho, porém precedido pela identificação dos parâmetros relevantes por meio de análise de sensibilidade.

A enumeração e busca sistemática agrupa três estudos que avaliam e comparam soluções previamente definidas. Hale et al. (2023) empregam a busca exaustiva para avaliar todas as combinações de valores candidatos e identificar aquelas com erros médios menores. Hofinger et al. (2023) definem e simulam 108 conjuntos de parâmetros, e para cada conjunto calculam uma função objetivo ponderada, selecionando o conjunto com menor erro total. Li et al. (2024) testaram combinações discretas dos parâmetros previamente selecionados, escolhendo a configuração com menor erro médio. Nesta categoria, diferentemente das metaheurísticas, não existe um mecanismo responsável por gerar progressivamente novas soluções.

Na abordagem por aprendizado de máquina, os modelos aprendidos a partir dos dados participam diretamente da determinação dos parâmetros. Daguano et al. (2023) treinam uma rede neural artificial do tipo MLP como modelo inverso para estimar os parâmetros a partir dos dados produzidos pelo microssimulador. Ištoka Otković et al. (2023) também utilizam redes neurais artificiais, treinando-as com resultados de simulações para gerar funções preditivas utilizadas na identificação das combinações que produzem menor diferença em relação aos dados observados. Naing et al. (2022) propõem uma calibração dinâmica baseada em aprendizado por reforço profundo para atualização dinâmica dos parâmetros comportamentais ao longo da simulação, diferenciando-se dos procedimentos de calibração convencionais baseados em um conjunto estático de parâmetros.

Por fim, três estudos adotam abordagens estatísticas ou de estimação empírica. Sengupta et al. (2026) propõem um procedimento semiautomatizado no qual parâmetros comportamentais são estimados a partir de dados observados. Parâmetros de aceleração, desaceleração, velocidade desejada, entre outros, foram derivados de distribuições e características observadas nos dados de trajetórias. Azam, Hassan e Puan (2024) ajustam um modelo de regressão linear sobre combinações de parâmetros geradas por meio de um planejamento por hipercubo latino (LHD), posteriormente introduzindo a regressão linear no Excel Solver, que buscou combinações cujos resultados se aproximassem mais dos dados observados em campo. Hong e Abbas (2025) substituem o modelo de car-following nativo do VISSIM pelo modelo IDM, implementado via *External Driver Model* (EDM) API e constroem um projeto de experimentos com 84 combinações das 11 variáveis de entrada e determinam os valores por ajuste estatístico e perfis de predição. Embora os trabalhos apresentem metodologias diferentes, eles compartilham o uso de relações estatísticas ou estimativas empíricas na determinação dos valores dos parâmetros.

Os resultados mostram que, embora as metaheurísticas constituam a categoria mais frequente nos estudos analisados, existe uma ampla diversidade de estratégias, incluindo procedimentos híbridos que fazem a combinação de diferentes técnicas.

### 4.2 Seleção dos parâmetros e análise de sensibilidade

Dos 26 artigos analisados, somente nove realizaram análise de sensibilidade com o propósito de selecionar previamente os parâmetros a serem calibrados. Nos demais trabalhos, os parâmetros foram definidos com base na literatura, na disponibilidade dos dados, na decisão do analista ou foram calibrados sem uma etapa formal de seleção.

Entre os estudos que empregaram análise de sensibilidade para a seleção, predominaram procedimentos baseados na alteração individual dos parâmetros. As estratégias do tipo OAT, em que um parâmetro é alterado por vez enquanto os demais permanecem constantes, foram as mais recorrentes. Em alguns estudos essa estratégia é complementada por outras técnicas, por exemplo, Budhkar e Maji (2022) variam os parâmetros em ±20% de seus valores padrão e utilizam teste t para selecionar os parâmetros mais sensíveis. Azam, Hassan e Puan (2024) e Ranpura, Gujar e Singh (2025) combinaram OAT e ANOVA (análise de variância) com intervalo de confiança de

95% para reduzir o conjunto inicial de parâmetros. Já Liu et al. (2025) associaram alterações individuais dos parâmetros à correlação de Pearson e a coeficientes de sensibilidade.

Salles, Oswald e Reuss (2024) diferenciaram-se por comparar a técnica OAT com a análise global baseada em variância pelo método de Sobol. Os autores concluem que o método de Sobol oferece uma solução mais adequada para o problema, pois permite avaliar simultaneamente as interações entre os parâmetros e identifica efeitos não detectáveis quando estes são avaliados isoladamente.

Na maior parte dos estudos, entretanto, a seleção dos parâmetros não foi realizada a partir de uma análise de sensibilidade. Hale et al. (2023), por exemplo, selecionam os parâmetros e seus valores utilizando suas experiências com microssimulação e com base em orientações disponíveis na literatura.

Foram identificados trabalhos que optaram por deliberadamente não realizar análise de sensibilidade. Abuamer e Tampère (2024) calibram simultaneamente 41 parâmetros e argumentam que uma análise global de sensibilidade pode exigir mais simulações que a própria otimização. De modo semelhante, Zhao et al. (2026) mantiveram os 19 parâmetros considerados na calibração para evitar que uma seleção prévia restringisse o espaço de soluções.

Observa-se que não existe um consenso sobre a necessidade da etapa de análise de sensibilidade anteriormente à calibração. Enquanto alguns autores optam por realizá-la para reduzir o custo computacional, outros priorizam a calibração simultânea para preservar possíveis efeitos das interações entre parâmetros.

### 4.3 Medidas de desempenho e critérios de calibração

Com relação às medidas utilizadas para estabelecer a relação entre os dados simulados e os dados observados, os estudos foram agrupados conforme a natureza predominante das medidas. Dezesseis trabalhos utilizaram medidas agregadas na calibração, como velocidade, fluxo, tempo de viagem, comprimento de fila, ocupação e capacidade. Quatro estudos utilizaram principalmente medidas microscópicas ou baseadas em trajetórias, e outros quatro combinaram indicadores agregados e comportamentais. Um estudo estimou diretamente os parâmetros sem uma função objetivo única e outro utilizou medidas de segurança baseadas em conflitos veiculares.

A predominância dos indicadores agregados mostra que, mesmo quando os parâmetros ajustados descrevem comportamentos individuais, sua adequação é frequentemente avaliada pelos efeitos produzidos sobre o desempenho geral do tráfego. Em contraste, os estudos baseados em informações microscópicas utilizaram medidas diretamente relacionadas às interações entre veículos, como espaçamento, *headway* e trajetórias.

Os estudos que combinaram diferentes níveis de informação evidenciam a importância dessa escolha. Hale et al. (2023) observaram que a calibração com medidas macroscópicas melhora velocidade e fluxo, mas não necessariamente produz trajetórias individuais realistas. A abordagem híbrida apresentou maior equilíbrio entre os dois níveis. Hofinger et al. (2023) chegaram a resultado semelhante, identificando conjuntos distintos de parâmetros ótimos conforme o objetivo considerado.

Zhao et al. (2026) reforçam esse resultado ao comparar indicadores macroscópicos e mesoscópicos. Os autores combinaram a SDF, associada ao nível macroscópico do tráfego, com a SGF, baseada na relação entre velocidade e espaçamento. Os resultados mostraram que a calibração realizada exclusivamente pela distribuição de velocidades produziu bom ajuste macroscópico sem assegurar a reprodução adequada do comportamento de *car-following*, evidenciando que a função objetivo não constitui apenas

uma escolha operacional da calibração, mas influencia diretamente no conjunto de parâmetros obtido e o nível de comportamento que o modelo será capaz de reproduzir.

A formulação da função objetivo aparece de forma ainda mais explícita em Abuamer e Tampère (2024), que calibraram simultaneamente distribuições de velocidade e *headway*. Os autores mostram que os próprios parâmetros convergem em resposta às informações incluídas na função objetivo e que a métrica utilizada para comparar dados simulados e observados também interfere nos resultados.

De forma geral, os resultados indicam que a escolha das medidas de desempenho participa da própria definição do conjunto de parâmetros considerado adequado. Indicadores agregados são predominantes e mais acessíveis, mas podem não representar adequadamente as interações individuais.

## 5. Conclusões

Este artigo analisou 26 estudos publicados entre 2022 e 2026 com o objetivo de identificar, por meio de uma revisão sistemática, os métodos empregados na calibração de parâmetros comportamentais de microssimuladores de tráfego, as estratégias adotadas para a seleção dos parâmetros e os critérios utilizados para avaliar a calibração.

Os resultados evidenciam ampla diversidade metodológica, classificadas em seis categorias. As metaheurísticas constituíram a categoria mais frequente, presente em dez dos 26 estudos, principalmente por meio do Algoritmo Genético. Entretanto, também foram encontradas abordagens manuais, métodos de busca sistemática, otimização estocástica, aprendizado de máquina e procedimentos estatísticos ou baseados em estimação empírica. A presença de métodos híbridos demonstra que diferentes técnicas podem desempenhar funções complementares dentro de um mesmo procedimento de calibração.

Quanto à seleção dos parâmetros, apenas nove dos 26 estudos realizaram análise de sensibilidade como etapa prévia à calibração. Entre eles, predominaram procedimentos do tipo *One-at-a-Time*. Observou-se que a ausência dessa etapa não representa necessariamente uma fragilidade metodológica, uma vez que alguns autores optam deliberadamente pela calibração simultânea de conjuntos amplos, argumentando que a seleção prévia pode restringir o espaço de soluções.

Com relação aos critérios de avaliação, a maior parte dos estudos utilizou medidas agregadas. Dezesseis estudos utilizaram principalmente indicadores como velocidade, fluxo, tempo de viagem, fila e capacidade, enquanto uma parcela menor utilizou medidas diretamente relacionadas ao comportamento microscópico. Os resultados indicam que um bom ajuste de medidas agregadas não garante necessariamente uma representação adequada das interações individuais entre os veículos. Nesse sentido, estudos que combinam indicadores macroscópicos e microscópicos apresentam uma alternativa para aumentar a representatividade da calibração.

A revisão evidenciou a escassez de pesquisas no contexto brasileiro, com apenas dois estudos identificados. Como limitações, o estudo foi restrito à base Scopus e utilizou uma etapa de priorização dos trabalhos por aderência ao objetivo da pesquisa. Dessa forma, as frequências identificadas devem ser interpretadas em relação ao corpus analisado.

## Referências

ABDEEN, M. A. R.; FARRAG, S.; BENAIDA, M.; SHELTAMI, T.; EL-HANSALI, Y. VISSIM calibration and validation of urban traffic: a case study Al-Madinah City. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 27, p. 1747-1756, 2023. DOI: 10.1007/s00779-023-01738-9.

ABUAMER, I. M. A.; TAMPÈRE, C. M. J. Traffic microsimulation for smart cities: investigating the impact of objective function formulation on calibration efficiency. **IET Smart Cities**, v. 6, n. 4, p. 276-290, 2024. DOI: 10.1049/smc2.12092.

AFSHARI, A.; LEE, J.; BESENSKI, D.; DIMITRIJEVIC, B.; SPASOVIC, L. Calibrating microscopic traffic simulation model using connected vehicle data and genetic algorithm. **Applied Sciences**, v. 15, n. 3, art. 1496, 2025. DOI: 10.3390/app15031496.

AKBARPOOR, H.; MONAJJEM, S. Innovative algorithms for VISSIM microsimulation calibration and traffic breakdown modeling at on-ramp bottlenecks. **Operations Research Forum**, v. 6, n. 2, art. 59, 2025. DOI: 10.1007/s43069-025-00464-7.

ARAÚJO, D. R. C. et al. Método de calibração de modelos de micro-simulação de tráfego através de otimização multivariada. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 5-12, jun. 2004.

AYALA, R. J. L. **Procedimento para identificação dos principais parâmetros dos microssimuladores a serem considerados no processo de calibração**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

AZAM, M.; HASSAN, S. A.; PUAN, O. C. Calibration of VISSIM for an urban corridor under heterogeneous traffic conditions. **European Transport / Trasporti Europei**, n. 98, art. 6, 2024. DOI: 10.48295/ET.2024.98.6.

BETHONICO, F. C. **Calibração de simuladores microscópicos de tráfego através de medidas macroscópicas**. 2016. 116 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

BUDHKAR, A. K.; MAJI, A. Calibration and validation of VISSIM parameters in mixed traffic. In: MAURYA, A. K.; MAITRA, B.; RASTOGI, R.; DAS, A. (ed.). **Proceedings of the Fifth International Conference of Transportation Research Group of India: 5th CTRG, Volume 2**. Singapore: Springer, 2022. p. 171-192. DOI: 10.1007/978-981-16-8259-9_12.

CAO, X.; WANG, X.; DONG, Y.; XU, Z.; CHEN, P.; JING, D.; WU, Z. Three-layer model calibration for SUMO: a study on speed-limit compliance in Chinese work zones. **Applied Sciences**, v. 16, n. 14, art. 7091, 2026. DOI: 10.3390/app16147091.

COSTA, A. L.; SARUBBI, J. F. M.; BESSA JÚNIOR, J. E. A new strategy for obtaining VISSIM's behavioral parameters for microscopic simulation of two-lane rural highways. **Advances in Transportation Studies: an International Journal**, v. 59, p. 87-102, 2023. DOI: 10.53136/97912218058266.

DAGUANO, R. F.; YOSHIOKA, L. R.; NETTO, M. L.; MARTE, C. L.; ISLER, C. A.; SANTOS, M. M. D.; JUSTO, J. F. Automatic calibration of microscopic traffic simulation models using artificial neural networks. **Sensors**, v. 23, n. 21, art. 8798, 2023. DOI: 10.3390/s23218798.

GUNARATHNE, D.; AMARASINGHA, N.; KULATHUNGA, A.; WICKRAMASINGHE, V. Optimization of VISSIM driver behavior parameter values using genetic algorithm. **Periodica Polytechnica Transportation Engineering**, v. 51, n. 2, p. 117-125, 2023. DOI: 10.3311/PPtr.20106.

HALE, D. K.; GHIASI, A.; KHALIGHI, F.; ZHAO, D.; LI, X.; JAMES, R. M. Vehicle trajectory-based calibration procedure for microsimulation. **Transportation Research Record**, v. 2677, n. 1, p. 1764-1781, 2023. DOI: 10.1177/03611981221124597.

HOFINGER, F.; HABERL, M.; FELLENDORF, M.; ROSENKRANZ, P.; MISCHINGER, M.; BRANDENBURG, A.; HOSER, M. 3-step calibration process of a microscopic traffic flow simulation platform for mixed traffic scenarios. **Transportation Research Procedia**, v. 72, p. 1778-1785, 2023. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.653.

HOLLANDER, Y.; LIU, R. **The Principles of Calibrating Traffic Microsimulation Models**. Transportation, v. 35, p. 347–362, 2008.

HONG, D.; ABBAS, M. Calibrating driver aggression parameters in microscopic simulation using safety-surrogate measures. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC), 2025, Seattle. **Proceedings of the 2025 Winter Simulation Conference**. [S. l.]: IEEE, 2025. p. 1279-1290. DOI: 10.1109/WSC68292.2025.11338893.

HOURDAKIS, J.; MICHALOPOULOS, P.; KOTTOMMANNIL, J. Practical procedure for calibrating microscopic traffic simulation models. **Transportation Research Record**, v. 1852, p. 130-139, 2003.

IŠTOKA OTKOVIĆ, I.; TOLLAZZI, T.; ŠRAML, M.; VAREVAC, D. Calibration of the microsimulation traffic model using different neural network applications. **Future Transportation**, v. 3, n. 1, p. 150-168, 2023. DOI: 10.3390/futuretransp3010010.

JEHAD, A. E.; AL-MSARI, H.; ISMAIL, A. Calibration and validation of VISSIM microscopic model of contraflow operation system of Silk Highway, Malaysia. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 640-653, 2022.

LI, Y.; LIANG, Z.; WANG, R.; DENG, R.; WANG, R.; NIU, Y.; SUN, P. Calibration method for driving behavior parameters in simulation model of asphalt pavement with different gradations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE, VIDEO PROCESSING, AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IVPAI), 5., 2023. **Proceedings of SPIE**, v. 13074, art. 130740A, 2024. DOI: 10.1117/12.3023733.

LIU, H.; DENG, H.; LI, J.; YANG, S.; DONG, K.; ZHAO, Y. Calibration method for microscopic traffic simulation considering lane difference. **Simulation**, v. 101, p. 625-644, 2025. DOI: 10.1177/00375497241268740.

MAIA, F. V. B. **Calibração e validação de modelos de meso e microssimulação do tráfego para a avaliação de intervenções tático-operacionais na malha viária urbana**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MUHARROR, A.; HASHIM, W.; KAMALUDDIN, N. A.; ZAINUDDIN, N. I.; MD NOH, N. I. F.; SHAFFIE, E. Modelling heterogeneous traffic performance during non-recurrent congestion (NRC): a case study of Tugu Bundaran Sweta intersection. **Pertanika Journal of Science & Technology**, v. 33, n. S3, p. 49-63, 2025. DOI: 10.47836/pjst.33.S3.04.

MUTTAQIN, M. Z.; FESWIGER, N.; ZAINI, A. K.; KUMALASARI, C. Experience in calibrating the VISSIM microscopic simulation model for an unsignalized intersection in Pekanbaru, Indonesia. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1294, art. 012020, 2024. DOI: 10.1088/1755-1315/1294/1/012020.

NAING, H.; CAI, W.; WU, T.; YU, L. Dynamic car-following model calibration with deep reinforcement learning. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 25., 2022, Macau. **Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems**. IEEE, 2022. p. 959-966. DOI: 10.1109/ITSC55140.2022.9922041.

RANPURA, P.; GUJAR, R.; SINGH, S. Development of mixed traffic microsimulation model calibration for signalized intersections. **Transportation Research Procedia**, v. 82, p. 2898-2910, 2025. DOI: 10.1016/j.trpro.2024.12.226.

SALLES, D.; OSWALD, S.; REUSS, H.-C. Improving the intelligent driver model by incorporating vehicle dynamics: microscopic calibration and macroscopic validation. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 27., 2024, Edmonton. **Proceedings of the 27th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems**. IEEE, 2024. p. 2467-2473. DOI: 10.1109/ITSC58415.2024.10919886.

SENGUPTA, R.; CASBURN, R.; PATEL, T.; DILMORE, J.; RANKA, S. A practical pipeline for urban arterial simulation calibration. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VEHICLE TECHNOLOGY AND INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (VEHITS), 12., 2026, Benidorm. **Proceedings of the 12th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems**. [S. l.]: SCITEPRESS, 2026. p. 382-392. DOI: 10.5220/0014818600004030.

SHI, Y.; WU, T.; GUO, T.; HUO, J.; GU, Z.; DAI, Y.; LIU, Z. Traffic simulation optimization considering driving styles. **Communications in Transportation Research**, v. 5, n. 2, art. 100181, 2025. DOI: 10.1016/j.commtr.2025.100181.

SOUZA, F. de; MOSSLEMI, M. Unveiling the capacity drop phenomenon through traffic microsimulation: modeling, calibration, and sensitivity analysis. **IEEE Access**, v. 10, p. 117611-117625, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3219095.

SPIEGELMAN, C. H.; PARK, E. S.; RILETT, L. R. **Transportation statistics and microsimulation**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

ZHAO, N.; LIU, R.; LI, J.; HAO, S. A stepwise calibration method for microscopic traffic simulation in continuous-flow tunnel scenarios based on macro- and mesoscopic indicators. **Applied Sciences**, v. 16, n. 13, art. 6656, 2026. DOI: 10.3390/app16136656.