



**USO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVENTOS
DISCRETOS NA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE UMA
INTERSEÇÃO SEMAFORIZADA**

Anderson Gabriel Macedo Silva

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(anderson.mccedo@discente.univasf.edu.br)

Herold Leandro Araújo Nascimento

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(herold.araujo@discente.univasf.edu.br)

Higor Roberto Dos Santos Lima

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(higor.santos@discente.univasf.edu.br)

Edson Tetsuo Kogachi

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(edson.kogachi@univasf.edu.br)

CONTEXTUALIZAÇÃO: A expansão da malha viária urbana, impulsionada pelo aumento contínuo da frota de veículos desde o século XX, tornou as interseções pontos de maior complexidade e perigo no gerenciamento do trânsito. Nesses pontos, múltiplos fluxos de veículos e pedestres se encontram, gerando conflitos potenciais que, se não controlados adequadamente, resultam em acidentes e congestionamentos (Bertocini; Demarchi, 2005). Para ordenar esses fluxos, dispositivos de controle são necessários. Entre os mais comuns está o semáforo, que, apesar de sua utilidade, pode apresentar desempenho operacional insatisfatório, resultando na formação de filas e atrasos



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

significativos. Nesse cenário, as interseções do tipo rotatória (ou rótula) têm se firmado, ao longo das décadas, como soluções de excelente custo-benefício (Silva; Vasconcelos; Santos, 2014). Quando bem projetadas, as rotatórias visam aumentar a capacidade de tráfego, reduzir os atrasos e, principalmente, diminuir a severidade dos acidentes. Contudo, a decisão de substituir uma interseção semaforizada por uma rotatória é complexa. Um projeto mal dimensionado pode interferir negativamente na segurança e na capacidade da via (Costa, 2010). Diante do alto custo e da complexidade das intervenções, a simulação de eventos discretos de tráfego surge como uma ferramenta estratégica. Segundo Moita e Almeida (2012) a simulação permite avaliar com precisão o impacto de modificações, otimizando a análise e permitindo prever as consequências que as mudanças trarão à área de estudo, comparando cenários distintos antes que intervenções físicas sejam realizadas. A simulação de eventos discretos é frequentemente aplicada em interseções semaforizadas ou rotatórias em trabalhos científicos. Apenas nos três últimos anos, podemos citar os estudos de Cheah, Y. H.; Yeak, S. H. (2022), Calistus *et al.* (2023), Previati *et al.* (2023) e Sciendo (2023).

OBJETIVO: O presente estudo avalia alternativas para uma interseção semaforizada por meio da Simulação de Eventos Discretos, utilizando o software Arena.

MÉTODO: Inicialmente, foi realizada uma pesquisa na internet para identificar vias de trânsito semaforizadas, abertas ao público e com transmissão ao vivo. Selecionou-se, então, um cruzamento em que a via principal é uma avenida que percorre a cidade no sentido leste-oeste, composta por duas pistas para cada sentido de circulação, separadas por um canteiro central. Essa avenida é cortada transversalmente por uma rua de mão dupla, no sentido sul-norte. O cruzamento é controlado por cinco semáforos: dois estão localizados na avenida, na aproximação leste, sendo que no semáforo (1.1) os motoristas só podem cruzar a avenida, virando à esquerda para o sentido norte, enquanto no semáforo (1.2) podem seguir em frente no sentido oeste ou virar à direita em direção ao sul; ainda na avenida, na aproximação oeste, o semáforo (2) permite seguir em frente no sentido leste ou virar à direita para o norte; na rua transversal, o semáforo (3), na aproximação sul, permite seguir em frente no sentido norte, virar à esquerda para o leste ou à direita

para o oeste; por fim, no semáforo (4), na aproximação norte, é possível seguir em frente no sentido sul, virar à direita para o leste ou à esquerda para o oeste. Em seguida, foram coletados os tempos entre chegadas de veículos em cada um dos cinco semáforos, as rotas seguidas pelos motoristas para cálculo do percentual de preferência entre seguir reto, virar à esquerda ou à direita, e os tempos de abertura de cada semáforo. A situação atual foi modelada e validada no *software* Arena, destacando-se o uso de cinco módulos **Create** para representar cada semáforo, um módulo **Create** adicional responsável pelo controle dos tempos de abertura dos sinais e o módulo **Hold** aplicado nas condições de fila, estado dos recursos e sinais de liberação do tráfego. Em seguida, foram desenvolvidas três alternativas de cenários. A primeira modelagem considerou a substituição do sistema semaforizado por rotatória, a segunda considerou ajuste dinâmico dos tempos de abertura do semáforo conforme o tamanho das filas e a terceira considerou eliminar o semáforo (1.1).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: O estudo foi realizado em uma interseção semaforizada localizada em um município do litoral brasileiro, em um dia da semana típico entre 9h e 11h. Para coleta de dados, utilizou-se uma câmera de monitoramento 24h, posicionada de forma a registrar todo o fluxo veicular. Foram contabilizados os tempos entre chegadas em cada um dos cinco semáforos, bem como o tempo de abertura de cada um deles. Apesar de serem cinco semáforos, foram analisados os tempos entre a chegada de cada veículo e seu respectivo destino, resultando na obtenção de 11 rotas (1.1→4; 1.2→2; 1.2→3; 2→1; 2→4; 3→1; 3→4; 3→2; 4→1; 4→3; 4→2), nas quais o número à esquerda da seta indica a origem e o da direita, o destino. No cenário atual o tempo médio foi de 34,3 segundos. Das onze rotas oito ficaram próximos à média, enquanto as 1.2→2 e 1.2→3 ficaram abaixo, e a rota 1.1→4 apresentou tempo significativamente superior, com média de 63,7 segundos. No cenário alternativo para o modelo rotatória a média foi semelhante, 34,9 segundos. No entanto observaram-se disparidades, metade das rotas ficaram abaixo de 12 segundos e a outra entre 43 e 78 segundos. Essa diferença ocorre porque, na dinâmica da rotatória, a entrada só é possível quando a rota anterior estiver livre, o que dificulta o acesso em alguns pontos. Já o



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

terceiro cenário resultou em média ligeiramente menor e tempos semelhantes ao cenário 1, indicando que a alternativa de automatização do tempo do semáforo conforme fila é promissora, especialmente por se ajustar a diferentes dinâmicas de trânsito. Por fim, o quarto cenário, como esperado reduziu significativamente no tempo médio chegando a 23,7 segundos. Esse resultado deve ser verificado pelos agentes de trânsito, se justifica a existência de um semáforo exclusivo (1.1) para conversão à esquerda.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: A análise comparativa entre os cenários simulados demonstrou que o controle semafórico fixo, embora funcional, apresenta limitações quanto à adaptação às variações de fluxo veicular ao longo do dia, resultando em discrepâncias em tempos médios de espera. A alternativa com rotatória revelou desempenho variável, com ganhos de fluidez em determinadas aproximações, mas também com possibilidade de acúmulo de filas em situações de demanda desequilibrada. Já a alternativa de automatização do tempo de abertura do semáforo mostrou-se promissora, principalmente, em diferentes dinâmicas de tráfego. Já o cenário que prevê a eliminação do único semáforo exclusivo (1.1→4) apresentou redução significativa no tempo médio e na variabilidade dos resultados, entretanto, é necessário avaliar se os benefícios obtidos nas demais rotas justificam a sua remoção. Diante disso, observa-se que a utilização de ferramentas de modelagem e simulação de eventos discretos se mostra essencial para subsidiar decisões de engenharia de tráfego, permitindo prever cenários e evitar intervenções de alto custo com resultados incertos. Ademais, destaca-se o potencial de aplicação de tecnologias inteligentes baseadas em sensores e algoritmos adaptativos como alternativa promissora para automatizar a dinâmica do controle semafórico e a fluidez do trânsito em ambientes urbanos complexos. Conclui-se, portanto, que a simulação computacional constitui um recurso eficaz para avaliação de alternativas operacionais em interseções urbanas, contribuindo para o planejamento de mobilidade mais seguro, dinâmico e alinhado às demandas contemporâneas de tráfego. Estudos futuros podem ampliar a análise incorporando variáveis como presença de pedestres, horários de pico diferenciados e integração com modais sustentáveis de transporte.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, Semáforo, Rotatória, Arena



REFERÊNCIAS

BERTONCINI, B. V. E DEMARCHI, S. H. **Impacto nas medidas de desempenho operacional devido a substituição de interseção semaforizada por rotatória**, XIX ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2005.

CALISTUS, C.; MARTIN, O.; MONDAY, A.; JOE, E. **Discrete Event Simulation-Based Evaluation of a Single-Lane Synchronized Dual-Traffic Light Intersections**. Journal of Computer and Communications, 11, 82-100. DOI:10.4236/jcc.2023.1110006. 2023.

CHEAH, Y. H., YEAK, S. H. **Modeling and Simulation on Roundabout with Waiting System**. In: Proceedings of the International Conference on Mathematical Sciences and Statistics 2022 (ICMSS 2022). Atlantis Press. DOI:10.2991/978-94-6463-014-5_29.

COSTA, J. B. **Mini-rotatórias: Contribuição na redução de conflitos em interseções urbanas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010.

MOITA, M. H. V.; ALMEIDA, E. S. **Aplicação de simulação para obtenção de soluções ao tráfego em rotatória da cidade de Manaus**. Jornal of Transport Literature, vol. 6, n. 1, pp. 93-109. 2012.

PREVIATI, G.; MASTINU, G.; CAMPI, E.; GOBBI, M.; UCCELLO, L.; ALBANESE, A.; ZALAYA, P. **Roundabout Traffic: Simulation with Automated Vehicles, AI, 5G, Edge Computing and Human in the Loop**. 2023.

SCIENDO. **Modelling and Simulation of Traffic Light Control**. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 23(3), 179-191. DOI:10.2478/cait-2023-0032. 2023

SILVA, A. B.; VASCONCELOS, L.; SANTOS, S. **Moving from conventional roundabouts to turbo-roundabouts**. Procedia - Social and Behavioral Sciences 111, p. 137-146. 2014.