

Planejamento Estratégico de Transporte nos Distritos de Conhecimento: da mobilidade urbana sustentável às ruas completas

VIVIAN BARDINI¹, WILLIAM EMILIANO², VITOR EDUARDO MOLINA³, FELIPPE CANTERAS⁴

^{1,2,3,4} Faculdade de Tecnologia, UNICAMP

¹bardini@unicamp.com, <https://orcid.org/0000-0003-1573-2557>

²emiliano@unicamp.br, <https://orcid.org/0000-0002-6743-7341>

³vemolina@unicamp.br, <https://orcid.org/0000-0002-6205-961X>

⁴canteras@unicamp.br, <https://orcid.org/0000-0002-1979-0765>

Resumo. O objetivo desse trabalho é explorar como o planejamento urbano do sistema viário pode propiciar a integração de diversos modos de transportes dentro das áreas em que os Distritos de Conhecimento estão inseridos, priorizando os modos de transporte ativos e coletivos, de maneira a promover segurança e conforto para as pessoas. O planejamento de centros urbanos que expandem a capacidade de caminhar, aumentam o transporte e a conectividade das áreas dentro do território e ampliam a resiliência da infraestrutura são intrinsecamente sustentáveis. Nessa direção, realiza-se uma revisão sobre Ruas Completas e como seu conceito pode ser aplicado aos Distritos de Conhecimento, que engloba não apenas a implementação de infraestrutura dedicada para bicicletas e ônibus, mas também abrange o bairro, o contexto da rua e a convivência social, trazendo benefícios ao meio urbano e ao bem-estar da população e incentivam o uso de transportes sustentáveis e infraestruturas verdes.

Palavras-chave: mobilidade urbana sustentável, ruas completas, infraestrutura verde, simulação de tráfego, ruas verdes.

1 Introdução

A responsabilidade fundamental no planejamento de transportes é fornecer mobilidade acessível a todos os membros da sociedade, especialmente aqueles com opções de mobilidade limitadas. O planejamento de um sistema de transporte está associado à necessidade de prever decisões e evitar erros, criação de subsídios para a tomada de

decisões, e tem a tarefa de conciliar os interesses dos decisores e das partes envolvidas e/ou atingidas.

As decisões relacionadas aos sistemas de transportes no país têm tradicionalmente um caráter político, ou seja, as decisões por investimentos em uma ou outra modalidade de transporte foram essencialmente decisões políticas, o que resultou em uma matriz baseada, principalmente, no transporte rodoviário motorizado, com baixa participação da bicicleta e do transporte sobre trilhos. Assim, o planejamento de longo prazo é crucial para que as secretarias de planejamento e infraestrutura de transporte possam tomar decisões eficazes que ajudem todos a superar os desafios futuros relacionados com as mudanças climáticas, tecnologias emergentes, fatores econômicos (por exemplo, aumento dos preços dos combustíveis) ou pandemias.

O sistema de transporte deve ter o objetivo de promover a mobilidade urbana de forma sustentável e universal à população, e ao mesmo tempo, as cidades devem ser projetadas de forma a minimizar a poluição do ar, do solo, da água, reduzir desperdícios e o consumo de recursos.

Construir um sistema urbano de inovação e empreendedorismo não é tarefa fácil, pois deve ser uma combinação de recursos locais (construídos de forma ampla) e fatores ambientais regionais que incentiva e dinamiza atividades inovadoras e empreendedoras no território (Qian, 2017), e sua vitalidade depende das bases de conhecimento localizadas nesses locais.

Como o planejamento urbano do sistema viário poderá propiciar a integração de diversos modos de transportes dentro em que os Distritos de Conhecimento estão inseridos, priorizando os modos de transporte ativos e coletivos, de maneira a promover segurança e conforto para as pessoas?

O escopo desta pesquisa é interdisciplinar, sendo não só um grande desafio intelectual, mas também em domínios como o planejamento urbano, mobilidade sustentável e engenharia de transportes e tráfego.

2 Mobilidade Urbana Sustentável

O conceito de mobilidade urbana sustentável busca incorporar aos preceitos de sustentabilidade econômica, social e ambiental a capacidade de se atender as necessidades da sociedade de se deslocar de forma segura e eficiente, garantindo o acesso físico às atividades e serviços.

A mobilidade é influenciada por fatores como as dimensões do espaço urbano, a complexidade das atividades nele desenvolvidas, a disponibilidade de serviços de transporte e as características socioeconômicas da população, como renda, faixa etária e gênero.

De acordo com o Grupo de Especialistas em Transportes e Meio Ambiente da Comissão Europeia (EEA, 2004), a mobilidade urbana sustentável está associada aos conceitos de bem-estar econômico e social, sem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente, integrando as dimensões sociais, econômicas e ambientais. Dentro desses conceitos, cita-se a limitação das emissões e os resíduos, utilização de recursos renováveis a um ritmo inferior ou igual a sua renovação, utilização dos recursos não renováveis a um ritmo inferior

ou igual ao desenvolvimento de substitutos renováveis e reduz ao mínimo o uso do solo e a emissão de ruído” (OECD, 2000 apud MOURELO, 2002).

Os problemas associados à mobilidade são multidimensionais, que envolvem o acesso aos meios de transporte, planejamento físico e organização das cidades, e estão diretamente relacionados com a qualidade de vida e da eficiência econômica nas cidades. Os principais aspectos que vêm sendo contemplados nas políticas para promoção da mobilidade sustentável estão resumidos na Figura 1.



Figura 1. Aspectos da mobilidade urbana sustentável. Fonte: Brasil, 2006.

No Brasil, as iniciativas em difundir o conceito de mobilidade urbana sustentável têm sido coordenadas pelo Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SEMOB), com um enfoque especial para as condições de acessibilidade. As políticas públicas voltadas à mobilidade sustentável visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (SEMOB, 2005).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana é um instrumento da política de desenvolvimento urbano que visa a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território.

Dentre os instrumentos legais utilizados como guia para a implementação da política urbana dos municípios, destaca-se o controle de Polo Geradores de Viagens (PGV), uma vez que os Distritos de Conhecimento se tornam um empreendimento que atrai e/ou produz grande número de viagens. Os PGV são empreendimentos que tem a característica de atrair grande quantidade de pessoas e/ou cargas, e consequentemente, geram tráfegos intensos ao seu redor e nas suas áreas de influência. Assim, é de extrema importância o estudo do impacto sobre o sistema viário de acesso e da área de entorno.

A forma como se ocupa o solo, as alterações no sistema viário, e a presença de PGVs, que podem promover mudanças no padrão do uso e ocupação do solo, são eventos interligados e que interferem na qualidade e na sustentabilidade da mobilidade urbana (Alves, 2015).

2.1 Ruas Completas

O projeto do espaço urbano no Brasil tem seguido o modelo centrado no carro, com a ideia de que mobilidade e acessibilidade são objetivos conflitantes, por exemplo, que rotas de tráfego estruturais não são compatíveis com calçadas largas e travessias seguras. Porém, em todo o país, as comunidades estão adotando uma forma nova e mais segura de construir o sistema viário, mostrando que as ruas podem acomodar uma circulação veicular eficiente e, ao mesmo tempo, proporcionar espaços agradáveis e seguros para pedestres e ciclistas, melhorando a convivência entre as pessoas (WRI, 2023).

Ruas completas podem promover uma mudança de paradigma no papel das ruas no Brasil. Este modelo propõe equilibrar as necessidades dos diferentes modos de transporte, beneficiando pessoas de todas as idades e capacidades, de acordo com o uso do solo local, a economia local e o ambiente natural (WRI, 2023).

O movimento de Ruas Completas é baseado em uma ideia simples: as ruas devem ser seguras para pessoas de todas as idades e habilidades, sejam elas caminhando, dirigindo, andando de bicicleta ou pegando ônibus.

O conceito de Ruas Completas refere-se a vias concebidas para acomodar: (1) modos diversos, incluindo caminhada, ciclismo, transporte público, automóvel; (2) usuários diferentes, por ex. indivíduos ricos e de baixa renda, pessoas com deficiência, idosos; (3) e uma combinação de usos do solo, como escritórios, varejo, empresas e residências, para garantir que as ruas sejam seguras, equilibradas e apoiem de forma inclusiva diversos usos econômicos, culturais e ambientais (AARP, 2009; Burden e Litman, 2011; LaPlante e McCann, 2008; Seskin et al., 2012).

A transformação através de ruas completas pode ocorrer de forma gradual, aproveitando as oportunidades para promover uma reestruturação contínua da cidade. As ruas completas podem ser implementadas por meio de projetos estruturais, que alteram o caráter da rua, ou com a adoção de novas diretrizes nas dimensões dos elementos urbanos em procedimentos cotidianos, como obras de drenagem, manutenção de espaços públicos, ou mesmo abertura de novas ruas (WRI, 2023).

É importante citar que, uma vez que o conceito de Ruas Completas inclui o projeto, planejamento urbano, uso do solo, princípios de gestão de tráfego e outras políticas como ruas habitáveis (Appleyard 1980), *traffic calming* (Ewing e Brown 2009) ou *road die* (Knapp et al. 2014), o termo tem sido usado de forma intercambiável com alguns deles.

Os projetos de Ruas Completas bem sucedidos deram prioridade a sistemas de transporte multimodais eficazes na promoção de comunidades mais habitáveis, aumentando a equidade e melhorando a saúde pública. As mudanças na infraestrutura melhoram a qualidade de vida das comunidades locais, melhoram a segurança dos pedestres e ciclistas, atraem investimentos econômicos, promovem o desenvolvimento do uso misto do solo, reduzem as emissões e melhoram a saúde dos indivíduos e o seu bem-estar (National Complete Streets Coalition, 2021).

Os principais elementos do espaço físico que a Rua Completa deve conter são (Figura 2):

1. calçadas transitáveis;
2. ciclovias;
3. fachadas comerciais;
4. vias exclusivas de transporte público;
5. áreas de espera de transporte público;
6. vias de automóveis;

7. zonas de carga e descarga;
8. infraestrutura verde;
9. mobiliário urbano;
10. estacionamento de bicicletas;
11. travessia de pedestre;
12. continuidade de ciclovia em interseções.

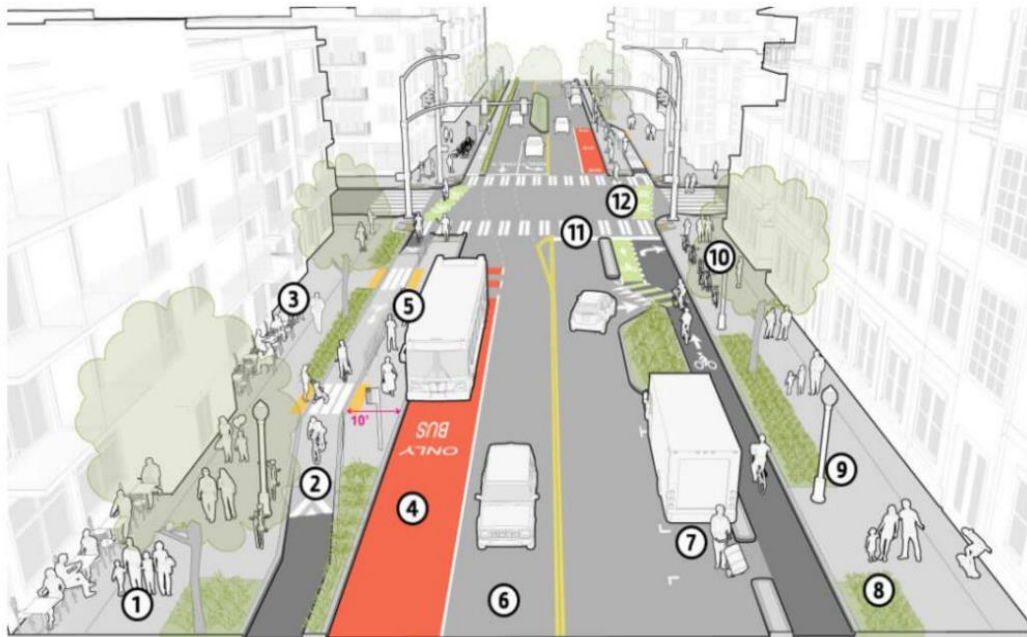


Figura 2. Principais Elementos das Ruas Completas. Fonte: Brasil, 2006.

2.2 Infraestruturas Verdes

O setor de transportes é responsável por aproximadamente 25% das emissões mundiais de dióxido de carbono (Van den Berg e De Langen, 2017). Nos EUA, este setor produziu o maior número de emissões de gases com efeito de estufa (GEE), representando 28,9% das emissões nacionais de GEE em 2017 (Agência de Proteção Ambiental dos EUA, 2019). Estas emissões resultam da combustão de produtos à base de petróleo (por exemplo, gasolina) e contribuem para as alterações climáticas globais (Shanmugam et al., 2019a, 2019b).

Desenvolvimento sustentável pode ser definido como “desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (World Commission on Environment and Development, 1987).

O conceito de Ruas Completas muitas vezes é interpretado de forma estrita como o fornecimento de instalações como calçadas e ciclovias aos usuários das vias (SGA 2021). Essas interpretações de escopo limitado induzem algumas partes interessadas a considerarem que as Ruas Completas não são aplicáveis a certos tipos de projetos, como

preservação de pavimentos, ou fases de entrega do projeto, como construção (Gangireddy, 2023).

A maior consciência ambiental da população levou a indústria e os órgãos públicos a considerarem práticas que conservam recursos não renováveis e reduzem o fluxo de materiais que vão para aterros, portanto, algumas agências rodoviárias começaram a implementar de serviços e obras com um impacto ambiental reduzido ao longo do seu ciclo de vida.

A avaliação do ciclo de vida (ACV) fornece informações valiosas sobre o impacto ambiental durante todo o ciclo de vida de um produto, sistema ou processo de pavimento (Harvey et al., 2016). As categorias de impacto ambiental agrupam diferentes emissões num único efeito sobre o ambiente (por exemplo, o potencial de aquecimento global é responsável por CO₂, CH₄, N₂O, clorofluorocarbonos, hidrofluorocarbonetos, etc.).

Toronto (2007) introduziu o conceito de Ruas Verdes como faixas de domínio de vias que incorporam infraestrutura verde para complementar ou substituir a infraestrutura cinza, assim ajudam a construir uma cidade resiliente às alterações climáticas e que contribui para uma melhor qualidade de vida. As opções de infraestrutura verde que podem ser integradas em Ruas Verdes incluem: árvores nas ruas, paredes verdes, fontes alternativas de energia (eólica/solar) e iluminação de alta eficiência, infraestrutura de águas pluviais de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e muito mais.

EPA (2021) aponta que o uso de ruas verdes pode proporcionar inúmeros benefícios, tais como: melhorar a qualidade da água, aumentar a resiliência da comunidade, maior recarga das águas subterrâneas, melhorar habitat da vida selvagem, melhorar a qualidade do ar, reduzir os efeitos das ilhas de calor urbanas, aumentar a segurança dos pedestres e acalmar o tráfego, melhoria do bem-estar dos indivíduos, aumentar o sentido de comunidade, aumentar o valor das propriedades, reduzir os custos de tratamento de água, reduzir os custos de infraestrutura, e redução os danos materiais devido a inundações. A Figura 3 mostra um esboço de componentes de ruas verdes, como faixa de pedestres em pavimento permeável, ressaltos de meio-fio e biorretenção aplicados a uma estrada local.



Figura 3. Esboço de componentes de ruas verdes. Fonte: EPA, 2021.

Yuliatti e Husin (2022) indicam as Estradas Verdes como um importante componente da infraestrutura verde nas cidades. O desenvolvimento rodoviário sustentável, além de satisfazer as exigências do ambiente e dos recursos naturais, proporciona alternativas de transporte comunitário, tais como acesso (não apenas mobilidade), circulação de pessoas e produtos (não apenas carros) e segurança.

Várias práticas e critérios sustentáveis para projetar e construir estradas verdes para alcançar a sustentabilidade foram desenvolvidos e adotados a partir de ferramentas internacionais de classificação sustentável (Yuliatti e Husin, 2022).

Um importante indicador das estradas verdes para a construção de pavimento é a adoção de misturas frias para pavimentos flexíveis, uso de pavimento permeável, projeto de pavimentos com redução de ruído e projeto de misturas asfálticas mornas. Outro importante indicador está relacionado aos materiais e recursos naturais utilizados na construção, com a recomendação de uso de materiais reciclados, uso de material de demolição, uso de materiais locais e uso de, no mínimo, de 90% de material de solo escavado.




2.3 Organização do Sistema Viário



Para assegurar a segurança, o acesso e a mobilidade, as classificações de uma via e o contexto do projeto viário devem ser considerados na gestão da escolha e projeto das ruas completas e ruas verdes. As estratégias e tecnologias específicas implementadas irão variar dependendo de características do sistema de transporte como tipos de uso das vias, volumes de tráfego, condições específicas do projeto, usos do solo adjacente, área de drenagem contribuinte, espaço disponível, e características do local (por exemplo, declive, solos, capacidade de infiltração) (EPA, 2021).

A organização do uso do solo, do transporte urbano e do trânsito tem impacto direto nas escolhas dos modos de deslocamento e ocupação do espaço urbano. O sistema de transporte surge para dar mobilidade aos indivíduos em função da necessidade de integração dos mesmos com as diferentes atividades que são definidas pelo uso e ocupação do solo (Kneib, Taco e Silva, 2006).

O sistema de classificação de vias da Federal Highway Administration's (FHWA's), ou tipologia de transporte, define as vias com base em função ou finalidade específica: arteriais, coletoras e locais. No nível local, subclasses adicionais geralmente incluem becos e estacionamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Descrições das categorias de transporte.

Categoria de Transporte	Descrição	Usuários
Vias Arteriais	Vias de alta velocidade e de alto tráfego para viagens de veículos entre e ao redor de áreas urbanas. Essas vias normalmente têm várias faixas de rodagem (duas a quatro).	
Vias Coletoras	Vias de tráfego moderado que atendem áreas de alta densidade, incluindo distritos residenciais, de uso misto e comerciais de bairro. Os limites de velocidade e os volumes de tráfego dependem do uso do terreno adjacente. Essas vias oferecem algumas conexões com lotes e calçadas.	
Vias Locais	Vias de baixo tráfego e velocidades baixas que atendem áreas residenciais. Muitas conexões para lotes e calçadas. Essas vias normalmente têm uma ou duas faixas de	

	rodagem, limites de velocidade mais baixos e baixos volumes de tráfego.	
Vielas	Vias de baixo tráfego que fornecem acesso a áreas adjacentes ou atrás de edifícios e residências.	
Estacionamentos	Zonas que disponibilizam vários lugares de estacionamento.	

Os modos motorizados individuais, com destaque para os automóveis e as motocicletas, são os mais utilizados pela população, por oferecerem mais agilidade e flexibilidade quando comparado ao transporte público urbano. Ferreira (2002) e Alves (2015) alertam para a prioridade dos espaços públicos para a circulação motorizada em detrimento dos pedestres e consideram incompatível com os modos não motorizados, principalmente a pé.

O transporte coletivo é o modo pelo qual várias pessoas são transportadas juntas em um mesmo veículo, podendo ser ônibus, bonde, metrô, trem, etc. Ferraz e Torres (2001) apontam a função social do transporte coletivo, pois muitas vezes é a única maneira que a população de baixa renda tem de se deslocar.

O deslocamento não motorizado é aquele realizado de forma autônoma pelos cidadãos, como a pé, bicicleta, patins, etc. Deve-se lembrar que, mesmo que o deslocamento principal não seja a pé, toda viagem inicia-se e finaliza-se no modo assim, seja para acessar os veículos pessoais ou os terminais de transporte coletivo. A bicicleta é uma fonte alternativa ao transporte público e ao motorizado individual, e junto com o modo a pé são considerados os mais democráticos e sustentáveis.

Assim, mobilidade urbana é fortemente afetada por aspectos que estão por trás das escolhas das pessoas e dos grupos sociais que vivem nas cidades, dentre eles a dimensão ambiental, que influencia na degradação da qualidade de vida urbana; o espaço destinado ao transporte motorizado, que prejudica o espaço das pessoas, ocasionando também a invasão de áreas residenciais por tráfego pesado; e a segurança relativa ao trânsito, principalmente em relação aos índices de periculosidade sobre passageiros e pedestres (Vasconcellos, 2000).

Nos últimos anos, os esforços para melhorar o planejamento e projeto das vias para viagens seguras e confortáveis para todos os modos de transporte e usuários das estradas provocaram o fortalecimento do conceito de 'Ruas Completas'.

Para o planejamento, projeto e compartilhamento das visões de Ruas Completas com o público, os planejadores e projetistas utilizam recursos visuais digitais, como modelos digitais tridimensionais ou imagens de antes e depois dos projetos propostos.

Bejleri et al (2021) aplicaram visualização tridimensional (3D) para comparar visualmente cenários de projeto de Ruas Completas usando uma área de estudo na Flórida, a Figura 4 fornece uma comparação visual dos resultados da modelagem de três cenários de projeto com as das condições existentes. A infraestrutura existente está mostrada na Figura 4(a), com o uso prioritário de automóveis com algumas linhas de ônibus; na Figura 4(b) está um projeto da via com faixas exclusivas para ônibus (faixas vermelhas), canteiro central, e a inclusão de uma área de proteção (em azul) para os pedestres, separando-os do tráfego de veículos. Também foram considerados dois cenários com faixas de bicicleta (em amarelo), como pode-se observar nas Figuras 4 (c) e (d)

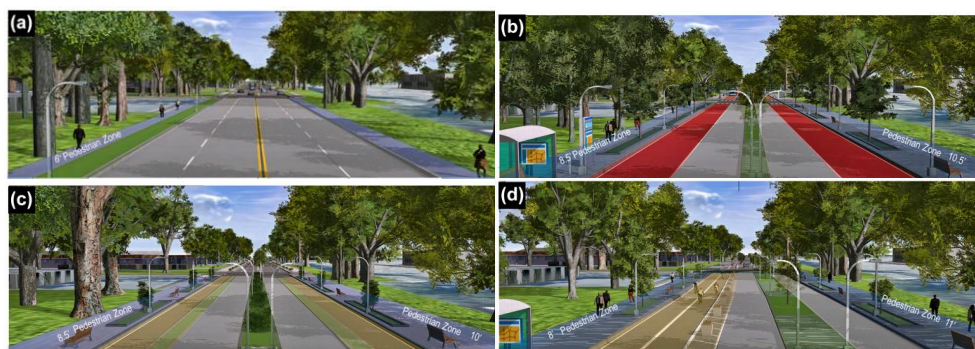


Figura 4. Cenários de projetos de ruas. Fonte: Bejleri et al , 2021.

3 Análise e Simulação de Tráfego

Os distritos de conhecimento são empreendimentos destinados a uma gama extensa de atividades e, por isso, geram necessidade de deslocamentos de pessoas e mercadorias. Assim, surge a necessidade de se planejar de maneira eficiente as questões referentes ao desenvolvimento a partir de planos e ações que visam garantir uma melhor qualidade de vida à população.

O planejamento urbano da circulação do tráfego nas áreas dos Distritos de Conhecimento, tanto interna quanto nas adjacentes, sobre as condições de circulação, a sua identificação e quantificação são fundamentais. Alterações no sistema de transporte e ampliação da infraestrutura viária são fundamentais para garantir o atendimento das necessidades de deslocamento de e para os Distritos.

Para o planejamento viário dos Distritos de Conhecimento como Polos Geradores de Viagens (PGV), é essencial conceituar as viagens geradas ou atraídas por eles, além de se estimá-las em razão do uso ao qual o polo se destina. A previsão da demanda gerada é fundamental para o dimensionamento das suas instalações e definir as necessidades de espaço viário e serviço de transporte (Portugal e Goldner, 2003).

Para a estimativa da geração de viagens, pode ser definida com base nas condições do tráfego atual ou por meio de previsão; essa previsão pode ser realizada a partir da comparação das taxas de geração de viagem com a de outros empreendimentos com características semelhantes (ITE, 2008).

A taxa de geração de viagens deve ser selecionada de maneira compatível com a realidade do uso do solo, e a decisão final será projetada de acordo com o conhecimento e experiência da equipe técnica.

Dentro do volume de tráfego a ser considerado para o planejamento viário, as viagens podem ser caracterizadas por viagens existentes, viagens desviadas e viagens geradas (Portugal e Goldner, 2003). Ainda pode-se classificar as viagens como de passagem e as que não são de passagem (ITE, 2001).

Após a estimativa das viagens geradas, elas devem ser distribuídas espacialmente e alocadas na rede de transporte, buscando estabelecer os seus destinos e/ou origens. O último aspecto no processo de geração de viagens é a determinação dos modos de

transporte que serão utilizados pela demanda gerada, com o objetivo de percorrer as rotas estabelecidas a partir da distribuição das viagens.

3.1 Modelos de simulação

A simulação operacional é uma técnica utilizada para modelar e analisar o funcionamento real de sistemas complexos. Os modelos de simulação de tráfego podem ser divididos em macrossimulação, microssimulação e mesosimulação. A macrossimulação se baseia principalmente em volume de tráfego, velocidade média e densidade. Já a microssimulação se baseia no acompanhamento de veículos, mudanças de faixas, semaforização de interseções. Por outro lado, a mesosimulação é uma combinação de características dos modelos de microssimulação e macrossimulação (Rahimi et al., 2021). Nesses últimos anos houve um aumento significativo na utilização de softwares de simulação principalmente no setor de transportes. Atualmente há diversos softwares disponíveis no mercado com AIMSUN, VISSIM, SUMO e entre outros. Após uma busca na plataforma Scopus, com a seguinte string: TITLE-ABS-KEY (simulation) AND ALL (AIMSUN), um total de 995 estudos que muito provavelmente utilizaram o software AIMSUN foram encontrados. Nos estudos de Kan et al. (2019), Granà et al. (2020) e Rahimi et al. (2021), o AIMSUN foi utilizado e demonstrou muita eficácia, quando comparado a outros softwares. Conforme Rahimi et al. (2021), o AIMSUN retornou erros menores para o fluxo do veículo, velocidade e distância total de deslocamento, quando comparado a um outro software.

Para o desenvolvimento de um modelo de simulação no AIMSUN, a primeira etapa é composta pelo levantamento de dados do sistema viário em análise. Com essas informações é possível construir o modelo no ambiente de simulação (desenho de arcos e nós) ou até mesmo realizar a importação da rede por meio de SIG, conforme segue na Figura 5.

Após construir o modelo, conforme apresentado na Figura 5, é necessário incluir algumas configurações como planos semaforicos e regras de prioridades em cada interseção a ser analisada. Já a configuração do fluxo de veículos poderá ser realizada por meio de uma matriz de origem-destino. Com a inserção desses dados, o próximo passo será calibrar e validar o modelo, a fim de manter as mesmas configurações do cenário real. Ao validar o mesmo, as simulações serão realizadas e os resultados serão disponibilizados por meio de relatórios ou gráficos.

Esses resultados são extremamente importantes, pois poderão nortear os gestores no processo de tomada de decisão. As principais vantagens na utilização de modelos de simulação é visualizar a área de estudo, e consequentemente identificar os principais gargalos que necessitam de melhorias futuras (Rahimi et al., 2021). Além disso, é possível analisar vários cenários e considerar diferentes alternativas de melhorias e vários modos de transportes (motorizados ou não), como é o caso dos projetos de ruas completas.

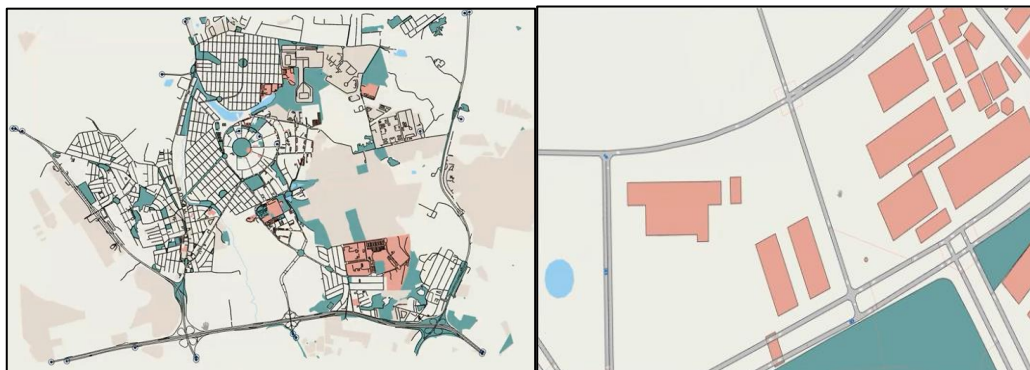


Figura 5. Desenho da rede e das vias (arcos e nós) no software AIMSUN.

4 Considerações Finais

O objetivo desse artigo foi realizar uma pesquisa interdisciplinar no escopo do planejamento urbano do sistema viário nos domínios da mobilidade urbana sustentável e da engenharia de transporte, para que, se possa discutir e refletir se esse planejamento propiciará a integração de diversos modos de transportes dentro em que os Distritos de Conhecimento estão inseridos, priorizando os modos de transporte ativos e coletivos, de maneira a promover segurança e conforto para as pessoas.

Para isso, apresentou-se os conceitos de mobilidade urbana sustentável e, dentro dessa perspectiva, o movimento de ruas completas, em que seus elementos podem ser projetados para promover equilibrar as necessidades dos diferentes modos de transporte e uma combinação de usos do solo para garantir que as ruas sejam seguras, equilibradas e apoiem de forma inclusiva.

Dentre os elementos físicos das ruas completas, o artigo traz aplicações de infra estruturas viárias verdes, com a concepção da aplicação do desenvolvimento sustentável e a avaliação do ciclo de vida como quantificador do impacto ambiental; dentre os exemplos práticos estão as ruas verdes, estradas verdes e adoção de materiais alternativos na construção do pavimento.

Finalmente, foi apresentada a importância da estimativa da geração de viagens dentro dos Distritos de Conhecimento para definição do espaço viário e serviço de transportes, uma vez que são considerados Polos Geradores de Viagens; para isso foi apontado uma ferramenta extremamente importante para nortear os gestores no processo de tomada de decisão, a simulação operacional, que permite a análise de vários cenários e considerar diferentes alternativas de melhorias e vários modos de transportes.

5 Referências Bibliográficas

AARP PUBLIC POLICY INSTITUTE. *Planning Complete Streets for an Aged America*. 2009. www.aarp.org/ppi.

- Alves, P. *Mobilidade Urbana Sustentável e Pólos Geradores de Viagens: análise da mobilidade não motorizada e do transporte público*. Tese. Universidade Federal de Uberlândia. 2015.
- Appleyard, D., *Livable Streets*. University of California Press, Berkeley, 1980.
- Bejleri, I.; Noh, S.; Bufkin, J. N.; Zhou, R.; Wasserman, D. *Using 3D Rule-Based Modeling to Interactively Visualize "Complete Streets" Design Scenarios*. Transportation Research Record 2021, Vol. 2675(10) 14–30.
- Brasil. Ministério das Cidades. *Mobilidade e desenvolvimento urbano* / Ministério das Cidades, Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana. – Brasília: MCidades, 2006. (Gestão integrada da mobilidade urbana, 1).
- Burden, D.; Litman, D. *America Needs Complete Streets*. Ite Journal-institute of Transportation Engineers 81. 2011.
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2004). *Information for Improving Europe's Environment: Indicators*.
- EPA – United States Environmental Protection Agency. Green Streets Handbook. 2021
- Ewing, R.; Brown, S. J. Traffic Calming Progress Report. American Planning Association. Volume: 75 Issue Number: 10. ISSN: 0001-2610. 2009
- Ferraz, A. C. P; Torrez, I. G. E (2001). *Transporte Público Urbano*. Rima, São Carlos, 2001.
- Ferreira, W. R. O Espaço Público nas Cidades Centrais: a rua como referência – um estudo de caso em Uberlândia, MG. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2002.
- Gangireddy, S. Integrating the Concept of Complete Streets into Pavement Preservation. 2023. LSU Master's Theses. 5885.
- Granà, A., Giuffrè, T., Macioszek, E., & Acuto, F. (2020). Estimation of Passenger Car Equivalents for Two-Lane and Turbo Roundabouts Using AIMSUN. *Frontiers in Built Environment*, 6, 517726. <https://doi.org/10.3389/FBUIL.2020.00086/BIBTEX>.
- Harvey, J. T., J. Meijer, H. Ozer, I. L. Al-Qadi, A. Saboori, and A. Kendall. *Pavement Life-Cycle Assessment Framework*, 2016.
- Kan, X., Xiao, L., Liu, H., Wang, M., Schakel, W. J., Lu, X. Y., Van Arem, B., Shladover, S. E., & Ferlis, R. A. (2019). Cross-comparison and calibration of two microscopic traffic simulation models for complex freeway corridors with dedicated lanes. *Journal of Advanced Transportation*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8618476>
- Knapp, K.; Chandler, B.; Atkinson, J.; Welch, T.; Rigdon, H.; Retting, R.; Meekins, S.; Widstrand, E.; Porter, R.J. *Road diet informational guide*. United States. Federal Highway Administration. Office of Safety. 2014.
- Kneib, E. C.; Taco, P. w.; Silva, P. C. M. Identificação e Avaliação de Impactos na Mobilidade: Análise Aplicada a Pólos Geradores de Viagens. Congresso para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. 2006. Universidade do Minho, Braga.
- LaPlante, J.; McCann, B. Complete Streets: We Can Get There from Here. ITE Journal, Volume 78, Issue 5, pp 24-28. 2008.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES - *Política Nacional de Desenvolvimento Urbano*, Caderno 1. Novembro de 2004
- Mourello, A. C. A. (2002). *Un sistema de indicadores para avanzar en la movilidad sostenible*. In: Congreso de Ingeniería Del Transporte, 5., 2002. Santander, Espanha. Memorias ... Santander: p.171-180.

- Portugal, L. S.; Goldner, L. G. Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes. São Paulo: EDGARD BLUNCHER, 2003.
- OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (2002). *OECD Framework for Environmental Indicators*. OECD, Paris.
- Rahimi, A. M., Dulebenets, M. A., & Mazaheri, A. (2021). Evaluation of Microsimulation Models for Roadway Segments with Different Functional Classifications in Northern Iran. *Infrastructures* 2021, Vol. 6, Page 46, 6(3), 46. <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES6030046>
- SEMOB (2005). Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. Mobilidade. Disponível em: < <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=section&id=14>>
- Seskin, S.; McCann, B.; Rosenblum, E.; Vanderwaart, C. Complete streets policy analysis 2011. 2012. https://www.ca-ilg.org/sites/main/files/file-attachments/complete_streets-policyanalysis.pdf?1436996056
- SGA. 2021. “Complete Streets - Smart Growth America.” <https://smartgrowthamerica.org/what-are-complete-streets/>.
- Shanmugam, S., Ngo, H.-H., Wu, Y.-R., 2019a. *Advanced CRISPR/Cas-based genome editing tools for microbial biofuels production: a review*. *Renew. Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.107>.
- Shanmugam, S., Sun, C., Chen, Z., Wu, Y.-R., 2019b. *Enhanced bioconversion of hemicellulosic biomass by microbial consortium for biobutanol production with bioaugmentation strategy*. *Bioresour. Technol.* 279, 149e155.
- Toronto Green Streets Technical Guidelines (GSTG). 2017
- VASCONCELLOS, E. A. (2000) *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*, 3 a . ed . Annablume, São Paulo.
- Van den Berg, R.; De Langen, P. W. *Environmental sustainability in container transport: the attitudes of shippers and forwarders*, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 20:2, 146-162, 2017. DOI: 10.1080/13675567.2016.1164838
- World Commission on Environment and Development. *Our common future* Oxford University Press. New York. 1987.
- WRI World Resource Institute. *Complete Streets in Brazil: Promoting a paradigm shift*
- Yuliatti, M. M. E.; Sutikno, A. E. H. *Improved Performance of Toll Road Projects Based on System Dynamics Integrated Life Cycle Cost Analysis Green Retrofitting*. *Civil Engineering and Architecture* 10(6): 2713-2730, 2022 DOI: 10.13189/cea.2022.100635