

**AValiação DE DESEMPENHO EM SISTEMAS DE MOBILIDADE: UM ESTUDO
SOBRE O COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS NA CIDADE DE RECIFE**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN SISTEMAS DE MOVILIDAD: UN ESTUDIO
SOBRE BICICLETAS COMPARTIDAS EN LA CIUDAD DE RECIFE**

**PERFORMANCE EVALUATION IN MOBILITY SYSTEMS: A STUDY ON
BICYCLE SHARING IN THE CITY OF RECIFE**

Apresentação: Comunicação Oral

Akin Dagba¹; Renata Cristine de Sá Pedrosa Dantas²

DOI: <https://doi.org/10.31692/2596-0857.VIIICOINTERPDVGT.0114>

RESUMO

A mobilidade urbana é um tema importante na contemporaneidade, num mundo o qual cada vez mais veículos privados tomam conta das ruas de cidades não projetadas para aguentar tamanha quantidade. Nesse sentido, surge a necessidade de novas formas de se movimentar na cidade e com isso sistemas de compartilhamento de bicicleta se destacam neste ponto. O presente trabalho promove uma discussão sobre o sistema de compartilhamento de bicicletas presente na cidade de Recife, Bike PE. O objetivo é avaliar o sistema, desenvolver um estudo bibliográfico acerca dos sistemas de mobilidade ao redor do mundo, desenvolvendo um estudo comparativo entre eles, identificar métricas de avaliação de desempenho entre os sistemas, executar a avaliação do sistema a partir de um cenário proposto e por fim propor alternativas para melhoria do sistema. Como metodologia inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, em seguida um estudo comparativo dos sistemas ao redor do mundo, em seguida foi feita a seleção das métricas, na qual foi escolhido as estações presentes na Universidade Federal de Pernambuco(UFPE) e por fim com a coleta das métricas foi realizado a formação de um modelo de Redes de Petri Estocásticas, analisando o funcionamento das estações durante o horário de pico. Os dados foram coletados de forma virtual, através de uma pesquisa sobre a quantidade de bicicletas e vagas disponíveis no site do Bike PE, com os dados em mão foi feita a montagem do modelo a fim de avaliar o desempenho da área analisada. Nesse sentido foi produzido um modelo avaliando as estações presentes na UFPE, utilizando como parâmetro os números no horário do almoço e do jantar, horários mais movimentados.

Palavras-Chave: BikePE; Mobilidade Urbana; Sistemas de Bicicletas Compartilhadas;

RESUMEN

La movilidad urbana es un tema importante en la época contemporánea, en un mundo en el que cada vez más vehículos privados ocupan las calles de ciudades que no están diseñadas para soportar un número tan grande de personas. En este sentido, se necesitan nuevas formas de desplazarse por la ciudad y en este punto destacan los sistemas de bicicletas compartidas. Este trabajo promueve una discusión sobre el sistema de bicicletas compartidas presente en la ciudad de Recife, Bike PE. El objetivo es evaluar el sistema, desarrollar un estudio bibliográfico sobre los sistemas de movilidad a nivel mundial, desarrollar un estudio comparativo entre ellos, identificar métricas de evaluación del

¹ Graduando, Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Instituto Federal De Pernambuco, adaf@discente.edu.br

² Orientadora, Instituto Federal De Pernambuco, renatadantas@recife.ifpe.edu.br

desempeño entre los sistemas, realizar la evaluación del sistema en base a un escenario propuesto y finalmente, proponer alternativas de mejora. el sistema. Como metodología, inicialmente se realizó una investigación bibliográfica sobre el tema, seguida de un estudio comparativo de sistemas en todo el mundo, seguido de una selección de métricas, en las que las estaciones presentes en la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE) y después Al recopilar las métricas, se formó un modelo estocástico de red de Petri, analizando el funcionamiento de las estaciones durante las horas pico. Los datos fueron recolectados de manera virtual, a través de una encuesta sobre el número de bicicletas y espacios disponibles en el sitio web de Bike PE. Con los datos en la mano, se armó el modelo para evaluar el desempeño del área analizada. En este sentido, se produjo un modelo que evalúa las estaciones presentes en la UFPE, utilizando como parámetro el número de horas de almuerzo y cena, los horarios de mayor actividad.

Palabras Clave: BikePE; Movilidad Urbana; Sistemas de bicicletas compartidas;

ABSTRACT

Urban mobility is an important topic in contemporary times, in a world where more and more private vehicles take over the streets of cities that were not designed to handle such a large number. In this sense, there is a need for new ways of moving around the city, and bike sharing systems stand out in this regard. This paper promotes a discussion about the bike sharing system present in the city of Recife, Bike PE. The objective is to evaluate the system, develop a bibliographic study about mobility systems around the world, developing a comparative study between them, identify performance evaluation metrics between the systems, perform the evaluation of the system based on a proposed scenario and finally propose alternatives for improving the system. The methodology initially consisted of bibliographical research on the subject, followed by a comparative study of systems around the world. Then, metrics were selected, choosing the stations located at the Federal University of Pernambuco (UFPE). Finally, with the collection of metrics, a stochastic Petri net model was created to analyze the functioning of the stations during peak hours. The data was collected virtually, through a survey of the number of bicycles and available parking spaces on the Bike PE website. With the data in hand, the model was assembled to evaluate the performance of the area under analysis. In this sense, a model was produced to evaluate the stations located at UFPE, using as a parameter the numbers at lunch and dinner times, the busiest times.

Keywords: BikePE; Urban Mobility; Bicycle Sharing Systems;

INTRODUÇÃO

O sistema de transporte público se apresenta como um componente essencial ao desenvolvimento de um país, no entanto, estes que estão em desenvolvimento têm enfrentado diversos problemas. A falta de financiamento restringe os investimentos necessários para manutenção e ampliação do sistema de transporte público existente, o que acarreta vários problemas tais como: acidentes, degradação ambiental, congestionamento e superlotação. Dessa maneira, eleva-se a necessidade de que se garanta que os sistemas de transporte público sejam seguros, acessíveis, eficientes e eficazes (PANCHORE; KHUSHWAHA, 2016). Tais problemas levaram à falta de confiança do usuário, fazendo com que muitos parassem de usar o transporte público e continuassem usando seus veículos particulares (HISCOCK et al., 2002).

Nos países em desenvolvimento, quanto maior o incentivo à indústria e o poder econômico, maior o número de pessoas que escolheram comprar um veículo próprio. O que,

de fato, levará ao "caos" no tráfego, dada a incapacidade das estradas de suportar tantos veículos. Na maioria dos casos, os serviços de ônibus são considerados inseguros, insalubres e não confiáveis (BEIRÃO; CABRAL, 2007). O desempenho do transporte público em algumas cidades que estão em desenvolvimento, está piorando, resultando, assim, uma pesada carga de tráfego, já que a sociedade prefere usar veículos particulares. Isso é inversamente proporcional ao rápido desenvolvimento da tecnologia de transporte público (SILAEN; NASUTION; SUWANTORO, 2018).

O tráfego pesado gera grande impacto pela perda de tempo para o usuário e cria mais problemas ambientais, como a poluição sonora e emissões excessivas de gases de efeito estufa. Existe, também, um impacto econômico negativo, a exemplo do custo de congestionamento no Brasil em 2018, medido em termos de horas de trabalho perdidas e consumo de combustível extra, que foi estimado em R\$ 267 bilhões (RAMALHO, 2018).

Tudo isto impacta diretamente na Mobilidade Urbana, que é entendida como a capacidade de dar suporte aos deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano para a realização de atividades diárias (LOPES ET AL, 2021).

O Brasil possui uma Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12587/2012) que objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município (BRASIL, 2012). Fator que favorece o desenvolvimento de alternativas para o transporte público dado a necessidade de se promover uma mobilidade adequada aos cidadãos.

Desta forma, como parte da meta 11 “Cidades e Comunidades Sustentáveis” de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o Brasil definiu que até 2030 tem o compromisso de “melhorar a segurança viária e o acesso à cidade por meio de sistemas de mobilidade urbana mais sustentáveis, inclusivos, eficientes e justos, priorizando o transporte público de massa e o transporte ativo” (IPEA, 2019).

Uma alternativa viável ao Sistema de Transporte público está no compartilhamento de bicicletas, que proporcionam diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais, que vão desde a redução do tráfego e da poluição, promoção de mobilidade flexível, redução de espaços de estacionamento, além da promoção da saúde pública por meio do desenvolvimento de atividade física, o que mostra o relevante papel desse sistema para aumento de opções de

transporte sustentável e a compreensão da sua utilização em diversos contextos e por diferentes usuários (IMHOF e CAUCHICK-MIGUEL, 2018).

Desta forma, este trabalho visa avaliar a importância do sistema de compartilhamento de bicicletas na cidade de Recife e o seu impacto no processo de mobilidade urbana.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Mobilidade Urbana

Segundo Costa et al.(2017) a mobilidade é a capacidade de se mover e movimentar, para eles crescimento desordenado e acelerado de centros urbanos, junto ao aumento de veículos privados e sistemas de transportes planejados, têm como produto a degradação da mobilidade urbana e problemas ambientais. Já para Carvalho(2016), a mobilidade urbana é um tema crucial quando discutimos desenvolvimento urbano e qualidade de vida da população, um sistema de mobilidade ineficiente pode impactar diretamente nas desigualdades socioespaciais.

Nesse sentido, Kristensen et al.(2023) relata como a mobilidade urbana impacta nas desigualdades sociais, segundo ele a forma como os residentes de um bairro percebe sua capacidade de mobilidade varia significativamente entre os bairros. Além disso, para o autor as narrativas sobre esses bairros podem influenciar nas decisões de operadores de mobilidade, sobre investir ou não na área e ainda que estes não representem tomadas de decisões quanto a transporte público ou privado, eles ilustram como noções pré-concebidas podem ser incorporadas na tomada de decisão.

O transporte e o desenvolvimento urbano, são aspectos positivos para o desenvolvimento da economia das cidades. Cidades europeias possuem um desafio comum no que diz respeito à adaptação das infraestruturas de mobilidade existentes aos novos serviços de mobilidade que surgem nas cidades (LUNARDON et al., 2023). Várias experiências internacionais nos mostram que as políticas de melhoria no transporte público são mais eficazes quando são acompanhadas de medidas de melhoria na oferta dos transportes coletivos e com um desestímulo ao uso do transporte privado (CARVALHO, 2016).

1.1. Mobilidade Compartilhada

Segundo o Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento (ITDP), mobilidade compartilhada é “o uso distribuído do veículo por várias pessoas em uma mesma

viagem ou em momentos diferentes, desvinculando o uso da necessidade de propriedade pelo usuário”. Já Coheen e Shaeen(2018), define mobilidade compartilhada como uma estratégia de transporte inovadora a qual permite aos usuários terem acesso de curto prazo um dado modo de transporte de sua necessidade, incluindo assim vários modelos de serviços.

A mobilidade compartilhada, pode ser vista como uma ferramenta para reduzir o congestionamento, emissões de CO₂ e o impacto ambiental, infraestrutura de transporte e custos financeiros quando comparado à propriedade privada individual de veículos(GUYADER; FRIMAN; OLSSON, 2021)

Nas últimas décadas a importância da mobilidade compartilhada cresceu, assim como a necessidade de entender como integrá-la aos sistemas de transporte urbano e torná-la mais eficiente de uma perspectiva social, ambiental e econômica (MACHADO et al.,2018).

2. Planejamento da Mobilidade

A mobilidade urbana é um tema crucial quando discutimos desenvolvimento urbano e qualidade de vida da população(Carvalho, 2016). Para Lourenço et al(2019), no Brasil até a década de 90, mobilidade urbana era vista como problema de infraestrutura viária, após esse período passa ser vista como função social e desenvolvimento econômico. Boareto(2008), definiu o Brasil como um extenso campo de atuação no desenvolvimento de políticas de mobilidade urbana e construções de cidades sustentáveis, o autor acredita que a incorporação da dimensão ambiental na formulação dessas políticas põe o Brasil em sintonia com cidades ao redor do mundo, dando uma oportunidade de reflexão sobre a formação de cidades e mecanismos de exclusão social.

Segundo o Confederação Nacional dos Municípios (CNM), os problemas que o Brasil enfrenta hoje relacionado a mobilidade urbana, representam anos de escolhas de modelos de desenvolvimento urbano escolhidos pelas cidades, somado às fortes ocupações urbanas na segunda metade do século XX, gerou fortes consequências aos municípios, como por exemplo percursos que poderiam ser feitos em 40 minutos, acabam demorando 2 horas.

Nesse sentido, segundo a WRI Brasil(2018) o planejamento urbano influencia no nosso dia a dia como um todo, seja a forma como nos deslocamos, segurança, saúde das cidades, educação e ambientes de lazer. Para a WRI Brasil (2017), a concentração de serviços em bairros centrais resulta num enorme contingente da população se deslocando para o mesmo lugar, no mesmo horário, isso somado ao péssimo transporte público e ao constante engarrafamento incentivam a utilização do transporte privado. Além disso, dado o crescimento urbano sem um planejamento urbano, resulta no distanciamento da população

com renda mais baixa, uma vez que grande parte dos serviços e oportunidades se encontram no centro e se manter nos centros é mais caro, o que faz com que esta faixa da sociedade acabe gastando mais com deslocamento e transporte coletivo como um todo (WRI Brasil, 2017). Como consequência disso, Silva (2013) fala que protestos como os de 2013, resultados pelo anúncio do aumento da passagem dos transportes públicos, urbanos e metropolitanos, mostram como cada vez mais a mobilidade urbana é percebida, não só como um direito à cidadania, mas também como uma exigência à equidade social.

METODOLOGIA

A primeira etapa da pesquisa é voltada para o levantamento bibliográfico da literatura ao redor do mundo. Inicialmente é feita a pesquisa sobre os sistemas de compartilhamento de bicicleta, sobre como são feitos, as melhores práticas e os impactos. Não obstante, nesta etapa também é realizado um estudo sobre avaliação de desempenho de sistemas.

Em seguida é feito um estudo comparativo utilizando a análise dos sistemas de compartilhamento de bicicleta ao redor do mundo. Logo após a realização do estudo comparativo, será feita uma identificação e seleção de métricas de desempenho de sistemas.

Por fim, como último passo da pesquisa, será realizada a construção de modelos matemáticos com o intuito de quantificar as métricas identificadas e possibilitar o estudo sobre o sistema de compartilhamento de bicicletas aplicado em Recife.

O presente estudo propõe uma discussão sobre o sistema de compartilhamento de bicicletas presente na cidade do Recife, o BIKE PE, a partir de um estudo bibliográfico sobre ele e a avaliação de três estações presentes dentro da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Inicialmente abordando o próprio sistema, falando quando foi fundado, a empresa responsável, as cidades que ele atua além de Recife, sua faixa de preço e como está hoje em dia. Em seguida, foi decidido buscar mais dados sobre o BIKE PE através da literatura existente.

Para fazer a avaliação utilizamos um modelo de redes de Petri estocásticas, as quais foram consideradas apenas três, as estações que estão na UFPE: estação Restaurante universitário, estação Casa do Estudante e estação CCS. Nosso intuito foi identificar como elas se comportam nos horários de pico dentro da universidade, como os alunos se movimentam entre elas. Para isso utilizamos as Redes de Petri Estocásticas, com o intuito avaliar o desempenho de cada estação. Os dados, sobre cada estação, foram capturados no Google, o qual é capaz de informar não só quantidade máxima de vagas e de bicicletas no

momento, mas também o tempo de deslocamento entre cada uma das estações, e no próprio site do Bike Itaú. Para a Avaliação dos sistemas utilizamos 4 métricas: bicicletas na estação, vagas da estação, tempo de espera nas estações e a utilização. A fim de obter mais informações sobre fizemos a mesma avaliação, mas agora com as vagas duplicadas em todas as métricas, para identificar como impactaria no comportamento do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. O sistema de compartilhamento de Bicicletas de Recife - Bike Itaú

O serviço de bicicletas compartilhadas responsável por operar em Recife/PE, é o BIKE PE. Este é um programa que teve início no dia 23 de março de 2013, fruto de uma parceria público privada, envolvendo o Governo do Estado de Pernambuco, prefeituras de Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, Banco Itaú e Serttel, empresa responsável por implantar o serviço (“Projeto Bike PE vai disponibilizar 700 bicicletas para o Grande Recife”, 2013). De início o programa só possuía 700 bicicletas e 70 estações, com o usuário podendo ficar 30 minutos durante a semana e 60 minutos domingos e feriados, custando 10 reais mensais e 10 reais anuais se fosse usuário de VEM (“Projeto Bike PE aumenta tempo de permanência com as bicicletas”, 2013).

Hoje, o Banco Itaú já não tem mais a Serttel como parceira responsável pelo sistema de compartilhamento na capital pernambucana e regiões metropolitanas, a Tembici é a responsável desde 2017 e desde então o sistema vem atuando (“Com vocês, o novo sistema Bike PE”, 2017; “Estações do Bike PE atrasam, mas sistema faz sucesso no Recife”, 2017). Atualmente o Bike PE funciona com mais de 90 estações e com 900 bicicletas, uma média de 9 bicicletas por estação. Para utilizar o sistema é necessário usar um App de mesmo nome, o qual pode se ver todas as estações e a quantidade de bicicletas disponíveis em cada estação, no App também encontramos diferentes planos que começam a partir de R\$3,90 preço avulso da viagem, R\$9,50 plano diário, R\$ 34,90 plano mensal e R\$ 239,90 plano anual. Não existe diferença entre os planos (quando a questão é tempo de uso de bicicleta) diário, mensal e anual, em todos os três o tempo limite de segunda a sábado são 60 minutos e domingos e feriados 120 minutos, pagando R\$ 5,90 a cada 60 minutos extras; já com o preço de uma única viagem, pode andar por 15 minutos com um acréscimo de R\$0,50 por minuto excedente.

2. Dados do Sistema

Macedo(2018), reuniu dados sobre o Bike PE e nos mostrou números importantes sobre o último ano da Serttel como administradora do projeto. Entre as métricas que o autor escolheu analisar estão: padrões de viagem, trajetos mais utilizados, estações mais e menos utilizadas, estações próximas ao metrô.

Quanto aos padrões de viagem, Macedo(2018) fala que dentro do período avaliado pela pesquisa, entre maio de 2016 e maio de 2017, foi identificado que o sistema possuía uma média de 580 viagens por dia, com uma média de viagem pelo sistema de 42 minutos. O autor identificou que os dias de semana possuem uma média de viagens por dia, maior que fins de semana, feriados e carnaval (data comemorativa que ele escolheu colocar na pesquisa), os dias da semana possuem uma média de 600 viagens, enquanto sábado, domingo e feriados possuem médias de 380, 580 e 480, respectivamente. O autor também foi capaz de confirmar que 45% das viagens realizadas são de 15 minutos ou menos, confirmando a afirmação do ITDP sobre sistemas de bicicletas compartilhadas substituírem modos de transportes para viagens curtas.

Ainda assim, Macedo(2008) nos fala também sobre os trajetos mais utilizados. Para esse ponto ele faz uma análise da interação entre as estações, origem e destino. Dos 30 pares, origem e destino, mais utilizados 13 possuem o mesmo ponto de partida e dos 17 mais utilizados nenhum foi intermunicipal.

Já quanto às estações mais utilizadas, não houve muito consenso, entretanto, a região sul da cidade do Recife, demonstrou um comportamento peculiar, se por um lado ela tem sucesso pelo fato de ter parte das 10 estações mais interações no sistema, ela também possui 4 estações com piores performances do sistema (Macedo, 2008). O autor conta que parte disso se deve pela localização, a presença de infraestrutura apropriada para ciclistas ou falta dela. Enquanto parte das estações se encontram no Bairro de Boa Viagem, outra parte se encontra mais isolada. O centro da cidade do Recife também possui boas interações. Uma estação de destaque é a do restaurante universitário, que possui um intervalo de número de interações maior que 5.000 das outras duas estações presentes na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Dentre as estações menos utilizadas, a Estação Virtual detém a pior performance, com apenas uma viagem iniciando e 35 terminando, seguida pela Estação Iate Clube e a Estação Mercado Eufrásio Barbosa, está possuiu apenas 851 interações, aquelas 185 viagens iniciadas e 215 terminaram lá. As estações presentes na cidade de Olinda não possuíam uma boa performance das cinco existentes, três figuram entre as dez piores performances.

As estações próximas ao metrô, não obtiveram muito sucesso até a época em questão.

Ao todo 4 estações estão localizadas perto do metrô, dessas 2 estão entre as piores performances (MACEDO,2008). O autor atribui isso à distância que as estações se encontram de outras estações, fazendo o cálculo de distância média entre estações, a com menor distância possui 6,98 km de distância, enquanto a maior 10,52 km.

Dessa forma, Macedo(2008) conclui que os úteis possuem médias de uso maiores que finais de semana e feriados, indicando que o sistema está sendo utilizado como um modo de transporte cotidiano, com foco nos horários entre as 16 e 19 horas, horário de volta para a casa de muitos trabalhadores e estudantes.

Todd et al.(2021), realizaram um estudo comparando sistemas de compartilhamento de bicicletas ao redor do mundo. Nele, os autores separaram 322 sistemas e dividiram em 5 grupos (clusters), cada grupo continha sistemas com características parecidas. Eles foram nomeados como: BSS (Bike Sharing System ou Sistema de Bicicletas Compartilhadas) muito grande e de alto uso, BSS grande nas grandes cidades, BSS médio com extensa infraestrutura cicloviária, BSS pequeno a médio eficiente, e BSS pequeno a BSS médio ineficiente.

O primeiro grupo corresponde ao BSS muito grande e de alto uso, nesse cluster se encontra o BSS mais utilizado quando levamos em consideração números absolutos de viagem. Aqui encontram-se apenas três sistemas, todos localizados no Leste Asiático. Todd et al. (2021) conta que embora sejam grandes, eles não parecem ter uma ampla estrutura rodoviária ou cicloviária. Os autores afirmam que é possível constatar que todos os sistemas possuem um padrão de utilização diário muito semelhante, durante os dias da semana todos os três apresentam picos no início e no final do dia útil. Quanto ao uso durante o fim de semana, Todd et al. (2021) afirmam que dos três, dois possuem padrões de uso parecidos, enquanto o restante possui um único e grande pico de utilização, sugerindo a predominância de atividades e lazer e turismo.

Já no segundo Cluster, os autores supracitados, nomearam como BSS grande nas grandes cidades, nele contém 15 sistemas, localizados em Nova Iorque, Paris, Londres, Barcelona e Seul. A diferença entre este cluster e o último reside no tamanho deles, mas eles são semelhantes em características. Localizados em grandes aglomerações com núcleos grandes e bem povoados. Todd et al. (2021), conta que em comparação com o primeiro cluster neste aqui, as estradas e infraestruturas cicláveis tem uma maior proporção. Quanto ao pico de utilização dos dias úteis e fins de semana, os autores falam que esse cluster mostrou padrões distintos, nos dias de semana grande parte dos sistemas tem dois picos típicos de passageiros, Durante o fim de semana a maioria dos BSS aparenta ter um grande pico, indicando de uso para lazer. Já em 4 BSSs localizados na China, apresentam um padrão de comportamento

semelhante ao dia da semana, indicando que os chineses continuam trabalhando durante os fins de semana (TODD et al, 2021).

O terceiro cluster é denominado BSS médio com extensa infraestrutura ciclovária. Todd et al, falam que esse sistema ainda que se beneficie de bons níveis de infraestrutura, sofre com a baixa utilização, para grande maioria dos sistemas existentes nesse cluster (existem 5 no total), durante dias de semana o pico é de dois passageiros, mas em fins de semana possui um pico prolongado. Segundo os autores, Stuttgart (Alemanha) parece ser uma anomalia em termos de uso durante a semana e fins de semana, o que se deve tanto pelo seu tamanho em comparação com sistemas do mesmo cluster e com o fato do sistema ter sido com bicicletas elétricas.

O quarto cluster é nomeado como BSS de pequena e média eficiência. Consistindo em 66 sistemas, estes são menores, mas possuem uma densidade de infraestrutura ciclovária semelhante aos sistemas do cluster muito grande e alto uso (Todd et al., 2021). Pela dimensão, os BSS chegam a bons números de viagem, seja fim de semana, seja durante a semana, o que para os autores sugere que são sistemas bem geridos. Neste cluster existem três tipos de padrão de viagem, durante a semana e fim de semana. Apenas os dois primeiros subgrupos representam o padrão típico de dois picos de passageiros. O terceiro subgrupo, aparentemente possui uma divisão muito mais uniforme de viagens ao longo do dia, com viagens que aparentemente aumentam durante a semana.

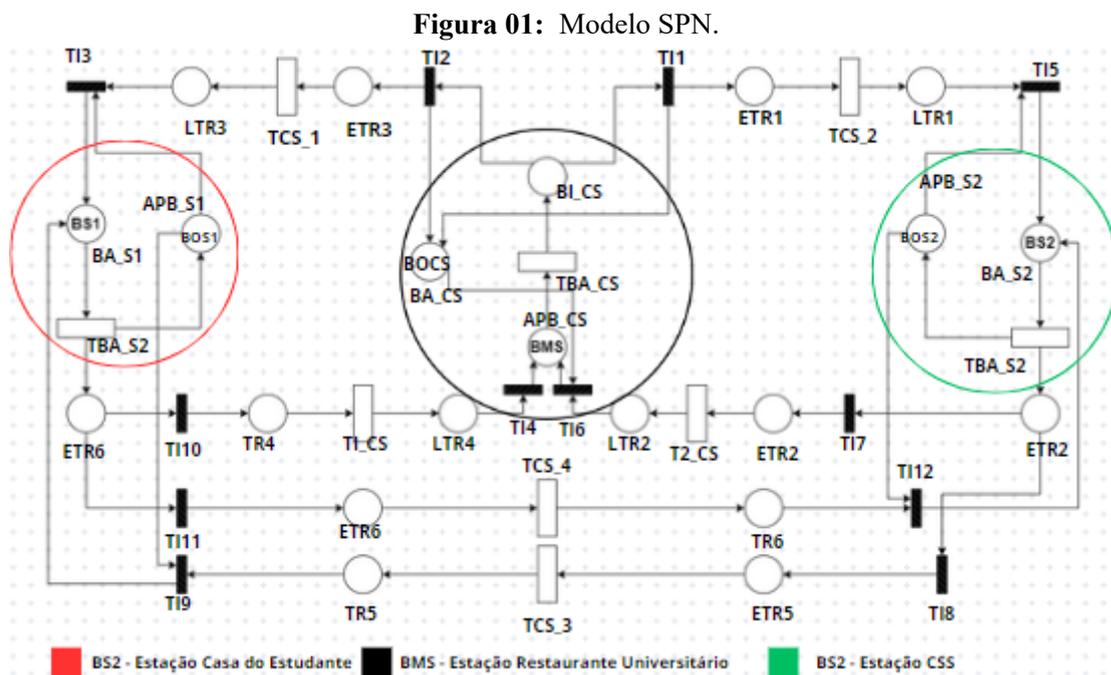
O quinto e último cluster, é denominado BSS pequeno a médio ineficiente, possui o maior número de sistemas(223)(TODD et al, 2021), Esse cluster parece ser ineficiente com bicicletas sendo utilizadas uma única vez. Os padrões de viagem destes sistemas são organizados em 4 subgrupos, seja dias de semana ou fins de semana.

3. Dados BikePE, Estações UFPE e Avaliações

Com isso, para essa pesquisa foram selecionadas 3 estações correspondentes a região da Universidade Federal de Pernambuco(UFPE), são elas: Estação CCS, a qual contém 15 docas disponíveis para bicicletas, Estação Casa do Estudante, a qual contém 15 docas disponíveis para bicicletas e a Estação Restaurante Universitário, a qual corresponde a maior parte das docas sendo 27, disponíveis para bicicletas.

Para a construção do modelo, utilizamos elas como parâmetro e buscamos os picos de atividade durante o dia, nos períodos que acreditamos serem mais utilizados, como almoço e jantar. Como a estação Restaurante Universitário possui um movimento maior, tornamos ela a

estação central do nosso modelo, na qual o estudante sai dela e pode ir para qualquer uma das duas estações.



Fonte: Própria (2024).

A Figura 1 apresenta o modelo SPN, criado no Mercury® (Pinheiro et al, 2021), utilizado para realizar a avaliação das estações presentes na UFPE. Os círculos preto, vermelho e verde, correspondem às estações sendo elas: Estação Restaurante Universitário, Estação Casa do Estudante e Estação CCS, respectivamente, este modelo é uma adaptação do modelo desenvolvido por Dantas et al. (2021).

Para entender melhor o funcionamento do modelo vamos dividir cada uma das estações, vamos iniciar pelo círculo preto, ele representa a estação Restaurante Universitário, o BMS representa a quantidade de bicicletas disponíveis para uso, esta quantidade é representada por tokens. TBA_CS é o intervalo entre chegadas na estação central(RU) e BOCS as vagas disponíveis para depositar as bicicletas. O círculo Vermelho representa a Estação Casa do Estudante, BS1 corresponde a quantidade de bicicletas disponíveis para uso e o BOS 1 as vagas disponíveis para bicicletas. TBA_S1 é o intervalo entre as chegadas na estação. O círculo verde representa a estação CCS, na qual o BS2 representa a quantidade de bicicletas disponíveis para uso, o BOS 2 as vagas disponíveis para bicicletas e o TBA_S2 o intervalo entre as chegadas na estação.

Então, o usuário pega a bicicleta e escolhe para qual estação se dirigir no lugar

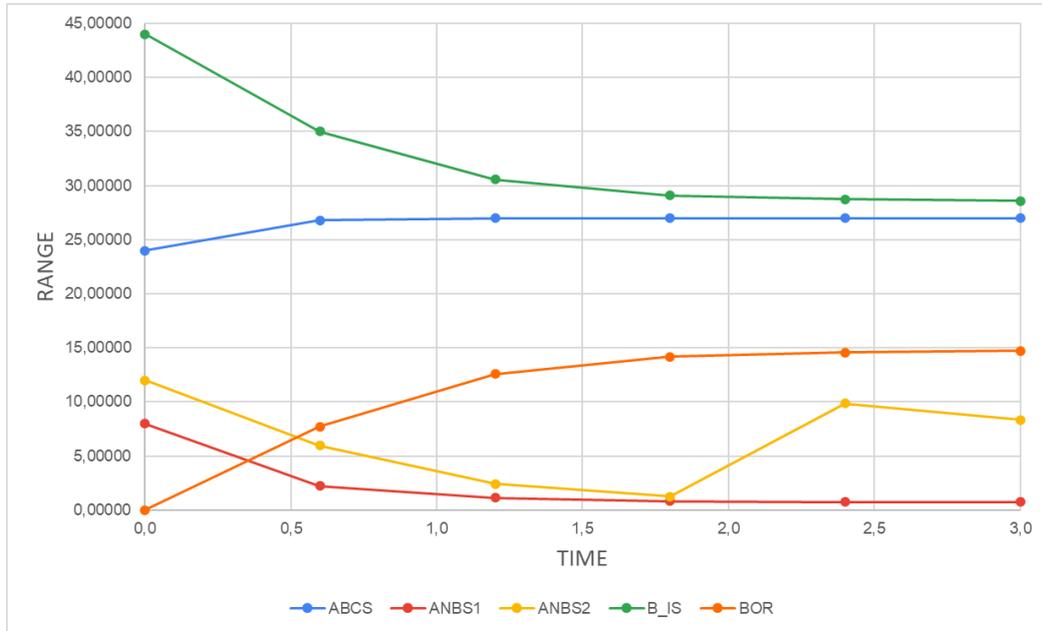
BO_CS, podendo ir para Estação Casa do Estudante ou CCS, para ambas as estações, ele entra no lugar ETR e o tempo de deslocamento é computado pelas transições posteriores até chegar ao lugar LTR, que representa que ele chegou à estação. Como tempo adotado nessa métrica usamos os minutos estipulados pelo próprio Google Maps.

Quando chega na estação, precisa ter lugar para depositar a bicicleta, ou seja, ter tokens em APB. Ao depositar a bicicleta no lugar BA esta fica disponível para ser retirada pelo próximo usuário, que tem intervalo de chegada computado por TBA, assim, ele segue novamente para a rota com a possibilidade de escolha computada pelas transições imediatas e aí retorna o ciclo até depositar o token na Estação de sua escolha.

Abaixo podemos ver as métricas usadas no modelo utilizado. A primeira fala sobre as bicicletas na estação, ela lida com o comportamento da bicicleta nas estações, se ela está em rota (indo da estação x para estação y, por exemplo), a média de bicicletas em cada estação e a quantidade de bicicletas em todo o sistema. A segunda métrica nos fala sobre a quantidade de vagas da estação, tendo ali a quantidade de vagas por cada estação e a quantidade total de vagas. A terceira métrica, representa o tempo de espera nas estações, é uma métrica que considera o tempo que o usuário esperaria ao chegar com a bicicleta na estação e ver se tem a vaga ou não. Então nessa métrica temos, o tempo de espera em todas as estações, tempo de espera saindo de uma estação para outra e vice-versa e o tempo de espera de cada estação. A quarta e última métrica é a utilização, que mostra a utilização do sistema pelos usuários.

Desta forma, a seguir podemos ver os resultados da avaliação feita, a partir das métricas supracitadas, precedidas por gráficos para melhor entendimento de como funciona o sistema:

Figura 02: Bicicletas no Sistema



Fonte:

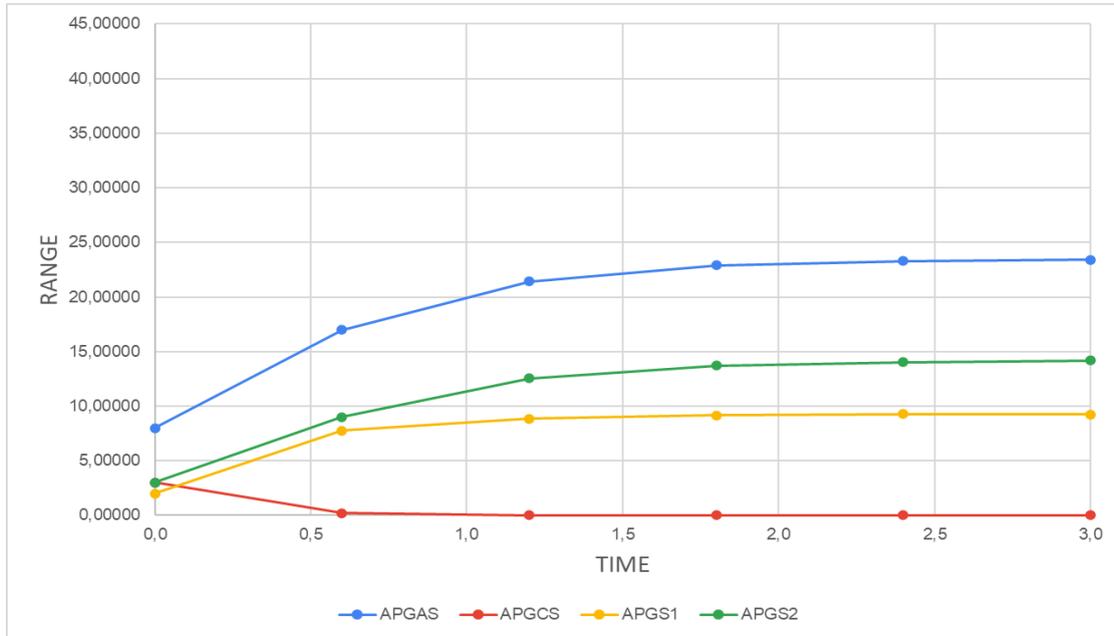
Própria(2024).

Na figura dois podemos observar como as bicicletas se comportam no sistema, através das seguintes métricas:

- **ABCS**- Média de Bicicletas na estação Restaurante Universitário(RU);
- **ANBS1**-Corresponde ao número médio de bicicletas na estação Casa do Estudante;
- **ANBS2**- Corresponde ao número médio de bicicletas na estação CCS;
- **B_IS**- Bicicletas no sistema;
- **BOR**- Bicicletas na rota.

Após feita a avaliação do modelo (Figura 2), podemos perceber como as médias das estações Casa do Estudante e CCS vão baixando ao passar do tempo, nos dizendo que cada vez mais perto do horário de pico as pessoas vão utilizando seja para se locomover para a estação RU seja para se locomover entre elas. Já na Estação RU, o comportamento contrário é analisado, cada vez mais perto do horário de pico, a média de bicicleta aumenta. Quando olhamos as bicicletas na rota, podemos ver que ao passar do tempo sua média vai aumentando, indicando o aumento gradativo de movimentação entre as estações. Por fim, podemos ver a queda da média das bicicletas que ficam no sistema corroborando com o último dado, indicando uma maior movimentação perto do horário de pico.

Figura 03:Vagas nas Estações.



Fonte:

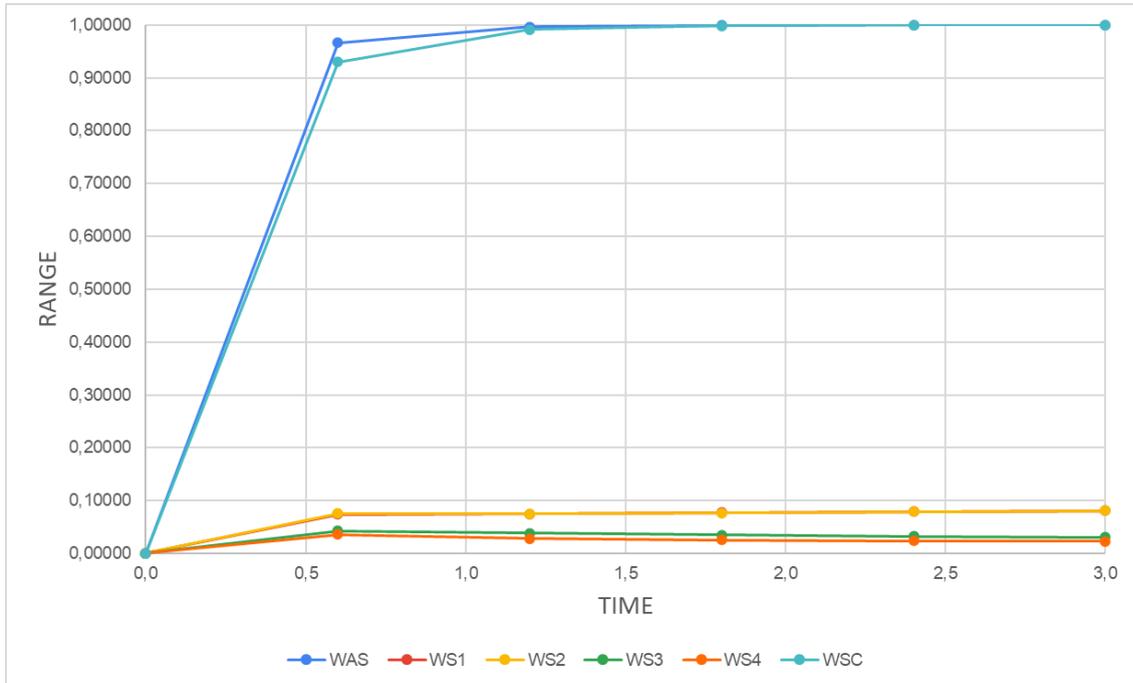
Própria (2024).

Na figura três podemos observar como se comportam as vagas nas estações através das métricas utilizadas para avaliação:

- **APGAS**- Corresponde a todas as vagas somadas;
- **APGCS**-Corresponde às vagas da estação Restaurante Universitário;
- **APGS1**-Corresponde às vagas da estação Casa do Estudante;
- **APGS2**-Corresponde às vagas da estação CCS.

O gráfico nos mostra como as vagas na estação Restaurante Universitário(RU) vão diminuindo ao passar do tempo, indicando um movimento maior para a estação RU ao passar do tempo. Já nas outras duas estações podemos perceber, o contrário, aumentando o número de vagas ao passar do tempo e indicando que os estudantes provavelmente estão a caminho da estação RU.

Figura 04:Tempo de espera



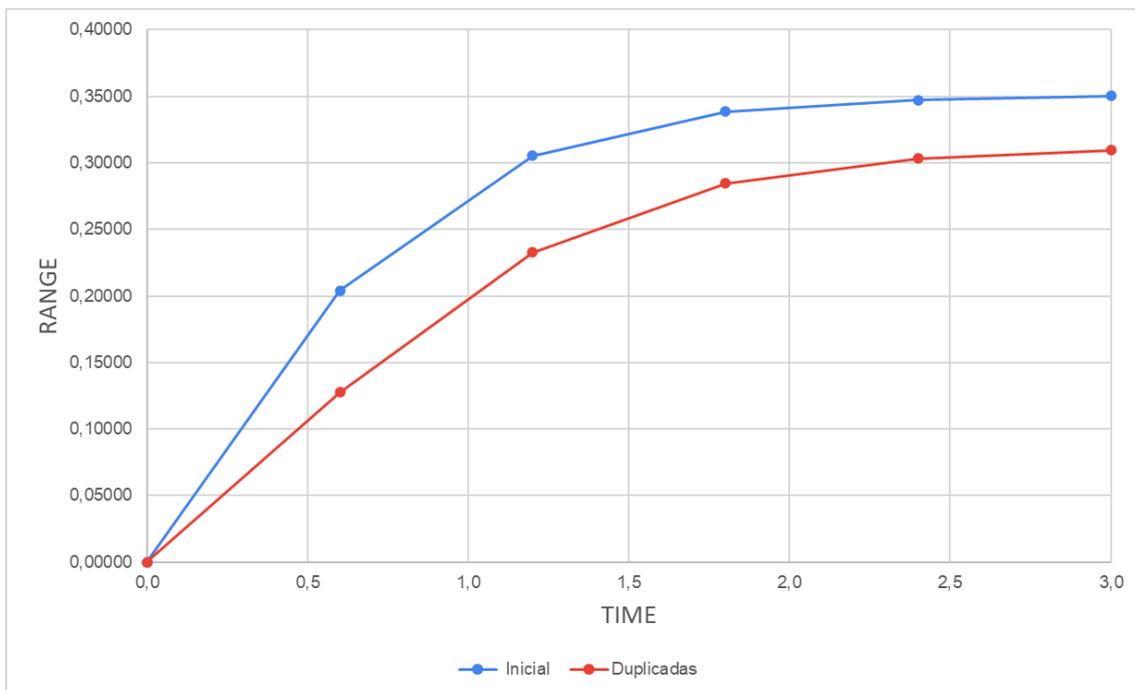
Fonte: Própria (2024).

A figura quatro possui o tempo de espera do usuário ao chegar na estação e ver se tem vaga ou não. As métricas utilizadas para isso foram essas:

- **WAS** - Tempo de espera em todas as estações;
- **WAS1**- Tempo de espera saindo da estação Restaurante Universitário para a estação Casa do Estudante;
- **WAS2**- Tempo de espera saindo da estação Restaurante Universitário para estação CCS;
- **WAS3**- Tempo de espera saindo da estação CCS para estação Casa do Estudante;
- **WAS4**- Tempo de espera da estação Casa do Estudante para a CCS;
- **WSC**- Tempo de espera chegando à estação Restaurante Universitário;

Podemos notar como o tempo de espera para deixar a bicicleta na estação central é muito maior que o tempo em outras estações, indicando uma grande movimentação ao Restaurante Universitário no horário de pico. Por outro lado, as outras estações ao passar do tempo, vão ficando com mais vagas, diminuindo um possível tempo de espera para deixar a bicicleta.

Figura 05: Utilização

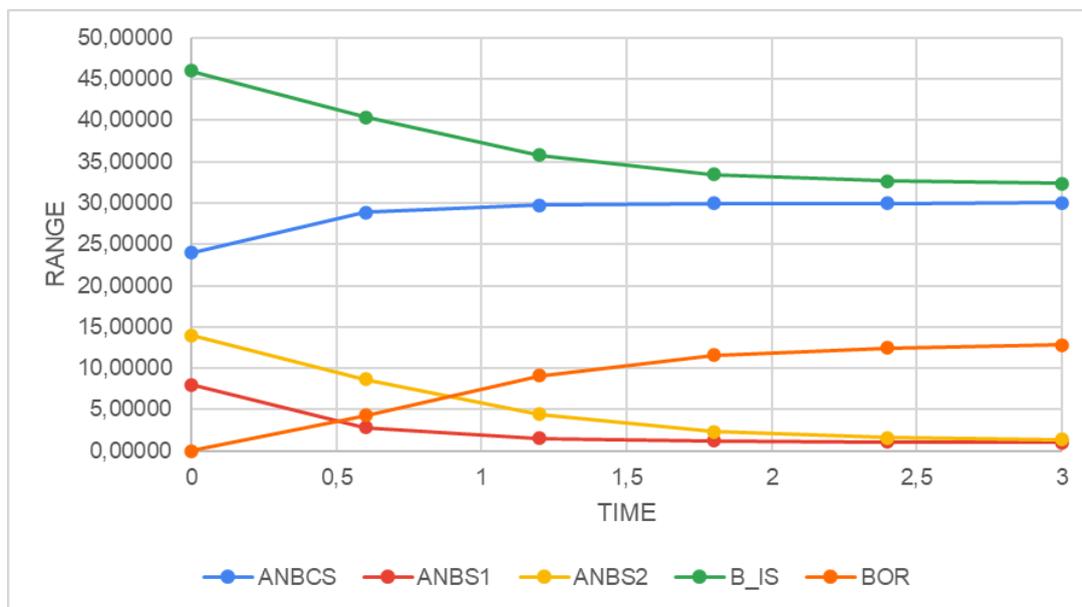


Fonte: Própria (2024).

Na figura quatro podemos ver os dados de utilização dos sistemas. Nesse gráfico existem duas análises, a inicial corresponde ao número de vagas padrão em cada estação e as duplicatas as quais correspondem a duplicação do número de vagas de cada estação . Podemos perceber que, ainda que duplique as vagas o número de utilização não vai ser muito diferente, nos indicando que o público-alvo das estações, não varia muito, permanecendo, portanto, o mesmo.

Não obstante, visando ampliar o nosso estudo, foi feito uma perspectiva de ampliação das vagas, para a entrega das bicicletas, gerando o seguinte resultado.

Figura 06: Bicicletas na rota, vagas duplicadas.

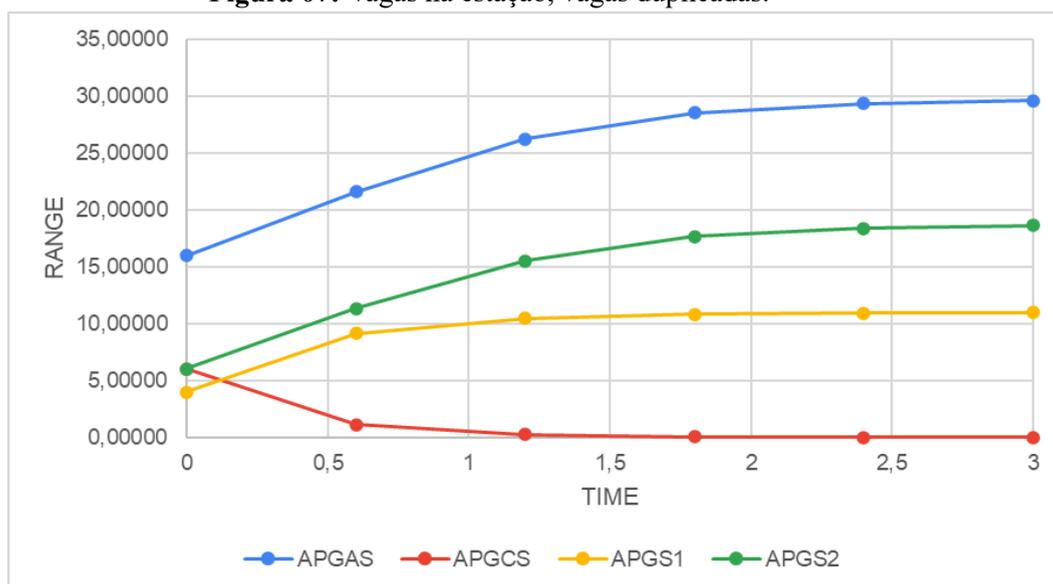


Fonte:

Própria(2024).

Com número de vagas duplicadas percebemos que as maiores mudanças estão na estação CCS, que agora não possui um aumento por volta de duas horas e meia, e também nas bicicletas que estão em rota, as quais agora aparecem com uma curva de aumento um pouco menos e mais demorada, não chegando a 15, diferentemente do primeiro gráfico.

Figura 07: Vagas na estação, vagas duplicadas.

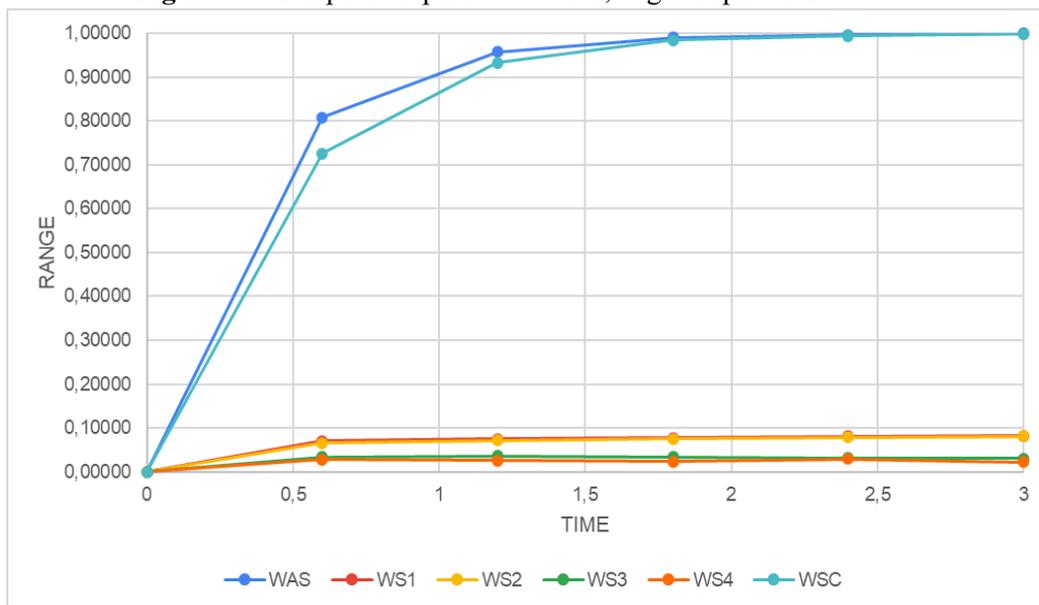


Fonte: Própria (2024).

Ao analisarmos as vagas em si, a diferença aparece tanto na estação Restaurante Universitário quanto na estação número um. Naquela, a diferença não é tão significativa, a

média de vagas demora um pouco mais a chegar a zero após meia hora rodada. Já na estação Casa do Estudante percebemos o aumento da média de vagas que antes não chegava a dez, agora ultrapassa.

Figura 08: Tempo de espera do usuário, vagas duplicadas.



Fonte: Própria(2023).

A maior diferença na duplicação das vagas se dá quando analisamos o tempo de espera na chegada dos estudantes à estação Restaurante Universitário(RU). Enquanto nas outras estações o tempo continua o mesmo, na estação RU o usuário espera menos nas primeiras horas de análise, aumentando gradativamente e chegando a um somente depois de uma hora e meia rodados.

CONCLUSÕES

Ao longo desse trabalho percebemos como é preciso um bom trabalho em cima da mobilidade urbana, ela não só representa a capacidade de se movimentar nos centros urbanos, como também está diretamente ligada com a visibilidade social. Como foi supracitado por Kristensen et al, a mobilidade social impacta na desigualdade social e pode mudar a percepção de tomadores decisões que já possuem uma visão pré-concebida de um bairro mal estruturado. Nesse sentido, surgem os meios alternativos de locomoção que cada vez mais vem ganhando força nas capitais ao redor do mundo e ainda que Lunardon et.al(2023) nos fale que poucas dessas capitais trabalhem políticas de incentivo ao transporte ativo, vemos que alguns desses meios já estão estabelecidos e dando bons resultados, como é o caso do compartilhamento de bicicletas. Aqui em Recife, por exemplo, hoje ele é uma boa resposta

aos problemas em cidades como, que segundo o Jornal Do Comércio (2023), é a segunda capital mais congestionada do nordeste. Ainda que o Bike PE não tenha conseguido se instalar como uma opção para o dia a dia de todo o cidadão recifense, podemos perceber como ele numa esfera menor ainda é capaz de impactar no deslocamento dos estudantes universitários. Por fim, é possível concluir que o sistema de bicicletas compartilhadas que atua em Recife, é importante para o deslocamento de estudantes na Universidade Federal de Pernambuco. Podemos notar como em um horário de pico, o estudante consegue se deslocar entre as estações e chegar ao destino desejado. Também percebemos, como o aumento do número de vagas, não resolve totalmente problemas como o tempo de espera do estudante ao chegar nas estações e não encontrar docas para colocar a bicicleta, sendo necessárias ações somadas à utilizada para conseguir resolver este problema.

REFERÊNCIAS

BEIRÃO, G.; CABRAL, J. S. Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study. *Transport policy*, Elsevier, v. 14, n. 6, p. 478–489, 2007.

BRASIL. LEI Nº 12.587, DE 3 DE JANEIRO DE 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. 2012.

BOARETO, Renato. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. **Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano**, v. 30, p. 31-2008, 2008.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Mobilidade Urbana: avanços, desafios e perspectivas. 2016.

Com vocês, o novo sistema Bike PE Disponível em: <"<https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/mobilidade/2017/05/29/com-voces-o-novo-sistema-bike-pe>">. Acesso em: 5 de Agosto. 2024.

COSTA, Priscila Bahia et al. Avaliação do sistema de transporte público, utilizando índice de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano**, v. 39, p. 1º, 2017.

COSTA, M. da S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. **Escola de Engenharia de São Carlos-USP. São Carlos**, 2008.

DANTAS, Renata et al. Performance evaluation in BRT systems: An analysis to predict the BRT systems planning. **Case Studies on Transport Policy**, v. 9, n. 3, p. 1141-1150, 2021.

DE CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Texto para discussão, 2016.

HISCOCK, R.; MACINTYRE, S.; KEARNS, A.; ELLAWAY, A. Means of transport and ontological security: Do cars provide psycho-social benefits to their users? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Elsevier, v. 7, n. 2, p. 119–135, 2002.

IMHOF, Aline Cervi; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo Augusto. Sistemas de compartilhamento de bicicletas: comparativo e análise entre sistemas de diferentes países. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 13, n. 3, p. 152, 2018.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Cadernos ODS 2019. Recife: IPEA, 2019. Disponível em: < <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes> >

LOPES, Dario Rais; MARTORELLI, Martha; VIEIRA, Aguiar Gonzaga. Mobilidade urbana: conceito e planejamento no ambiente brasileiro. Editora Appris, 2021.

LUNARDON, Alice; VLADIMIROVA, Doroteya; BOUCSEIN, Benedikt. How railway stations can transform urban mobility and the public realm: The stakeholders' perspective. *Journal of Urban Mobility*, v. 3, p. 100047, 2023.

MACÊDO, Mateus Martins Cavalcante de. **Análise do sistema BIKE PE através do banco de dados de viagem**. 2018. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

MELO, Mirella Falcão Santos de. **Sistema de bicicletas públicas: uma alternativa para promoção da mobilidade urbana sustentável no município de Recife**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

PANCHORE, V.; KHUSHWAHA, N. Performance evaluation of brts. *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, v. 2, n. 11, p. 509–512, 2016.

PINHEIRO, Thiago et al. The mercury environment: a modeling tool for performance and dependability evaluation. In: **Intelligent Environments 2021**. IOS Press, 2021. p. 16-25.

Projeto Bike PE aumenta tempo de permanência com as bicicletas Disponível em: <"<https://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2013/06/projeto-bike-pe-aumenta-tempo-de-permanencia-com-bicicletas.html>">. Acesso em: 4 de Agosto. 2024.

Projeto Bike PE vai disponibilizar 700 bicicletas para o Grande Recife. Disponível em: <"<https://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2013/05/projeto-bike-pe-vai-disponibilizar-700-bicicletas-para-o-grande-recife.html>">. Acesso em: 4 de Agosto. 2024.

RAMALHO, G. Brasil perde R\$ 267 bilhões por ano com congestionamentos. *Globo News - G1*, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/globonews/noticia/2018/08/07/brasil-perde-r-267bi-por-ano-com-congestionamento.gh.html>>.

SILAEN, S. K.; NASUTION, A. D.; SUWANTORO, H. Public preference for new service network plan BRT trans mebidang (route: Pancurbatu - sambu market center). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 420, n. 1, p. 012010, 2018. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1757-899/420/i=1/a=012010>>.

PRINCIPAL, et al.

TISCHER, Vinicius; POLETTE, Marcus. Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável. **Cadernos Metr pole**, v. 21, p. 481-509, 2019.

TODD, James; O'BRIEN, Oliver; CHESHIRE, James. A global comparison of bicycle sharing systems. **Journal of Transport Geography**, v. 94, p. 103119, 2021.

TRÂNSITO: RECIFE   considerada a segunda capital mais CONGESTIONADA do Nordeste em 2023<<<https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/mobilidade/2023/09/15603399-transito-recife-e-considerada-a-segunda-capital-mais-congestionada-do-nordeste-em-2023.html>>>Acesso em: 5 de setembro.2024