

ELABORAÇÃO DO MAPA DE FLUXO PARA ESTUDOS DE ORIGEM-DESTINO DOS PASSAGEIROS NO SISTEMA METROVIÁRIO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE-PE

Preparation of the flow map for studies of origin-destination of passengers in the metro system in the Metropolitan Region of Recife-PE

Igor Pires Leite de Melo

Universidade Federal de Pernambuco

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
igor.iplm@ufpe.br

Alice Soares da Silva

Universidade Federal de Pernambuco

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
alice.soares@ufpe.br

Andrea Flávia Tenório Carneiro

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Engenharia Cartográfica
andrea.carneiro@ufpe.br

Resumo:

Este artigo tem como objeto de estudo o sistema metroviário da Região Metropolitana do Recife, operado pela Superintendência de Trens Urbanos do Recife (STU-REC) da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), e os dados da pesquisa Origem-Destino realizada em 2021 com os passageiros deste sistema. Os dados fornecidos pela empresa, o *shapefile* das linhas disponibilizados pela Prefeitura do Recife e as bases geográficas obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística subsidiaram a elaboração de um mapa temático de fluxo de passageiros com o objetivo de analisar o quantitativo de usuários que percorrem essas linhas em um dia típico. O mapa irá subsidiar estudos de adequação da operação com a identificação dos trechos mais e menos carregados e de expansão do sistema.

Palavras-chave: Metroviário; Origem-Destino; Recife; Mapa temático; fluxo.

Abstract

This article's object of study is the Metropolitan Region of Recife's Metro System, operated by the Superintendence of Urban Trains of Recife (Superintendência de Trens Urbanos do Recife – STU-REC), part of the Brazilian Company of Urban Trains (Companhia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU), and the Origin-Destination's data, carried out in 2021 with the passengers of this system. The data provided by the company, the *shapefile* of the lines made available by the Administration of Recife (City Hall) and the geographic bases from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) subsidized the elaboration of a study of the flow of passengers with the objective of analysis of the number of users that walked through these lines on a typical day. The map will increase the studies to adequate the operations for the more and less loaded parts and the system expansion.

Keywords: Metro; Origin-Destination; Recife; Thematical Map; Flow.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o site da Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU, o Decreto-Lei nº 89.396/1984 constituiu a CBTU como uma Sociedade de Economia Mista sendo subsidiária da Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA. Os objetivos estabelecidos no decreto são de modernizar, expandir e implantar sistemas de transporte de passageiros no Brasil. Em Pernambuco, a malha operada pela RFFSA destinada ao transporte de passageiros, passou a ser operada pela Superintendência de Trens Urbanos do Recife – STU/REC – da CBTU. Em 2018, após uma Assembleia Geral Extraordinária, a CBTU tornou-se uma Empresa Pública.

O trem metropolitano, metrô, é um equipamento de mobilidade urbana que permite o transporte em massa de passageiros, sendo um serviço que pretende garantir o direito social de transporte definido no Art. 6 da Constituição Federal de 1988, fundamental para as grandes capitais, assim como Recife, pois possuem uma alta necessidade de locomoção urbana (SOARES, 2022).

O transporte público de passageiros da RMR, gerido pelo Consórcio de Transporte Metropolitano, é constituído pelo Sistema Complementar, formado por linhas radiais, transversais e complementares, e pelo SEI, formado por linhas estruturais de ônibus, BRT, VLT e Metrô. Nos cruzamentos das linhas pertencentes ao SEI ficam as integrações que possibilitam uma multiplicidade de ligações origem-destino sem que o passageiro pague uma nova tarifa. Devido as integrações, o metrô atende diretamente quatro municípios (Recife, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes) e indiretamente todos os 15 municípios da RMR (BELTRÃO, 2018).

Do total de passageiros de transporte público da RMR, 20% (aproximadamente 95 milhões de passageiros) são transportados pelo metrô (COSTA et al, 2020) e 67% da população da RMR está concentrada nos 4 municípios atendidos diretamente pelo metrô, utilizando dados de 2019, conforme o Plano de Ação de 2019 da CBTU.

Assim, objetiva-se analisar o fluxo dos passageiros do sistema metroviário nas linhas da STU/REC da CBTU, representando esses dados por meio de mapa temático quantitativo do tipo mapa de fluxo de origem-destino utilizando os dados da pesquisa origem-destino que foi contratada pela STU/REC da CBTU.

Os mapas de fluxo de origem-destino demonstram, através de uma imagem estática sobre uma representação cartográfica, os nós que indicam os pontos de origem e destino, as linhas de direção do movimento e a intensidade deste movimento a ser estudado (DENT et al, 2009). De acordo com a definição apresentada e a necessidade da CBTU este modelo mapa demonstra ser o mais adequado para atingir o objetivo estabelecido.

Com a utilização do mapa de fluxo proposto pode-se identificar de uma maneira rápida e visual as possíveis ligações entre as estações do sistema que melhorem os serviços prestados subsidiando estudos de viabilidade para a sua expansão, sendo possível subsidiar ações operacionais como alterações no carrossel, inclusão de trens expressos dentro dos trechos, dimensionamento de viagens e um estudo quanto da necessidade de aquisição de novos trens pela empresa.

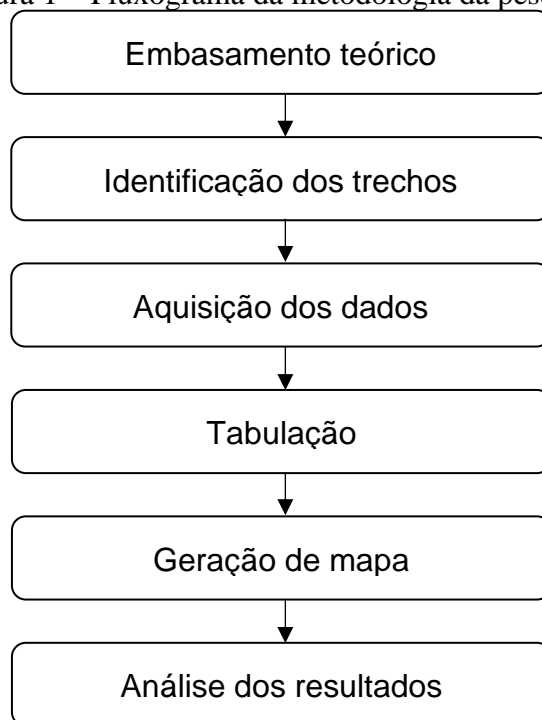
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a representação do mapa de fluxo foram utilizados os seguintes princípios de design apresentado por Jenny et al. (2016). Minimizar o número de sobreposições entre as linhas de fluxo; manter um padrão de curvas ao evitar curvas acentuadas e fluxos assimétricos; não utilizar ângulos agudos nas interseções; os fluxos não devem passar por nós desconectados; representar a intensidade do movimento por uma escala de largura da linha de fluxo; indicar a direção do movimento com pontas de setas.

Para a realização deste trabalho estudou-se a movimentação dos passageiros entre as 3 linhas de metrô com operação comercial da CBTU na RMR, utilizando os dados fornecidos pela empresa. A RMR possui aproximadamente 3,8 milhões habitantes e no ano 2019, último ano típico antes da pandemia de COVID19, o sistema metroviário transportou em média 7.870.991 de passageiros por mês.

As etapas apresentadas na figura 1 foram seguidas para possibilitar o atendimento aos objetivos do estudo.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia da pesquisa.



Fonte: Os Autores (2022).

As informações referentes ao número de passageiros transportados pelo metrô, foram fornecidas pela CBTU que realizou uma contratação de uma empresa especializada para o estudo de campo que monitorou o passageiro, desde a sua entrada no sistema, até a sua saída. Para tanto foram distribuídas nos acessos as estações do sistema senhas individuais com QR CODE a todos os passageiros. Estas senhas identificavam o intervalo horário do embarque, a linha e a estação de origem.

As senhas distribuídas foram quantificadas por hora e tendo como base o universo de total de passageiros apontado pela CBTU por meio de uma contagem realizada na semana de 13 a 17 de setembro de 2021. Foram calculadas amostras para cada intervalo horário com 95% de grau de confiança e três pontos percentuais para mais ou para menos de margem de erro.

Assim, o mapeamento da origem do usuário foi realizado por meio da senha distribuída. Para identificar o destino desse usuário, foi necessário alocar em todas as estações urnas de coleta, para que as senhas distribuídas pudessem ser depositadas e, então, recolhidas. Em todas as estações as urnas foram posicionadas estrategicamente nos pontos de desembarque. A coleta de dados foi realizada durante todo o horário de funcionamento do metrô no dia 18 de novembro de 2021, das 05h00min às 23h00min. O dia em análise foi considerado pela operação um dia útil típico, ou seja, sem nenhum evento que tenha interferido no número de viagens realizadas.

A tabulação dos dados foi realizada através de um aplicativo desenvolvido pela empresa contratada pela CBTU para a leitura das senhas por meio do seu QR CODE, armazenando em um banco de dados no formato XLSX. O *shapefile* da malha metroviária foi obtido no site do Instituto Pelópidas Silveira da Prefeitura do Recife. Foi utilizado o Software QGIS 3.22.8 para a elaboração do mapa temático sobre os dados cartográficos da área de estudo fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A etapa seguinte foi a análise dos trechos que compõem o sistema, o seu itinerário e as estações que são percorridas. Na sequência, realizou-se a busca dos dados, esses fornecidos pela CBTU e em seguida foi realizada a tabulação e manipulação desses dados para uso no projeto, que consiste em organizar diversas informações em planilhas a fim de facilitar o seu uso nas análises. As últimas etapas consistiram na geração dos mapas, análise e descrição dos resultados.

3 RESULTADOS

O sistema operado pela CBTU na RMR é composto por 3 linhas com 37 estações no total. A tabela abaixo apresenta estas estações, com seus respectivos códigos, divididas por linhas e trechos. As Estações Recife e Joana Bezerra atendem as Linhas Centro e Sul, a Estação Cajueiro Seco é terminal para as linhas Sul e Diesel. A Linha Centro possui dois ramais, Recife-Jaboatão e Recife-Camaragibe, que compartilham as estações do trecho tronco. Nas linhas Centro e Sul circulam os Trens de Unidade Elétrica (TUE), já para a Linha Diesel são utilizados os Veículos Leves sobre Trilhos (VLT).

Tabela 1- Sistema do metrô da RMR.

Linha	Trecho	Estação	Código
Centro	Tronco	Recife	REC
		Joana Bezerra	JOA
		Afogados	AFO
		Ipiranga	IPÍ
		Mangueira	MAG

		Santa Luzia	LUZ
		Werneck	WEK
		Barro	BAR
		Tejipió	TEJ
		Coqueiral	COQ
	Ramal 1	Cavaleiro	CAV
		Floriano	FLO
		Engenho Velho	ENG
		Jaboatão	JAB
	Ramal 2	Alto do Céu	CEU
		Curado	CDO
		Rodoviária	ROD
		Cosme Damião	COD
		Camaragibe	GIB
	Sul	Sul TUE	Largo da Paz
Imbiribeira			IMB
Antônio Falcão			FAL
Shopping			SHO
Tancredo Neves			NEV
Aeroporto			PTO
Porta Larga			LAR
Monte dos Guararapes			GUA
Prazeres			PRZ
Cajueiro Seco			CAJ
Diesel	Sul VLT	Ângelo de Souza	ANG
		Pontezinha	PON
		Ponte dos Carvalhos	POC
		Santo Inácio	SIN
		Cabo	CBO
	Oeste VLT	Marcos Freire	MAF

		Jorge Lins	JOL
		Curado (Diesel)	CDD

Fonte: CBTU (2022).

Nos anos 2000 iniciaram as obras de duplicação e modernização da Linha Sul entre as estações Recife e Cajueiro Seco, a conclusão das obras e início da operação foi em 2009 (EXTRA, 2009). Não foi realizada nenhuma expansão do sistema após a conclusão destas obras, mantendo-o com aproximadamente 72 quilômetros de linha distribuídos conforme a Tabela 1 e o mapa esquemático da Figura 2.

Figura 2 – Mapa do Metrô da RMR.



Fonte: Os Autores (2022).

Como o objetivo é apresentar como se dá o fluxo de passageiros nos principais trechos do sistema metroviário da RMR decidiu-se, com base nos dados fornecidos pela CBTU, tabular os dados e filtrar o quantitativo de passageiros para cada um dos trechos. Para entender o fluxo dos passageiros, esses trechos foram separados de acordo com o sentido, totalizando 12 trechos para análise, conforme Tabela 2 apresentada abaixo.

Tabela 2- Apresentação do sistema metroviário da RMR.

Trecho	Passageiros
REC – COQ	63.737
COQ – REC	61.177
COQ – JAB	22.575
JAB – COQ	21.418
COQ – GIB	22.779
GIB – COQ	20.465
REC – CAJ	36.123
CAJ – REC	36.403
CAJ – CBO	1.646
CBO – CAJ	1.702
CAJ – CDD	635
CDD – CAJ	741

Fonte: Os autores (2022).

Foi elaborado o Mapa temático de fluxo tipo origem-destino dos passageiros por trechos do sistema metroviário da RMR utilizando como referência as considerações que foram apresentadas, os dados e as informações fornecidas e coletadas. Com a aplicação de técnicas de generalização foram identificadas as informações que precisam constar no mapa sem a perda de nenhum dado necessário e sem causar uma poluição visual que dificulte a legibilidade do mapa.

Nesta etapa foram identificadas as informações que devem ser apresentadas, sendo elas: os limites municipais, os nomes dos municípios, os trechos das linhas ferroviárias, as estações dos trechos, o nome das estações dos trechos, as linhas de fluxo e a identificação do quantitativo de passageiros por fluxo.

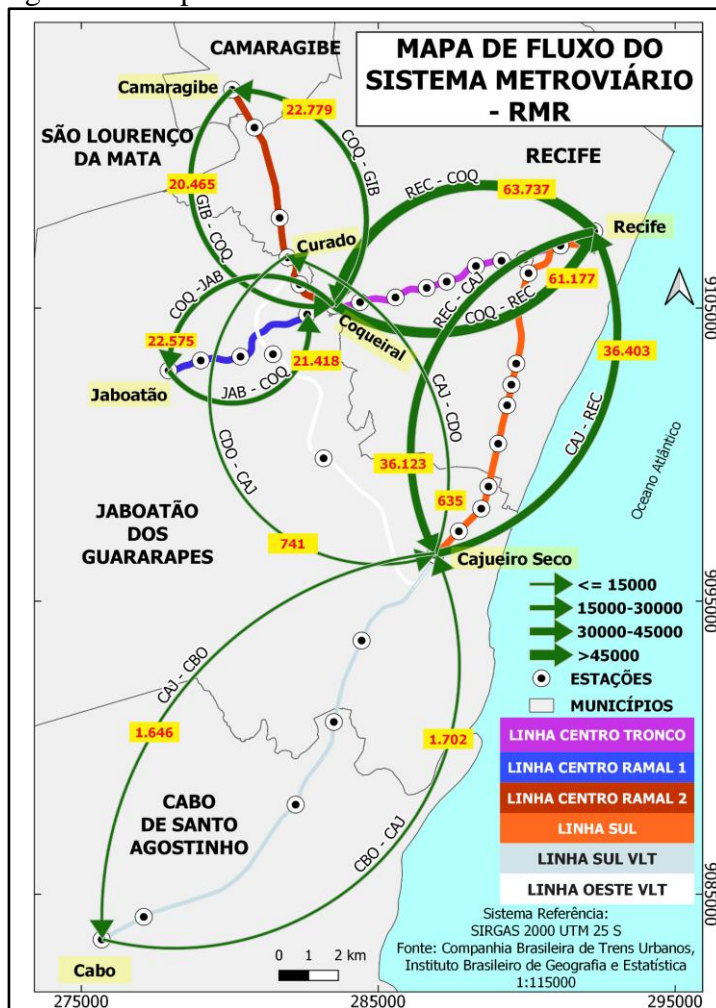
Para atender aos requisitos de um projeto cartográfico foram definidos:

- Título: Mapa de Fluxo do Sistema Metroviário – RMR;
- Sistema geodésico: SIRGAS 2000, de acordo com o IBGE;
- Sistema de coordenadas: UTM – Universal Transversa de Mercator;
- Fuso: 25;
- Hemisfério: Sul;

- Escala: 1:115.000.

O mapa temático confeccionado, apresentado na Figura 3, atende a todos os requisitos técnicos referente ao tema abordado e as especificações técnicas para considerar o mapa elaborado como um projeto cartográfico.

Figura 3 – Mapa de fluxo do Sistema Metroviário – RMR



Fonte: Os Autores (2022).

Por se tratar de dados obtidos por uma pesquisa de origem-destino do metrô podemos observar qual linha que teve um maior e menor fluxo de passageiros em cada um dos trechos. Percebe-se que a linha centro tronco (REC-COQ e COQ-REC) é um trecho mais sobrecarregado, apresentando o maior número de passageiros. O trecho entre estações Cajueiro Seco e Curado é o trecho com menor demanda de passageiros.

O mapa demonstra que o fluxo apresenta uma característica próxima ao movimento pendular, isto é, com fluxo de um sentido tendo valor próximo ao valor no sentido oposto, esta característica induz que o sistema deve ser utilizado para viagens de trabalho ou estudo. Esta informação pode ser validada após a realização de uma pesquisa de perfil dos passageiros.

5 CONCLUSÃO

A elaboração de um mapa de fluxo nos permite representar de forma visual os dados quantitativos de passageiros que circulam em cada um dos trechos definidos, comumente representados em forma de tabelas.

O entendimento da dinâmica do deslocamento dos passageiros do sistema apresentado é de suma importância para que se realize estudos sobre as formas de se otimizar a operação dos materiais rodantes, VLTs e trens, dentro dos carroceis do sistema. As informações também podem subsidiar o setor de planejamento e engenharia da CBTU em estudos de viabilidade de novas linhas entre as estações existentes com vistas a diminuir a lotação nos trechos mais carregados.

Este artigo sugere como trabalhos futuros a realização de um estudo mais detalhado, com as informações subdivididas por hora e por estações. Esta informação pode ser adicionada às conclusões deste artigo e subsidiar a CBTU para mais possibilidades de operação e expansão do atual sistema. É importante que esse tipo de análise, elaboração de mapa de fluxo com base na pesquisa Origem-Destino, se repita para que se possa avaliar se as gestões que foram tomadas com base no mapa temático obtiveram os resultados esperados.

6 REFERÊNCIAS

BELTRÃO, L. V. (Org) **Plano de Ação 2019**. Disponível em <<https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/desempenho/planos-de-acao>>. Acesso em: 24 de julho de 2022.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

CBTU. **História**. Disponível em <<https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/a-cbtu/a-companhia/historico>>. Acesso em: 24 de julho de 2024.

COSTA, J.; FERNANDES, M.; MEIRELLES, M. **Relatório de Gestão 2019**. Disponível em <<https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/desempenho/relatorios-aneais>>. Acesso em 24 de julho de 2024.

DENT, B.; TORGUSON, J.; HODLER, T.W. **Cartography: Thematic map design**. McGraw-Hill Education. New York. 2009.

JENNY, B; STEPHEN, D.M.; MUEHLENHAUS, I.; MARSTON, B. E.; SHARMA, R.; ZHANG E.; JENNY, H. **Princípios de design para mapas de fluxo de origem-destino**. Cartografia e Ciência da Informação Geográfica. 2016.

KOYLU, C.; TIAN, G.; WINDSOR, M. **Flowmapper.org: a web-based framework for designing origin–destination flow maps**, Journal of Maps. 2022

METRÔ DO RECIFE SERÁ INAUGURADO POR LULA NA SEGUNDA-FEIRA. **Extra.** Recife, 19 de março de 2009. Notícia. Disponível em <<https://extra.globo.com/noticias/brasil/metro-de-recife-sera-inaugurado-por-lula-na-segunda-feira-253467.html>>. Acesso em: 24 de julho de 2022.

PARCIANELLO, Y; KOZIEVITCH, N. P. **Exploratory analysis of public daily expenses from the government of Rio Grande do Sul.** II Workshop de Computação Social. 2017.

PREFEITURA DO RECIFE – INSTITUTO DA CIDADE PELÓPIDAS SILVEIRA. **Base de dados.** Disponível em <<http://icps.recife.pe.gov.br/node/61205>>. Acesso em: 24 de julho de 2022.

PRÓXIMA. **Pesquisa Origem Destino/2021 Relatório final.** 2022. Companhia Brasileira de Trens Urbanos.

SOARES, R. Metrô do Recife: Manifesto de engenheiros, arquitetos e técnicos defende um sistema público, contra a concessão privada. **Jornal do Comércio.** Recife, 20 de maio de 2022. Coluna mobilidade. Disponível em <<https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/mobilidade/2022/05/-15012016-metro-do-recife-manifesto-de-engenheiros-e-tecnicos-defende-um-sistema-publico-contra-a-concessao-privada.html>>. Acesso em 24 de julho de 2022.