

Análise de Rotas Compartilhadas entre Empresas do Polo Industrial de Manaus para Redução de Emissões Antrópicas

KARLA SUGUIYAMA OKADA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

JURANDIR MOURA DUTRA

Introdução

O Polo Industrial de Manaus (PIM) apresenta-se como principal motor da economia do Estado do Amazonas, sendo responsável por cerca de 90 mil empregos entre trabalhadores efetivos, temporários e terceirizados. A maior parte do transporte de funcionários das indústrias do PIM é feita por ônibus. Porém, os trabalhadores do polo não utilizam o sistema de transporte coletivo público urbano. Ao invés disso, as indústrias do PIM contratam empresas para prestarem o serviço de transporte porta a porta para os seus colaboradores, o sistema de transportes de funcionários por fretamento.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O trabalho proposto procurou investigar formas de reduzir as emissões de gases e poluentes gerados pelo volume diário de veículos automotores coletivos do sistema de transporte dos funcionários do setor produtivo industrial de Manaus. Para tal, o trabalho propôs a análise da viabilidade da implantação de rotas que possam ser compartilhadas entre empresas localizadas próximas umas das outras. Mas, como viabilizar a implantação de rotas compartilhadas através da otimização conjunta?

Fundamentação Teórica

O transporte de funcionários das empresas do PIM também é objeto de estudo em outros trabalhos, como em (LEITE e SOUZA, 2011) que analisa a velocidade média e tempo de duração dos trajetos fábrica-residência dos funcionários de uma empresa do PIM, mencionando que a falta de planejamento dos bairros prejudica muito a circulação dos transportes coletivos que procuram chegar o mais próximo possível das residências dos funcionários, enfrentando trechos bastante sinuosos. Desta forma, a circulação de ônibus com 44 lugares, por exemplo, é lenta e demorada.

Metodologia

Foi elaborado um levantamento das rotas que supriam a necessidade de transporte de seus funcionários, procurando dimensionar a demanda da quantidade por rota e por empresa. De posse dos dados então, utilizou-se um software de uso gratuito para fazer a roteirização dos veículos (Open Door Logistics). A partir deste ponto, procurou-se identificar as interseções entre os trajetos das rotas que as empresas deste grupo realizam, a fim de analisar a viabilidade e identificar as possibilidades de compartilhamento de rotas entre as mesmas.

Análise dos Resultados

Os resultados apontam para a redução nas emissões de gases de efeito estufa, otimização das rotas e trajetórias e redução do consumo de diesel. Essa melhoria demonstrou ser eficiente na redução em todos os sentidos, otimizando a ocupação do espaço, a quilometragem percorrida, o consumo de combustível que pode resultar em economia de recursos e as reduções das emissões antrópica per capita, mas não estimadas neste trabalho.

Conclusão

Todos os comparativos foram feitos entre os valores da solução de rotas compartilhadas e a soma dos valores da empresa A e B. O estudo demonstrou que a solução de rotas compartilhadas necessita de 4 veículos a menos que as duas empresas utilizam no cenário atual para realizar o transporte dos funcionários nos trajetos analisados. Assim como, foi demonstrado a redução de cerca de 29% das distâncias percorridas em quilômetros com a adoção das rotas compartilhadas e em termos de consumo de combustível, houve uma redução de cerca de 23% no consumo de diesel.

Referências Bibliográficas

BRASIL, Ministério das Cidades e Ministério dos Transportes. Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima - PSTM. 2013. CORDEIRO, S. A. Otimização do Itinerário de Linhas de Ônibus: Roteirização e Alocação de Recursos. 2017. Tese de Doutorado. PUC-Rio. DUTRA, J. M. Emissões de poluentes atmosféricos do sistema de transportes: inventários e predições. 2018. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

Palavras Chave

Mobilidade Urbana, Transporte por Fretamento, Poluição Atmosférica

Análise de Rotas Compartilhadas entre Empresas do Polo Industrial de Manaus para Redução de Emissões Antrópicas

1 INTRODUÇÃO

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é considerado o principal motor da economia do Estado do Amazonas. Segundo o Relatório de Gestão da Suframa de 2018, com cerca de 455 empresas beneficiadas com incentivos fiscais de diversos segmentos da indústria, como eletroeletrônico, duas rodas, naval, mecânico, metalúrgico e termoplástico, entre outros. Atualmente, segundo levantamento de setembro de 2018 realizado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus - Suframa, o polo é responsável por 87.726 postos de trabalho entre trabalhadores efetivos, temporários e terceirizados.

A maioria das empresas do PIM está localizada no bairro Distrito Industrial situado nas zonas Leste e Sul da cidade de Manaus. O bairro surgiu com a instalação da Zona Franca por volta do ano de 1967 e possui poucos moradores, visto que é zoneado para uso de atividade industrial. A cidade de Manaus conta com uma frota de ônibus para atender o sistema de transporte público no bairro. Porém, os trabalhadores do polo não utilizam o sistema de transporte coletivo público urbano. Ao invés disso, as indústrias do PIM contratam empresas para prestarem o serviço de transporte porta a porta para os seus colaboradores. Dessa forma, os ônibus, micro-ônibus, vans e outros tipos de veículos coletivos são fretados e desenvolvem itinerários específicos, rotas que ligam as residências dos funcionários às fábricas em diferentes turnos de produção.

Em 2016, segundo dados do Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros por Fretamento de Manaus (Sifretam), o polo nesse sistema de transporte exclusivo dos trabalhadores, recebia diariamente milhares de rotas utilizando cerca de 2.500 veículos coletivos de empresas de transporte especializadas, associadas ao sindicato, que prestavam serviço exclusivamente às indústrias do PIM. Conforme dados do Sindicato dos Trabalhadores em Empresas de Transporte Especial, Turismo, Fretamento, Locadoras e Carros de Valores Intermunicipal de Manaus - Sindespecial, em 2017, cerca de 4,6 mil empregados do setor atendiam as empresas do Polo Industrial e eram responsáveis pelo transporte de cerca de 80 mil trabalhadores diariamente.

Notoriamente, percebe-se que esse volume diário de veículos automotores trafegando pela malha viária da cidade de Manaus, contribui para o agravamento da emissão de gases e poluentes na atmosfera, assim como, para os congestionamentos, também, cujas consequências podem ser observadas no estresse e em doenças ocupacionais. Considerando que a poluição atmosférica representa um fator preocupante dos tempos modernos e que os poluentes relacionados ao transporte nas áreas urbanas têm sido associados à baixa qualidade do ar que afeta a saúde da população (DUTRA, 2018). Existe também, a questão da mobilidade urbana que segundo a Coordenadoria de Sistema de Transporte e Logística do Centro da Indústria do Estado do Amazonas – CIEAM (2017), o transporte dos funcionários do setor produtivo é muito lento e bastante custoso devido as condições de conservação das ruas e estradas e ao traçado das vias cujo desenho foi resultado da ausência de planejamento e controle urbanos da cidade.

A qualidade de vida da população nos centros urbanos é diretamente afetada pela oferta da mobilidade urbana (BRASIL, 2013). O traçado urbano desordenado e o crescimento demográfico das cidades têm degradado os deslocamentos diários, causando incômodos constantes devido ao tempo perdido no trânsito (MANAUS, 2015). Diariamente, as pessoas têm que lidar com problemas de congestionamentos, falta de acessibilidade, estacionamentos

insuficientes, além de muitos acidentes de trânsito. Fatores agravados pela baixa qualidade do transporte público, falta de planejamento urbano e o aumento da frota de veículos automotores, notórios emissores de gases e poluentes.

As emissões dos gases e poluentes do setor de transporte são de significativa importância para promoção das mudanças climáticas, poluição do ar e degradação ambiental, potencializando o aquecimento global e reduzindo a qualidade de vida e o bem-estar da população (DUTRA, 2018).

O transporte de funcionários por fretamento, oferecido pelas empresas do PIM, caracteriza-se como uma alternativa eficiente para complementar o transporte público. No geral, modais de transporte coletivo resultam em menor consumo de espaço viário contribuindo para a redução dos níveis de congestionamentos no trânsito da cidade.

Considerando que cada indústria contrata uma empresa de transporte especializada e gerencia as rotas de seus próprios funcionários, pode-se supor que muitos veículos acabam realizando trajetos similares com praticamente os mesmos pontos de origem e destino em horários coincidentes com os turnos de produção normalmente adotados pelas indústrias. Dessa forma, levanta-se a hipótese de que uma solução de transporte dos funcionários envolvendo a integração das empresas do PIM por meio de compartilhamento de recursos, possa otimizar e reduzir o fluxo dos veículos coletivos gerando benefícios para a população.

O trabalho em questão procurou investigar formas de reduzir as emissões de gases e poluentes geradas pelo volume diário de veículos automotores coletivos do sistema de transporte dos funcionários do setor produtivo industrial de Manaus. Conseqüentemente, trabalhando a problemática da mobilidade urbana que impacta diretamente na qualidade de vida e bem-estar da população de Manaus. Para tal, o trabalho propôs, por meio de um estudo de caso entre duas empresas, a análise da viabilidade técnica da implantação de rotas que possam ser compartilhadas. Com o intuito de propiciar a redução da quantidade de veículos necessários para tal finalidade e/ou reduzindo o tempo dos trajetos das rotas que transportam os funcionários.

O restante do trabalho está dividido da seguinte forma: a seção 2 apresenta trabalhos relacionados considerados relevantes para o desenvolvimento da análise em questão; a seção 3 apresenta a metodologia utilizada para realizar a coleta de dados e o desenvolvimento da análise das rotas compartilhadas; na seção 4, são apresentados os resultados obtidos e na seção 5 são feitas as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O transporte de funcionários das empresas do PIM também é objeto de estudo em outros trabalhos, como em (LEITE e SOUZA, 2011) que analisa a velocidade média e tempo de duração dos trajetos fábrica-residência dos funcionários de uma empresa do PIM, mencionando que a falta de planejamento dos bairros prejudica muito a circulação dos transportes coletivos que procuram chegar o mais próximo possível das residências dos funcionários, enfrentando trechos bastante sinuosos. Desta forma, a circulação de ônibus com 44 lugares, por exemplo, é lenta e demorada. Há trajetos em que o uso destes veículos é inviável e nestes casos utilizam-se veículos menores. Os mesmos autores, em um trabalho seguinte (SOUZA e LEITE, 2012) apresentam um estudo sobre a variação do tempo generalizando para viagens urbanas na cidade de Manaus em função do modo de transporte utilizado, no qual, comparam os trajetos de ônibus, micro-ônibus e carros de passeio.

A questão do sistema de transporte fretado para funcionários também é abordada no contexto de outros municípios brasileiros, como em (SALLES, 2013) que propõe melhorias na roteirização dos veículos com o apoio de um sistema de informações geográficas, o

TransCAD, limitando o trabalho a um bairro de uma cidade de médio porte, Vitória em Espírito Santo.

Já em (SCÁRDUA, 2015) foi realizado o planejamento do sistema de transporte dos empregados de uma empresa também localizada no município de Vitória em Espírito Santo por meio de uma frota de veículos fretada, utilizando uma adaptação do modelo matemático baseado no *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP). O problema de roteirização e alocação de veículos é abordado em (CORDEIRO, 2017) que propõe um modelo de solução computacional de otimização, utilizando algoritmos genéticos, mas aplicado no transporte público rodoviário do município do Rio de Janeiro.

No presente trabalho, utilizou-se uma solução computacional de roteirização e alocação de veículos para simular e analisar as rotas do sistema de transporte dos funcionários, mas aplicadas no contexto de compartilhamento de recursos entre empresas localizadas próximas umas das outras.

3 METODOLOGIA

Como citado anteriormente, as empresas do PIM ficam localizadas em áreas destinadas para a atividade industrial formando concentrações de diversas indústrias próximas umas das outras.

Primeiramente, analisou-se o mapa do Distrito Industrial e o mapa de outras regiões de concentrações de indústrias na cidade de Manaus, a fim de identificar os possíveis agrupamentos de empresas do PIM candidatas a adotar o sistema de transporte de funcionários proposto pelo trabalho em questão, por razão da proximidade de suas localizações.

O próximo passo foi escolher um grupo de empresas para trabalhar, conseguindo a colaboração das mesmas para realizar a coleta de dados. A princípio, 5 empresas foram entrevistadas para levantamento de dados. Contudo, resolveu-se desenvolver um estudo de caso com apenas 2 delas (empresas A e B) pois as mesmas utilizavam os serviços da mesma empresa de transporte e ficavam localizadas uma ao lado da outra. Para fins de análise e desenvolvimento do estudo de caso, adotou-se o turno cComercial, pois as duas empresas possuíam expediente nesse turno.

Desse modo, foi feito um levantamento das rotas que supriam a necessidade de transporte de seus funcionários, procurando dimensionar a demanda da quantidade por rota e por empresa. De posse dos dados então, utilizou-se um *software* de uso gratuito para fazer a roteirização dos veículos (*Open Door Logistics*). Visto que as empresas não forneceram o endereço completo de seus funcionários, mas apenas os bairros onde residiam, os pontos de parada nos bairros foram escolhidos aleatoriamente. A quantidade de veículos utilizados nas rotas e o tipo dos veículos foram fornecidos pelas empresas.

A partir deste ponto, procurou-se identificar as interseções entre os trajetos das rotas que as empresas deste grupo realizam, a fim de analisar a viabilidade e identificar as possibilidades de compartilhamento de rotas entre as mesmas. Para então produzir um comparativo entre o cenário atual e o cenário de uma possível adoção da solução de rotas compartilhadas sob o enfoque das distâncias percorridas pelos veículos do sistema de transporte fretado, consumo de combustível e conseqüentemente, emissões.

3.1 Cálculo de emissões por consumo de combustível

A metodologia GHG Protocolo (2003) considera os dados de consumo do combustível de acordo com os fatores de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) liberados por este

(FLIZIKOWSKI, 2012). O valor das emissões de CO₂ foi calculado multiplicando os quilômetros percorridos por um fator de emissão do combustível diesel, conforme Equação 1. A fim de evitar superestimativas utilizou-se um fator de carga, como a ocupação média de cada tipo de veículo.

$$\text{Emissões} = \text{Km} * (\text{FE}_{ia} / \text{FC}) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Emissões = Emissão de CO₂;

Km = Distância percorrida pela fonte móvel;

FE = Fator de emissão de CO₂ em Kg. Km⁻¹;

i = tipo de veículo;

a = tipo de combustível;

FC = Fator de Carga.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na subseção seguinte é apresentado um estudo de caso realizado com os dados coletados de duas empresas que ficam localizadas em uma mesma Avenida, muito próximas uma da outra sendo que as duas adotam o sistema de transporte fretado para os seus funcionários.

4.1 Estudo de caso – empresas A e B

A seguir, são apresentadas as empresas cujos dados de transporte de seus funcionários foram utilizados para desenvolver o estudo de caso deste trabalho. As empresas A e B ficam localizadas na Zona Oeste da cidade de Manaus, em uma Avenida do mesmo lado da pista. A Empresa A fica a 220m de distância da Empresa B. Esta localidade não faz parte do bairro Distrito Industrial, mas também é caracterizada pela concentração de indústrias de vários segmentos ao longo da Avenida.

A Tabela 1 apresenta dados referentes ao volume de funcionários que utilizam as rotas dos sistemas de transporte fretado adotados pelas empresas.

Tabela 1 - Funcionários por empresa

Empresa	Total de Funcionários	Qtde de Turnos de Trabalho	Usuários de Rotas	Usuários de Rotas no Turno Comercial
A	80	1	56	56
B	170	3	119	68

A Figura 1 apresenta um comparativo da quantidade de usuários de rotas entre as duas empresas no turno comercial que inicia as 7h00 e finaliza as 17h00 de segunda-feira a sexta-feira. Enquanto a empresa A possui apenas 1 turno de produção, a empresa B possui 3 turnos, sendo que quase 60% dos funcionários usuários de rotas da empresa B, trabalham no turno comercial.

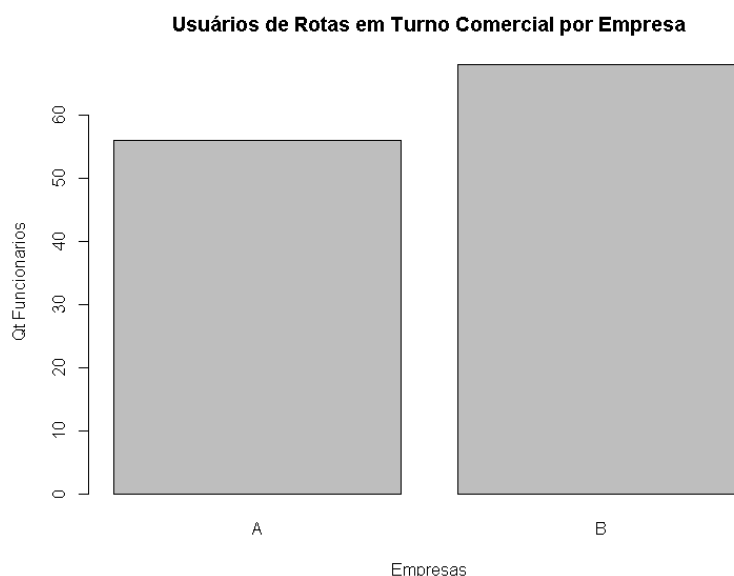


Figura 1 – Aporte de funcionários em rotas em Turno Comercial

As empresas A e B estão localizadas na Zona Oeste, mas possuem funcionários residentes nas 6 zonas administrativas de Manaus. A Tabela 2 apresenta a distribuição dos funcionários usuários de rotas em turno comercial por zonas administrativas de Manaus, nas quais são residentes. As Zonas Leste e Norte, são as zonas mais populosas do município e são as que mais possuem funcionários residentes das duas empresas. Ressaltando também que a empresa B possui uma quantidade expressiva de funcionários residentes na Zona Sul.

Tabela 2 - Distribuição de Funcionários por Zona e Empresa

Zona Administrativa	Empresa A	Empresa B
Zona Centro-Oeste	9	5
Zona Centro-Sul	2	0
Zona Leste	15	21
Zona Norte	16	20
Zona Oeste	9	7
Zona Sul	5	15

A Figura 2 evidencia a intersecção da distribuição dos funcionários das duas empresas por zona administrativa de Manaus. Todas as zonas possuem funcionários de ambas as empresas A e B, com exceção da Zona Centro-Sul que possui somente funcionários da empresa A.

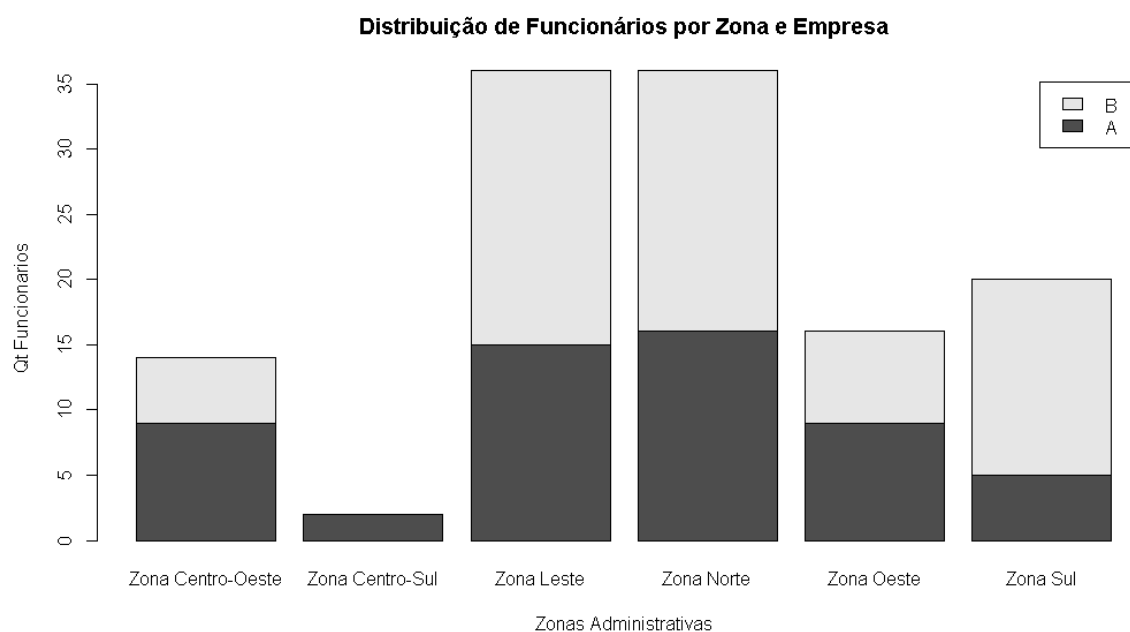


Figura 2 - Distribuição de funcionários por zona e empresa

4.2 Cenário Atual

Na Tabela 3 está descrito o cenário atual, no qual, as empresas A e B atuam para atender o transporte de funcionários no Turno Comercial. A empresa A para atender seus funcionários possui 4 rotas realizadas com Micro-ônibus, enquanto a empresa B possui 7 rotas realizadas com Vans.

Tabela 3 - Rotas e tipos de veículos por empresa

Empresa	Qt. Usuários de Rotas	Qt. de Veículos	Tipo de Veículo
A	56	4	Micro-ônibus
B	68	7	Van

4.2.1 Cenário atual – Empresa A

As rotas da empresa A são realizadas com veículos do tipo Micro-ônibus Volare V8, movidos a diesel, com capacidade para transportar 18 passageiros, consumindo 1 litro de combustível a cada 7 quilômetros. Para fins de análise, foram considerados os trajetos Residência-Empresa e Empresa-Residência, ou seja, o primeiro trajeto sendo o percurso de ida dos funcionários para a empresa, com o ponto de partida sendo o endereço da garagem da empresa prestadora do serviço de transporte e o ponto final, o endereço da empresa A. Assim

como, o percurso de retorno dos funcionários para suas residências, com o ponto de partida sendo o endereço da empresa A e o ponto final, o endereço da garagem da empresa prestadora do serviço de transporte.

Para atender todos os funcionários, as 4 rotas no total, possuem pontos de parada em 34 bairros diferentes distribuídos pelas 6 zonas administrativas de Manaus que são distribuídos nas 4 rotas detalhadas na Tabela e Tabela 5. As rotas foram simuladas considerando a quantidade de funcionários, os bairros das residências e o tipo de veículo utilizado. No entanto, não são considerados dados do trânsito no horário das rotas para calcular o tempo de duração das viagens. A distância média percorrida por rota é de 38,95 Km no trajeto Empresa-Residência e 39,13 Km no trajeto Residência-Empresa. A soma da distância percorrida em todas as viagens, nos dois trajetos, perfaz 312,31 km com um consumo total de 44,61 litros de diesel.

Tabela 4 – Detalhes das rotas da Empresa A no trajeto Empresa-Residência

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Micro Onibus-1	8	46,31	00:56:59.327	83%
Micro Onibus-2	10	40,08	00:49:28.125	78%
Micro Onibus-3	6	35,18	00:38:34.432	67%
Micro Onibus-4	10	34,22	00:49:03.002	83%
Total	34	155,79		

Tabela 5 - Detalhes das rotas da Empresa A no trajeto Residência-Empresa

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Micro Onibus-1	7	34,00	00:46:17.904	94%
Micro Onibus-2	9	46,34	00:59:05.015	94%
Micro Onibus-3	9	43,74	00:53:05.775	56%
Micro Onibus-4	9	32,44	00:38:29.109	67%
Total	34	156,52		

4.2.2 Cenário atual – Empresa B

As rotas da empresa B são realizadas com veículos do tipo Van Mercedes-Benz Sprinter, movidos a diesel, com capacidade para transportar 10 passageiros consumindo 1 litro de combustível a cada 8 quilômetros. Assim como para a empresa A, para fins de análise, foram considerados os trajetos Residência-Empresa e Empresa-Residência, ou seja, o primeiro trajeto sendo o percurso de ida dos funcionários para a empresa, com o ponto de partida sendo o endereço da garagem da prestadora de serviço de transporte (que no caso é a mesma que presta serviço para a empresa A), e o ponto final sendo o endereço da empresa B. Assim também, o percurso de retorno dos funcionários para suas residências com o ponto final sendo o endereço da garagem da empresa de transporte.

Para atender todos os funcionários, as 7 rotas no total, possuem pontos de parada em 35 bairros diferentes distribuídos por 5 zonas administrativas de Manaus, que são distribuídos em 7 rotas.

As Tabelas 6 e 7 demonstram, assim como para a Empresa A, as rotas foram simuladas considerando a quantidade de funcionários, os bairros das residências e o tipo de veículo utilizado, mas não são considerados dados do trânsito no horário das rotas para calcular o tempo de duração das viagens. A distância média percorrida por rota é de 31, 29 Km no trajeto Empresa-Residência e 31,80 Km no trajeto Residência-Empresa. A soma da distância percorrida, em todas as viagens, nos dois trajetos, perfaz 441,63 km com um consumo total de 55,21 litros de diesel.

Tabela 6 – Detalhes das rotas da Empresa B no trajeto Empresa-Residência

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Van-1	3	36,40	00:40:42.109	80%
Van-2	4	30,93	00:36:14.881	100%
Van-3	9	34,08	00:46:27.299	100%
Van-4	6	28,66	00:38:57.792	100%
Van-5	5	37,51	00:43:05.652	100%
Van-6	4	26,63	00:29:24.859	100%
Van-7	4	24,81	00:31:51.080	100%
Total	35	219,02		

Tabela 7 - Detalhes das rotas da Empresa B no trajeto Residência-Empresa

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Van-1	4	37,65	00:42:43.937	90%
Van-2	7	30,81	00:43:14.676	100%
Van-3	5	40,64	00:47:11.309	100%
Van-4	5	25,02	00:28:33.401	100%
Van-5	6	34,99	00:44:37.468	100%
Van-6	3	27,92	00:32:27.285	90%
Van-7	5	25,58	00:30:41.897	100%
Total	35	222,61		

4.3 Cenário de rotas compartilhadas entre as empresas A e B

Considerando a proximidade entre as empresas A e B, propõe-se a análise da viabilidade do compartilhamento das rotas para transporte dos funcionários das duas empresas, analisando os trajetos Residência-Empresa e Empresa-Residência como nas subseções anteriores.

Para definição das rotas, considerou-se o tipo de veículo Micro-ônibus com as mesmas características dos utilizados pela empresa A, por comportar quase o dobro de passageiros que o utilizado pela empresa B e por ser mais econômico no consumo de combustível. Com o intuito de atender todos os 124 funcionários das duas empresas, foram definidas 7 rotas com o total de 68 pontos de parada..

Tabela 8 - Detalhes da solução de rotas compartilhadas

Tipo de Veículo	Qt. Total de Rotas	Qt. Total de Funcionários	Qt. Total de Paradas
Micro-ônibus	7	124	68

Assim como nas subseções anteriores, as rotas foram simuladas considerando a quantidade de funcionários, os bairros das residências e o tipo de veículo utilizado, mas não foram considerados dados do trânsito no horário das rotas para calcular o tempo de duração das viagens. As Tabela 09s 9 e 10 mostram detalhes das 7 rotas definidas. A distância média percorrida por rota é de 38,60 Km no trajeto Empresa-Residência e 38,11 Km no trajeto Residência-Empresa.

Tabela 09 – Detalhes das rotas compartilhadas no trajeto Empresa-Residência

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Micro Onibus-2	8	33,31	00:41:36.762	100%
Micro Onibus-3	13	38,85	00:49:51.060	100%
Micro Onibus-4	7	34,46	00:44:42.227	94%
Micro Onibus-5	10	35,37	00:44:54.368	100%
Micro Onibus-6	12	34,07	00:48:25.833	100%
Micro Onibus-7	9	44,37	00:51:44.055	100%
Micro Onibus-8	9	49,75	00:57:10.575	94%
Total	68	270,18		

Tabela 10 - Detalhes das rotas compartilhadas no trajeto Residência-Empresa

Rota	Qt. Paradas	Distância (km)	Duração	Taxa de ocupação do Veículo
Micro Onibus-2	12	30,88	00:40:58.782	100%
Micro Onibus-3	10	26,82	00:39:29.853	100%
Micro Onibus-4	12	38,98	00:51:19.883	100%
Micro Onibus-5	6	49,75	00:59:47.767	100%
Micro Onibus-6	9	29,90	00:38:44.471	100%
Micro Onibus-7	11	44,48	00:52:07.065	100%
Micro Onibus-8	8	45,96	00:53:02.183	89%
Total	68	266,77		

A Tabela 11 apresenta um resumo das informações espaço-temporais de todas as rotas compartilhadas entre as empresas A e B, totalizando a distância percorrida em 536,95 quilômetros e o consumo de combustível em 76,71 litros de diesel, diariamente.

Tabela 11 - Resumo das rotas compartilhadas entre as empresas A e B

Trajeto	Qt. Total de Rotas	Qt. Total de Paradas	Distância Total (km)	Duração Total	Consumo Total de Combustível (litros)
Residência-Empresa	7	68	266,77	05:35:30.004	38,11
Empresa-Residência	7	68	270,18	05:38:24.880	38,60
Total			536,95		76,71

Os percursos das 7 rotas são traçados no mapa de Manaus, conforme as Figura 3, ilustrando diferenças em algumas rotas em função do sentido do trajeto percorrido.



Figura 3 – Rotas compartilhadas entre as empresas no mapa no trajeto Empresa-Residência.

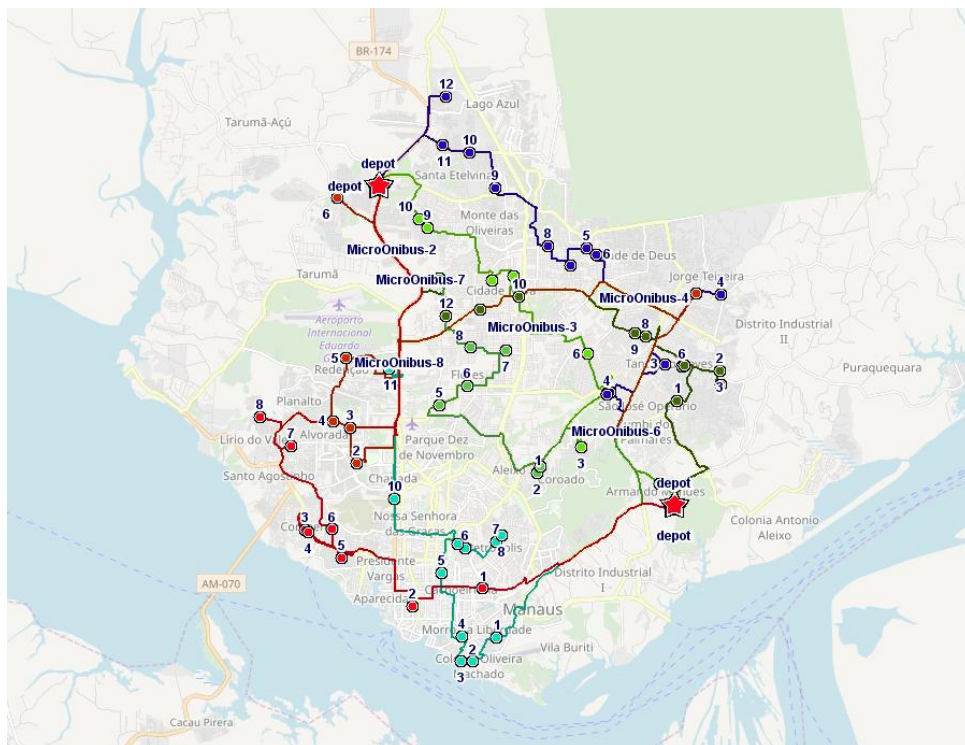


Figura 4 - Rotas compartilhadas entre as empresas no mapa no trajeto Residência-Empresa.

4.4 Comparativo entre cenário atual e cenário de rotas compartilhadas

Considerando o cenário atual de cada empresa, no qual, cada uma administra o sistema de transporte fretado para os seus próprios funcionários e o cenário proposto de rotas compartilhadas, têm-se os seguintes dados, apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Cenário atual e cenário proposto

Dados	Empresa A	Empresa B	Total (A+B)	Rotas Compartilhadas
Distância Total (km)	312,31	441,63	753,94	536,95 km
Consumo Total de Combustível (litros)	44,61	55,21	99,82	76,71 l
Qt. de Veículos	4	7	11	7

Conforme demonstrado na Tabela 12, a solução de rotas compartilhadas apresenta uma redução de quilometragem percorrida e conseqüentemente de consumo de combustível, o que se pode inferir redução das emissões antrópicas e dos custos financeiros. A distância total percorrida na solução de rotas compartilhadas é cerca de 29% menor que a distância Total A+B e o consumo de combustível da solução de rotas compartilhadas é cerca de 23% menor que o consumo Total A+B. Além da redução desses dois critérios, a solução proposta necessita de 4 veículos a menos para atender todos os funcionários das duas empresas.

Em termos de distância percorrida por rota, a solução de rotas compartilhadas alcançou uma distância média um pouco menor que a distância média por rota da Empresa A, nos dois tipos de trajetos analisados, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Distância média percorrida por rota (km)

Trajeto	Distância Média Percorrida por Rota (km)		
	Empresa A	Empresa B	Rotas Compartilhadas
Residência-Empresa	39,13	31,80	38,11
Empresa-Residência	38,95	31,29	38,60

Em termos de taxa de ocupação por veículo, analisando os trajetos Residência-Empresa e Empresa-Residência, o cenário atual da Empresa A apresentou uma taxa de ocupação por veículo média de 77,75%, o cenário atual da Empresa B apresentou uma taxa de

ocupação média de 97,14%, enquanto o cenário de rotas compartilhadas apresentou a maior taxa de ocupação por veículo média, cerca de 98,36%.

4.5 Comparativo das emissões por consumo de combustível

Para realização do cálculo de emissões, o fator de emissão do combustível diesel, tipo de veículo e seu fator de carga podem ser visualizados na Tabela 14.

Tabela 14 - Fator de emissão de CO₂ por combustível/veículo e fator de carga

Transporte	Combustível	Fator de Emissão	Unidade	Fator de Carga
Micro-ônibus	Diesel	0,770	Kg Km ⁻¹	18
Van	Diesel	0,770	Kg Km ⁻¹	10

FONTE: CETESB (2007).

A Tabela 15 apresenta os valores obtidos das emissões dos cenários analisados no estudo de caso, a solução proposta de rotas compartilhadas apresenta o valor de emissões 51% menor que a soma das emissões das empresas A e B nos trajetos analisados, Residência-Empresa e Empresa-Residência.

Tabela 15 - Cálculo de emissões de CO₂ nos diferentes cenários analisados

Cenários	Distância (km)	Fator de Emissão (Kg Km⁻¹)	Fator de Carga	Emissões (CO₂) ton
Empresa A	312,31	0,770	18	13,360
Empresa B	441,63	0,770	10	34,005
Empresa A + Empresa B				47,365
Rotas Compartilhadas	536,95	0,770	18	22,970

Essa melhoria demonstrou ser eficiente na redução em todos os sentido, otimizando a ocupação do espaço, a quilometragem percorrida, o consumo de combustível que pode resultar em economia de recursos e as reduções das emissões antrópica *per capita*, não estimadas neste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proposto apresentou um estudo de caso de duas empresas que utilizam sistema de transporte fretado para seus funcionários. Visto que as mesmas ficam localizadas muito próximas uma da outra, o trabalho propôs a análise da viabilidade do compartilhamento

de rotas entre as empresas, sob a hipótese da possibilidade de redução do volume de veículos, das distâncias percorridas nos trajetos Residência-Empresa e Empresa-Residência e consequentemente, redução das emissões de gases de efeito estufa, gases de efeito local e outros poluentes na atmosfera, diariamente.

Todos os comparativos foram feitos entre os valores da solução de rotas compartilhadas e a soma dos valores da empresa A e B. O estudo demonstrou que a solução de rotas compartilhadas necessita de 4 veículos a menos que as duas empresas utilizam no cenário atual para realizar o transporte dos funcionários nos trajetos analisados. Assim como, foi demonstrado a redução de cerca de 29% das distâncias percorridas em quilômetros com a adoção das rotas compartilhadas e em termos de consumo de combustível, houve uma redução de cerca de 23% no consumo de diesel, além de apresentar uma maior taxa de ocupação por veículo na configuração de suas rotas.

Com base nas distâncias percorridas, tipo de combustível e de veículos, calculou-se as emissões de CO₂, demonstrando a redução de 51% das emissões com o cenário das rotas compartilhadas no comparativo com o cenário atual das empresas envolvidas. Desta forma, após o desenvolvimento do estudo de caso, conclui-se que a proposta de rotas compartilhadas é uma solução que pode propiciar benefícios para a população, visto que apresentou valores de redução de emissões de gases de efeito estufa, além da possibilidade de redução de veículos na malha viária da cidade.

Como indicação de trabalhos futuros, sugere-se a expansão do número de empresas a serem analisadas e da quantidade de turnos de produção, pois no trabalho em questão, os valores diários foram baseados apenas no Turno Comercial. Seria interessante também, realizar a coleta de dados reais das rotas para comparar com os resultados dos dados simulados.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério das Cidades e Ministério dos Transportes. **Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima - PSTM**. 2013.

CORDEIRO, S. A. **Otimização do Itinerário de Linhas de Ônibus: Roteirização e Alocação de Recursos**. 2017. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

DUTRA, J. M. **Emissões de poluentes atmosféricos do sistema de transportes: inventários e predições**. 2018. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

FLIZIKOWSKI, L. C. **Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2012. 37p.

GHG Protocolo, **GHG Protocol Corporate Standard**, Volume 2, 2003. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. Acesso em: 05/09/2019.

LEITE, A. D.; SOUZA, G. A. **Análise do tempo de deslocamento de operários do Pólo Industrial de Manaus, Amazonas**. In: 10º CONGRESO COLOMBIANO DE INGENIERÍA

DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE, 2011, Medellin, Colômbia. Anais. Medellin, Colômbia, 2011.

MANAUS (2015). Plano de Mobilidade Urbana de Manaus. Manaus, 2015. Disponível em: <http://smtu.manaus.am.gov.br/planmob/> . Acesso em: 05/09/2019.

Open Door Logistics, **Intelligent software for vehicle routing & territory management**. Disponível em: <https://www.opendoorlogistics.com/index.html>. Acesso em: 05/08/2019.

SALLES, R. S. **Estudo de roteirização de veículos com apoio de um sistema de informações geográficas: uma contribuição para o transporte urbano de empregados por uma frota de ônibus fretada**. 2013. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013

SCÁRDUA, R. F. et al. **Planejamento do transporte de empregados por uma frota de ônibus fretada por meio de um modelo matemático baseado no Open Vehicle Routing Problem (OVRP)**. TRANSPORTES v. 23, n. 2, p 20-28, 2015.

SOUZA, G.; LEITE, A.. Análise da variação do tempo dedicado às viagens urbanas da população de manaus – AM, em Função do Modo de Transporte Utilizado. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n.º 1 (Junho) 2012. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. Pág. 85 a 102.