

# O Sistema Hidroviário da Represa Billings: Um Estudo Comparativo entre Modais

## *The Billings Dam Waterway System: A Comparative Study between Modes*

**Gustavo Paixão da Silva**

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste | Fatec Zona Leste  
gustavo.silva408@fatec.sp.gov.br

**Maria Vanessa de Souza**

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste | Fatec Zona Leste  
maria.souza100@fatec.sp.gov.br

**Roberto Ramos de Moraes**

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste | Fatec Zona Leste  
roberto.morais@fatec.sp.gov.br

### Resumo

Este estudo analisa a viabilidade de um sistema de transporte lacustre na Represa Billings, em São Paulo, como alternativa sustentável ao atual sistema de transporte rodoviário por ônibus. O problema investigado centra-se nos desafios enfrentados pela mobilidade urbana na região da represa, marcada por congestionamentos, longos tempos de deslocamento e impacto ambiental. O objetivo principal é comparar a eficiência do transporte aquaviário com o terrestre, considerando critérios como tempo, custo e a sustentabilidade. A metodologia adotada incluiu pesquisa bibliográfica, levantamento de dados secundários sobre o sistema tradicional e lacustre, e a simulação de cenários utilizando o software ARENA. Os resultados apontaram que o transporte hidroviário apresenta vantagens significativas em termos de tempo de trajeto. A simulação demonstrou uma diminuição de até 63,8% no tempo de deslocamento em relação ao transporte por ônibus. Conclui-se que a adoção do transporte lacustre na Represa Billings é viável e recomendável, podendo contribuir para um sistema de mobilidade mais eficiente, sustentável e integrado, desde que acompanhada de investimentos em infraestrutura e políticas públicas adequadas.

### Abstract

*This study analyzes the feasibility of a lake transportation system on the Billings Dam in São Paulo, as a sustainable alternative to the current bus transportation system. The problem investigated centers on the challenges faced by urban mobility in the reservoir region, marked by congestion, long commuting times and environmental impact. The main objective is to compare the efficiency of water and land transportation, considering criteria such as time, cost and sustainability. The methodology adopted included secondary data on the traditional and lake systems, and the simulation of scenarios using ARENA software. The results showed that waterway transportation has significant advantages in terms of travel time. The simulation showed a reduction of up to 24% in the time compared to bus transportation. The conclusion is that adoption of lake transportation on the Billings Reservoir is feasible and recommended, can contribute to a more efficient, sustainable and integrated mobility system,*

### Palavras-chave

Lacustre  
Ônibus  
Simulação  
Sustentabilidade

### Keywords

Lake  
Bus  
Simulation  
Sustainability

*provided that it is accompanied by integrated mobility system, provided that it is accompanied by investments in infrastructure and policies.*

## 1. Introdução

O transporte urbano, nas grandes metrópoles, tem se consolidado como um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade, principalmente em relação aos impactos ambientais e pelo tempo de deslocamento. Em cidades como São Paulo, o trânsito congestionado, aliado à emissão de gases poluentes provenientes dos veículos, estimula a degradação do meio ambiente e a diminuição da qualidade de vida dos habitantes. Nos últimos anos, tem aumentado a busca por soluções que mitiguem esses problemas, com destaque para alternativas de transporte mais eficientes, sustentáveis e com menor impacto ambiental. Neste cenário, o modal lacustre surgiu como uma opção promissora, especialmente para áreas urbanas que possuem grandes corpos d'água, como a represa Billings, em São Paulo, onde se exploram o uso de transportes aquáticos como alternativa aos tradicionais sistemas terrestres.

Qual a influência do transporte lacustre na Represa Billings e a redução das emissões de CO<sub>2</sub> na região zona sul de São Paulo? A pesquisa visa investigar as limitações do transporte aquático, como a viabilidade de implementação em larga escala, a integração com outros modais. Além disso, busca-se compreender o impacto de um novo sistema de transporte e soluções sustentáveis para a cidade.

Neste contexto, em que se busca soluções para reduzir o tempo de deslocamento, o congestionamento urbano e a emissão de CO<sub>2</sub> em grandes cidades como São Paulo, este trabalho teve por objetivo comparar a viabilidade do transporte aquático, utilizando a Represa Billings, com o transporte terrestre convencional (ônibus), considerando variáveis como tempo de deslocamento, custo, impacto ambiental e sustentabilidade. Na análise da proposta de transporte lacustre, foram avaliadas as possíveis rotas, a redução da emissão de carbono e o potencial para diminuir a quantidade de ônibus em circulação na região.

Ao explorar a viabilidade do transporte aquático como uma alternativa ao transporte terrestre tradicional na região da Represa Billings, esta pesquisa oferece contribuições valiosas para o desenvolvimento de novas soluções para os desafios da mobilidade urbana. Isso inclui a redução das emissões de CO<sub>2</sub> e a melhoria da qualidade de vida dos moradores da região. A análise da integração do transporte lacustre com outros modos de transporte e a eficiência de possíveis rotas, busca diversificar os sistemas de transporte urbano, promovendo opções mais sustentáveis e eficazes. Ao apresentar resultados baseados em comparações objetivas e bem fundamentadas, que destacam as condições de aplicabilidade, vantagens e limitações do transporte aquático, este estudo pode se tornar uma parte importante do conhecimento na área de mobilidade urbana e planejamento sustentável.

## 2. Fundamentação Teórica

O sistema de transporte é composto por diferentes modais, como o rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário (que inclui o lacustre) e até mesmo o transporte não motorizado que é por bicicleta. Cada um desses modos tem suas vantagens e desvantagens, dependendo do que se precisa transportar, da distância e da região. Entender as especificidades desses modais é importante para planejar de forma integrada e eficientes de locomoção, especialmente diante dos desafios

contemporâneos relacionados à sustentabilidade, à acessibilidade e à redução da pegada de carbono.

Neste referencial teórico, serão abordados de forma mais aprofundada os aspectos relacionados ao transporte de passageiros, ao transporte lacustre e às emissões de carbono associadas a esses deslocamentos.

## 2.1 Transporte de Passageiros

O transporte de passageiros é necessário para garantir que as pessoas possam se deslocar pelas cidades e regiões, tendo acesso a serviços, trabalho, educação e lazer. No contexto brasileiro, o transporte rodoviário é o mais utilizado, tanto dentro das cidades quanto entre elas, principalmente porque o país tem uma grande malha de estradas e os investimentos nesse setor sempre foram mais fortes. De acordo com Silva et al. (2017), essa preferência histórica pelo transporte rodoviário e individual trouxe desafios importantes, como altos custos, ineficiência no sistema e impactos ambientais.

A qualidade do transporte coletivo também influencia na escolha das pessoas. Quando os ônibus, por exemplo, não são pontuais, confortáveis ou seguros, muitos optam por usar o carro, o que contribui para o aumento do trânsito, da poluição e da perda de tempo nas cidades. Oliveira e Santos (2012) apontam que fatores como o tempo de espera, conforto e segurança são vitais para atrair mais usuários ao transporte público.

A integração entre os diferentes tipos de transporte é outro ponto importante. Quando não há conexão entre ônibus, trens, bicicletas e outros meios, o deslocamento das pessoas fica mais difícil, especialmente em cidades maiores. Silva (2015) comenta que essa falta de integração acaba dificultando o acesso da população mais distante ao centro urbano, aumentando a desigualdade social.

É indispensável um planejamento inteligente devido ao crescimento da demanda de transporte. Isso inclui o uso de tecnologias para organizar melhor as rotas, controlar os horários e melhorar a eficiência do sistema. Ballou (2006) reforça que esse tipo de organização ajuda a economizar recursos e melhora a experiência dos usuários. Ferramentas como mapas digitais e sistemas de monitoramento têm sido cada vez mais utilizadas pelas cidades para tornar o transporte mais eficiente.

Assim, o transporte de passageiros envolve muitos fatores e precisa ser pensado de forma completa. Melhorar a infraestrutura, oferecer serviços de qualidade, usar tecnologia e promover a integração entre os modais são passos básicos para tornar a mobilidade urbana mais eficiente, justa e sustentável.

## 2.2 Transporte Lacustre

O transporte lacustre, também conhecido como transporte por rios, lagos e lagoas, é uma alternativa para a mobilidade de pessoas em regiões com muitos recursos hídricos. Apesar de ser menos explorado do que o transporte rodoviário no Brasil, esse tipo de transporte tem um papel relevante em determinadas áreas, especialmente na região Norte do país. Em muitos lugares da Amazônia, por exemplo, o transporte lacustre é importante para o deslocamento das pessoas, já que há poucos acessos por estrada e a única maneira de chegar a determinados locais é por via fluvial (Nolêto, 2018).

É realizada através de lagos e tem como característica a ligação de cidade e países circunvizinhos. É um tipo de transporte bastante restrito em face de ser pouco os lagos navegáveis. Também possui porte para diversas cargas, levando sempre em conta a profundidade do lago a ser navegado (Mendonça, Keedi, 1997).

De acordo com Silva (2015), o transporte hidroviário costuma ter um custo operacional mais baixo e causar menos impacto ambiental do que outros modais. No entanto, ainda é pouco valorizado nas políticas públicas. A falta de investimentos em infraestrutura, a escassez de linhas regulares e a precariedade de muitas embarcações dificultam o desenvolvimento desse setor. Nolêto (2018) reforça essa ideia ao afirmar que, mesmo sendo o principal meio de transporte para muitas comunidades ribeirinhas, as condições de funcionamento ainda são limitadas e pouco eficientes.

Segundo Ballou (2006), é importante considerar fatores como custo, tempo e confiabilidade na escolha do melhor meio de transporte. Pensando nisso, o transporte lacustre pode ser uma boa opção, especialmente se for integrado com outros meios, como o ônibus ou o metrô, formando um sistema de transporte mais completo e acessível. Além disso, Souza et al. (2021) apontam que esse tipo de transporte pode ajudar a reduzir os congestionamentos nas cidades e ainda diminuir a emissão de poluentes, contribuindo para uma mobilidade urbana mais sustentável.

Apesar das vantagens, é necessário que o transporte lacustre seja tratado com mais atenção pelas autoridades. Para isso, é necessário investir na modernização das embarcações, melhorar os pontos de embarque e desembarque, além de planejar rotas eficientes e seguras (Nolêto, 2018).

## 2.3 Pegada de Carbono

A pegada de carbono é uma medida que quantifica a quantidade de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa liberados na atmosfera devido às atividades humanas. No transporte, essa pegada tem sido um tema importante, pois o setor é um dos maiores responsáveis pelas emissões de CO<sub>2</sub>, principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis nos veículos (Iberdrola, 2025).

Os carros e os aviões são dois dos maiores contribuintes para as pegadas de carbono pessoais. Os proprietários que utilizam seus automóveis regularmente geram, em média, 2,4 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano. Por outro lado, um único voo transatlântico tem um impacto significativo, adicionando cerca de 1,6 toneladas de CO<sub>2</sub> (Iberdrola, 2025).

De acordo com o IPCC (2021), apresentou os seguintes estudos: o transporte tradicional responde por cerca de 24% das emissões de CO<sub>2</sub> globais da energia. Por outro lado, nas áreas urbanas, essa porcentagem será significativamente maior, uma vez que a maioria das pessoas consome carros ou ônibus a combustível. Para quantificar a pegada de carbono ao usar o transporte é comum usar um indicador de “emissões por passageiro-quilômetro” (tCO<sub>2</sub>/pkm), isto é, para quantos passageiros é produzido tanta CO<sub>2</sub> em tal percurso do trajeto. Oliveira (2020) destaca que modais como o metrô, os ônibus e até o transporte aquático têm uma pegada de carbono muito menor por passageiro comparados aos carros particulares.

Seinfeld e Pandis (2016) afirmam que, para reduzir a pegada de carbono no transporte, é necessário não só melhorar a eficiência dos veículos, mas também repensar o planejamento urbano e investir em sistemas de transporte público que sejam

mais sustentáveis. Isso ajudaria a diminuir o uso de veículos particulares e reduzir as emissões de gases poluentes, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais nas cidades.

A estimativa da pegada de carbono em meios de transporte baseia-se na multiplicação da distância percorrida pelo fator de emissão associado ao tipo de combustível utilizado. Essa abordagem permite calcular a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida durante o deslocamento. Quando se trata de veículos coletivos, como ônibus e embarcações, é possível dividir o total emitido pelo número de passageiros transportados, obtendo-se a emissão média por pessoa. No caso específico de ônibus urbanos movidos a diesel, o fator de emissão médio é de 1,28 kg de CO<sub>2</sub> por quilômetro rodado (ANTP, 2013). Já para embarcações pequenas movidas a diesel, considera-se um consumo médio de 0,5 litro de combustível por quilômetro, com um fator de emissão de 2,6 kg de CO<sub>2</sub> por litro (IPEA, 2011). A fórmula é: Emissão total de CO<sub>2</sub> (kg) = Distância percorrida (km) × Fator de emissão (kg CO<sub>2</sub>/km ou kg CO<sub>2</sub>/L). No caso de veículos que transportam múltiplos passageiros, é possível calcular a emissão por passageiro utilizando: Emissão por passageiro (kg CO<sub>2</sub>) = Emissão total de CO<sub>2</sub> (kg) / Número de passageiros.

### 3. Materiais e Métodos

A metodologia utilizada neste estudo foi idealizada para analisar, de forma prática e comparativa, o desempenho do transporte lacustre em relação ao sistema rodoviário tradicional, no contexto urbano da área da Represa Billings, em São Paulo. A pesquisa foi delineada em uma abordagem exploratória, de natureza quantitativa, e organizada em três principais fases: levantamento de informações, simulação computacional e análise dos resultados.

A coleta de dados foi realizada em duas etapas. Na primeira, foi feito o levantamento de dados secundários e primários: utilizou-se a plataforma Google Maps para simular e mensurar o tempo estimado de percurso, distância e condições de tráfego do modal rodoviário (ônibus). Para o transporte lacustre, foram consideradas as mesmas variáveis, focando o trajeto entre os terminais Cantinho do Céu e Parque Mar Paulista. Dados primários foram obtidos por meio de pesquisa de campo, com coleta de informações reais como quantidade de passageiros transportados, tempo de deslocamento e funcionamento do sistema Aquático-SP.

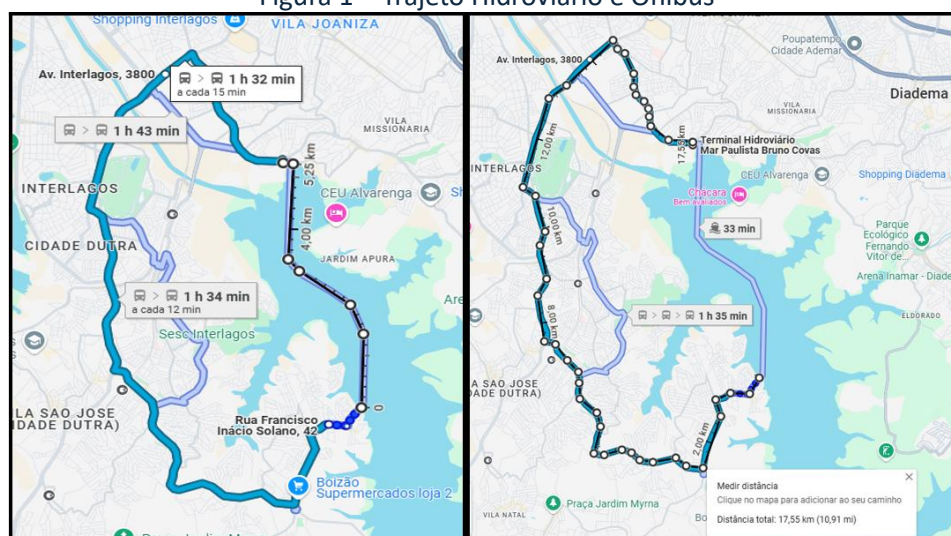
A simulação computacional foi realizada por meio do programa ARENA, uma ferramenta bastante utilizada para a modelagem de processos logísticos. Foram desenvolvidos dois modelos: um representando o fluxo de passageiros no sistema de ônibus, e outro simulando o fluxo no transporte lacustre. As simulações consideraram variáveis como tempo médio de espera, capacidade de passageiros, frequência de veículos/embarcações e tempo total de deslocamento.

A análise foi realizada de maneira comparativa do relatório gerado do ARENA, visando avaliar critérios de eficiência operacional, impacto ambiental e viabilidade econômica dos dois sistemas. Essa metodologia permitiu uma análise mais robusta, unindo dados reais e simulações para identificar as vantagens e limitações do transporte aquático como alternativa de mobilidade urbana na Represa Billings.

## 4. Resultados e Discussão

Segundo informações da SPTrans (2024), o trajeto entre os terminais Cantinho do Céu e Parque Mar Paulista – Bruno Covas, que antes podia levar até uma hora e vinte minutos por terra, passou a ser feito em cerca de 17 minutos por via aquática, o que representa um avanço significativo na qualidade de vida da população local. Além disso, a Prefeitura de São Paulo (2024) afirma que as embarcações utilizadas contam com estrutura moderna, são acessíveis, oferecem conforto e têm capacidade para até 60 passageiros sentados, com operação diária das 5h às 21h sem custo por enquanto. Na figura 1 a seguir, demonstra o trajeto comparativo entre os modais por tempo e quilometragem.

Figura 1 – Trajeto Hidroviário e Ônibus



Fonte: Google Maps (2025)

### 4.1 Transporte Aquático-SP na Represa Billings

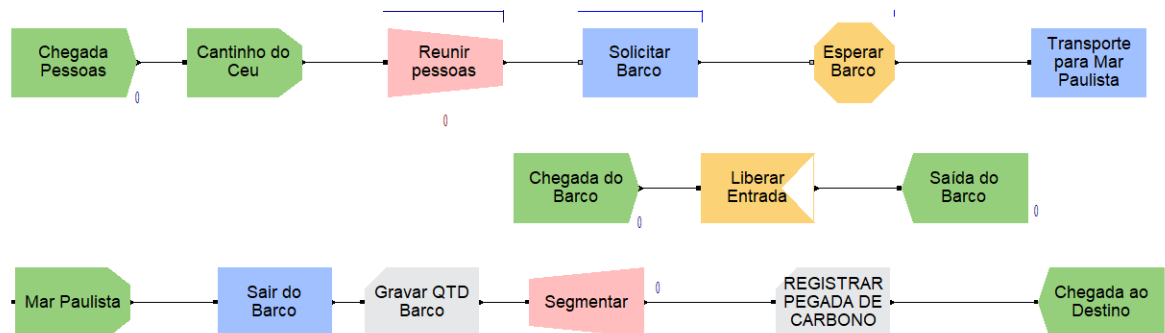
O transporte lacustre na cidade de São Paulo tem ganhado destaque com a implementação do projeto Aquático-SP, que funciona na Represa Billings, localizada na zona sul da capital. Esse novo modal foi pensado como uma alternativa de mobilidade para atender principalmente os moradores dos bairros Grajaú, Cocaia e Pedreira, onde a carência de transporte eficiente sempre foi um desafio (Prefeitura de São Paulo, 2024; Nestlehnner, 2024).

A iniciativa também prevê integração com ônibus elétricos, reduzindo o número de veículos a diesel em circulação e contribuindo para a diminuição da emissão de poluentes. O sistema faz parte das metas de sustentabilidade da cidade e reforça a importância de diversificar os modais de transporte urbano, aproveitando os recursos naturais disponíveis como a própria represa (Prefeitura de São Paulo, 2024).

### 4.2 Transporte Lacustre

A simulação foi realizada na ferramenta ARENA, com sete repetições com um período de 16 horas cada, já que o horário de funcionamento é das 05h às 21h em todos os dias da semana. Após a coleta de dados pelo Google Maps, junto com o estudo de campo, especificamente no dia 9 de abril de 2025, foi gerado as expressões para serem imputados no modelo. Após as expressões criadas, foi montado o modelo dentro do ARENA, conforme a figura 2.

**Figura 2 - Modelo Hidroviário Simulado no ARENA**



Fonte: Autores (2025)

De acordo com o relatório gerado da ferramenta, os resultados indicaram um tempo médio do transporte de aproximadamente 21,4 minutos, desconsiderando o tempo de espera na fila. Os parâmetros de entrada de entidades foram uma média de 1 passageiro a cada 3 minutos. No entanto, o tempo médio de espera na fila foi de 16,7 minutos com o desvio padrão de 0,69 minutos. Conforme a tabela 1.

**Tabela 1 – Relatório do Modelo Hidroviário do Arena**

| Estatísticas de tempo discreto (Tally) |         |                        |              |              |              |              |
|----------------------------------------|---------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                        | Média   | Intervalo de Confiança | Média Mínima | Média Máxima | Valor Mínimo | Valor Máximo |
| <b>Tempo de Espera</b>                 |         |                        |              |              |              |              |
| <b>Esperar Barco</b>                   | 7,7918  | 0,5326                 | 7,0713       | 8,6387       | 0,0108       | 16,7877      |
| <b>Reunir Pessoas</b>                  | 8,9133  | 0,8539                 | 0,9233       | 10,0855      | 0,0000       | 42,9881      |
| <b>Tempo de Transferência</b>          |         |                        |              |              |              |              |
| <b>Passageiro</b>                      | 21,4285 | 0,0000                 | 21,4285      | 21,4285      | 21,4285      | 21,4285      |
| <b>Tempo total do processo</b>         | 38,1337 | 0,4622                 | 7,9947       | 18,7242      | 0,0108       | 59,7758      |

Fonte: Autores (2025)

Dessa forma, o tempo médio total do processo, incluindo o período de espera e o tempo de deslocamento, foi de aproximadamente 38 minutos, com um desvio padrão de 0,46 minutos. Ressalta-se que o intervalo entre chegadas das embarcações foi configurado para ocorrer a cada 15 minutos com uma mínima de 12 e máxima de 18 minutos. O percurso deste projeto não houve custo. Com uma frota de 5 embarcações, foram simulados 64 trajetos e 355 passageiros chegaram ao seu destino, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas de Entradas/Saídas do Modelo Hidroviário do Arena

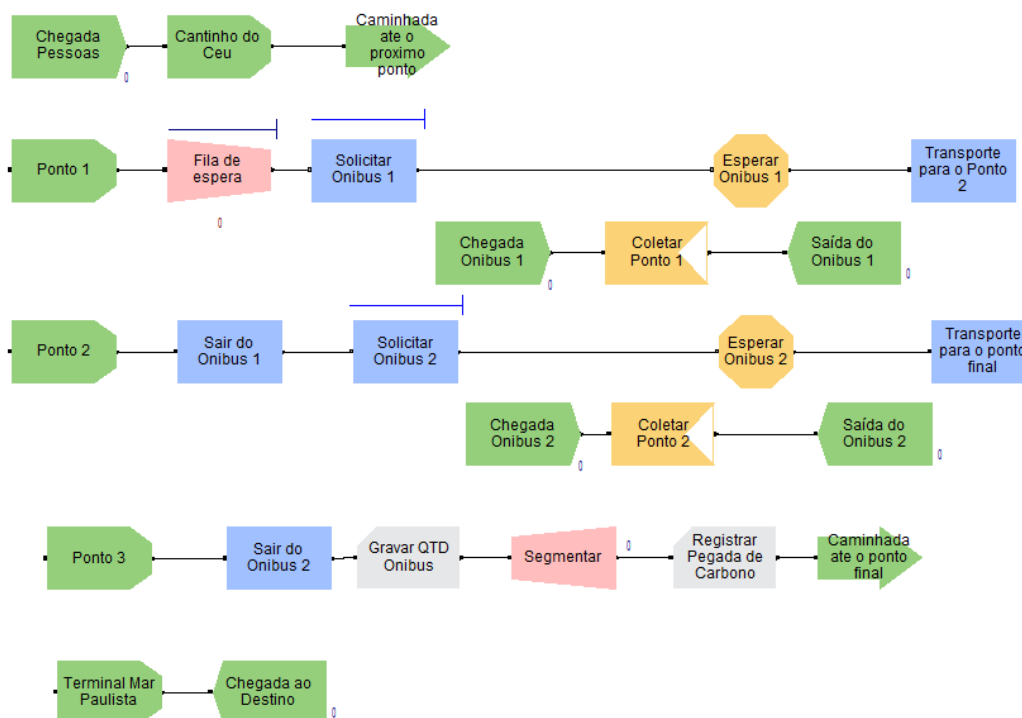
| Estatísticas de saída (relatórios de valor de fim de replicação) |                         |                        |                                    |                            |                            |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Nome                                                             | Média entre Replicações | Intervalo de Confiança | Desvio Padrão Geral em Replicações | Valor Mínimo de Replicação | Valor Máximo de Replicação |
| Barca.NúmeroEntradas                                             | 64,5714                 | 0,4943                 | 0,5345                             | 64                         | 65                         |
| Barca.NúmeroSaídas                                               | 64,5714                 | 0,4943                 | 0,5345                             | 64                         | 65                         |
| Passageiro.NúmeroEntradas                                        | 376,8571                | 26,8493                | 29,0311                            | 340                        | 420                        |
| Passageiro.NúmeroSaídas                                          | 355,4285                | 29,5509                | 31,9523                            | 320                        | 400                        |

Fonte: Autores (2025)

### 4.3 Transporte Tradicional (Ônibus)

A avaliação do transporte terrestre teve como base o trajeto equivalente ao do sistema hidroviário, com dados obtidos por meio do Google Maps. Inicialmente, o deslocamento foi por uma caminhada de aproximadamente 1,4 km, com duração média de 22 minutos até o primeiro ponto de ônibus. Em seguida, foi considerado um tempo de espera em média de 15 minutos pelo ônibus 675G-10 Jabaquara, cujo trajeto até o segundo ponto teve duração aproximada de 52 minutos. Após o desembarque, houve uma nova espera média de 8 minutos para embarque no segundo ônibus, o 605A-10 Jardim Apurá, que percorreu o trecho restante em 13 minutos. Por fim, foi realizada uma última caminhada de 0,3 km, com tempo estimado de 4 minutos, até o terminal Mar Paulista.

Figura 3 – Modelo Tradicional (Ônibus) no Arena



Fonte: Autores (2025)

Ao simular o trajeto na ferramenta ARENA, utilizando os mesmos parâmetros de replicação, intervalo de chegada das entidades e os dados de tempo de percurso obtidos

pelo Google Maps, o tempo médio total do percurso foi de aproximadamente 1 hora e 45 minutos, com desvio padrão de 1,56 minutos. Esse valor inclui tanto o tempo de espera em pontos de parada quanto o tempo efetivo de deslocamento. E o tempo médio de deslocamento do trajeto, foi de 1 hora e 2 minutos, conforme a tabela 3. O tempo entre chegadas do transporte estava configurado em 15 minutos. O trajeto teve um custo de 10 reais, pois o valor da passagem de um ônibus é de 5 reais.

Tabela 3 – Relatório do Modelo Tradicional (Ônibus) do Arena

| Estatísticas de tempo discreto (Tally) |          |                           |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                        | Média    | Intervalo de<br>Confiança | Média<br>Mínima | Média<br>Máxima | Valor<br>Mínimo | Valor<br>Máximo |
| Tempo de Espera                        |          |                           |                 |                 |                 |                 |
| <b>Esperar Ônibus<br/>1.Fila</b>       | 5,0812   | 0,3524                    | 4,4424          | 5,6992          | 0,0040          | 15,9978         |
| <b>Esperar Ônibus<br/>2.Fila</b>       | 6,0880   | 1,0027                    | 4,9234          | 8,2844          | 0,0030          | 14,2603         |
| Tempo de Transferência                 |          |                           |                 |                 |                 |                 |
| <b>Passageiro</b>                      | 61,9797  | 0,0515                    | 61,9172         | 62,0880         | 59,5281         | 64,5440         |
| <b>Tempo total do<br/>processo</b>     | 105,4022 | 1,5635                    | 103,3191        | 108,4225        | 60,6441         | 130,5775        |

Fonte: Autores (2025)

Para concluir o tempo simulado de 16 horas aplicadas, foi necessário uma frota de 64 ônibus da linha 607A-10 (Jardim Apurá) e 64 ônibus da linha 675G-10 (Jabaquara). No total 580 com um desvio padrão de 37 passageiros conseguiram concluir o trajeto, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Estatísticas de Entradas/Saídas do Modelo Tradicional (Ônibus) do Arena

| Estatísticas de saída (relatórios de valor de fim de replicação) |                            |                           |                                          |                                  |                                  |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Nome                                                             | Média entre<br>replicações | Intervalo de<br>Confiança | Desvio Padrão<br>Geral em<br>Replicações | Valor<br>mínimo de<br>replicação | Valor<br>máximo de<br>replicação |
| <b>ONIBUS 607A10 JARDIM<br/>APURA.NúmeroEntradas</b>             | 64,8571                    | 0,6382                    | 0,6900                                   | 64                               | 66                               |
| <b>ONIBUS 607A10 JARDIM<br/>APURA.NúmeroSaídas</b>               | 64,8571                    | 0,6382                    | 0,6900                                   | 64                               | 66                               |
| <b>ONIBUS 675G10<br/>JABAQUARA.NúmeroEntradas</b>                | 64,7142                    | 0,6991                    | 0,7559                                   | 64                               | 66                               |
| <b>ONIBUS 675G10<br/>JABAQUARA.NúmeroSaídas</b>                  | 64,7142                    | 0,6991                    | 0,7559                                   | 64                               | 66                               |
| <b>Passageiro.NúmeroEntradas</b>                                 | 643,8571                   | 41,5200                   | 44,8940                                  | 561                              | 707                              |
| <b>Passageiro.NúmeroSaídas</b>                                   | 580                        | 37,5636                   | 40,6160                                  | 512                              | 642                              |

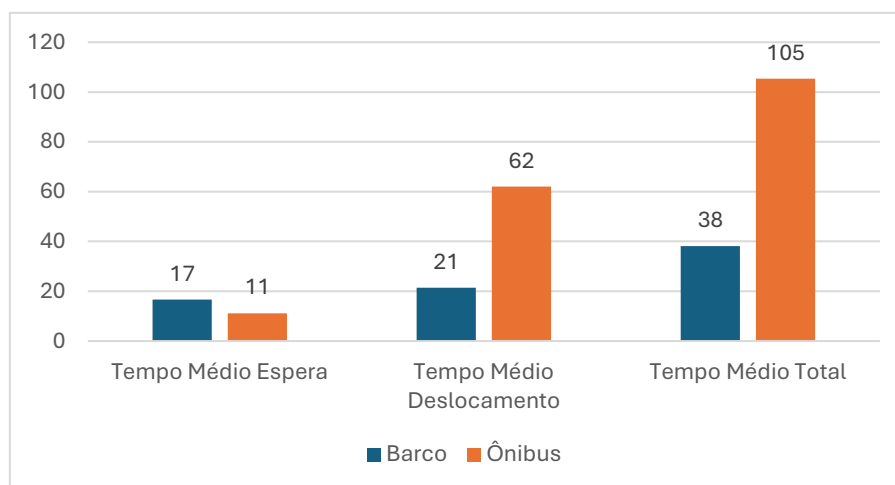
Fonte: Autores (2025)

## 4.4 Análise dos Resultados

Após uma análise comparativa entre os tipos de modelos no estudo, foi possível identificar que, apesar do tempo de espera do barco ser maior que do ônibus e a quantidade de pessoas serem menores, o trajeto pelo barco é mais rápido quando

comparado os tempos médios de espera, tempo médio do trajeto e o tempo médio total de ambos os transportes, conforme a figura 4.

Figura 4 - Comparação entre os Modais



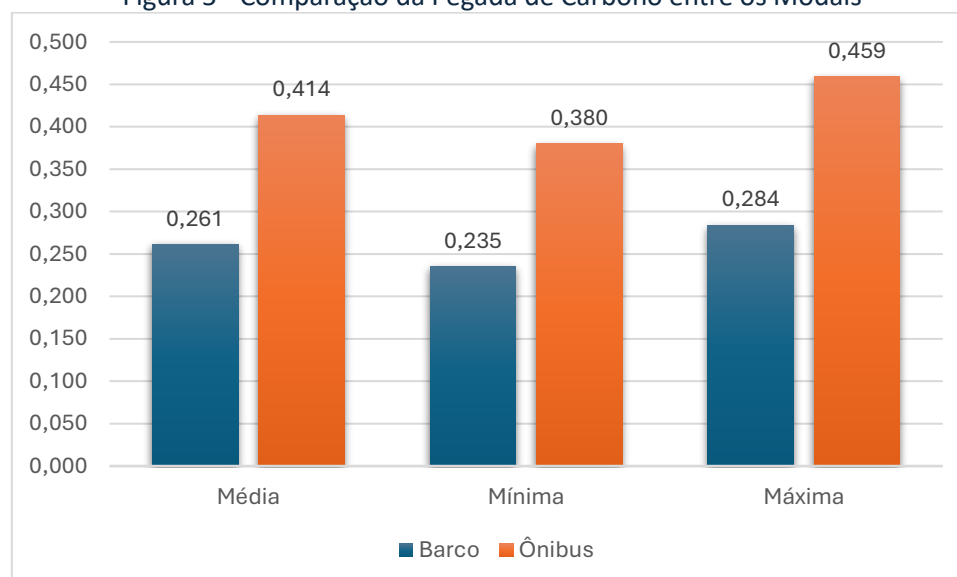
Fonte: Autores (2025)

## 4.5 Emissão de Gás Carbono

Através da ferramenta do Google Maps, foi utilizada para calcular uma base média da distância percorrida de ônibus e de barco, do Cantinho do Céu até o Mar Paulista, que é de aproximadamente 5km de barco e 17km de ônibus.

Com os dados de distância e quantidade média de passageiros, foi realizado dentro do ARENA, o cálculo da pegada de carbono dos modais comparados. Após o relatório gerado, foi possível identificar que o transporte lacustre contém uma emissão menor de CO<sub>2</sub> comparado ao transporte tradicional (ônibus).

Figura 5 - Comparação da Pegada de Carbono entre os Modais



Fonte: Autores (2025)

Esses cálculos fornecem uma estimativa comparativa das emissões de gases de efeito estufa associadas ao transporte terrestre e aquático em contextos urbanos e de lazer. Ressalta-se que esses valores são baseados em médias e podem variar conforme o tipo e a eficiência do motor, as condições de operação e a qualidade do combustível utilizado.

## 5. Conclusão

Com base nos resultados obtidos nas simulações, observa-se que o transporte lacustre apresenta um tempo médio de trajeto significativamente menor em comparação ao transporte tradicional por ônibus, obtendo uma redução de 63,8%, evidenciando seu potencial para reduzir o tempo de deslocamento diário da população. No entanto, o tempo médio total do processo lacustre, incluindo a espera, ainda é elevado, principalmente devido ao intervalo entre embarcações. Apesar disso, o transporte hidroviário não apresentou custos aos usuários durante o período analisado, enquanto o transporte terrestre gerou um custo médio de R\$10,00 por trajeto completo.

O modelo hidroviário é mais rápido e oferece embarcações modernas, acessíveis e confortáveis, com operação contínua todos os dias da semana das 5h às 21h. Além disso, com base nos cálculos feitos, a emissão de CO<sub>2</sub> do trajeto descrito, evidencia que a embarcação tem o menor impacto ambiental comparado ao modelo tradicional.

Portanto, embora ainda haja desafios logísticos a serem ajustados, o transporte aquático se mostra uma alternativa viável e promissora, especialmente do ponto de vista da sustentabilidade, acessibilidade e qualidade de vida dos usuários.

## Referências

- ANTP. **Estimativa de emissões de poluentes e GEE em frotas de ônibus urbanos**. São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos, 2013. Disponível em: [https://files-server.antp.org.br/\\_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/A8EE78DB-42B3-4BE9-920C-BB5B405632DD.pdf](https://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/A8EE78DB-42B3-4BE9-920C-BB5B405632DD.pdf). Acesso em: 4 maio 2025.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- IBERDROLA. **PEGADA DE CARBONO**: O que é a pegada de carbono e por que é vital reduzi-la para frear as mudanças climáticas? Iberdrola S.A, 2025. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pegada-carbono>>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- IPEA. **Emissões relativas de poluentes do transporte urbano**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim\\_regional/111125\\_boletimregional5\\_cap13.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/111125_boletimregional5_cap13.pdf)>. Acesso em: 4 maio 2025.
- MARINA IMPERIAL. **Como economizar combustível do barco?** MARINA IMPERIAL, 2025. Disponível em: <https://marinaimperial.com.br/como-economizar-combustivel-do-barco/>>. Acesso em 05 mai. 2025.

MENDONÇA, Paulo C. C., KEEDI, Samir. **Transportes e Seguros no Comércio Exterior**. São Paulo: Aduaneiras, 1997.

NESTLEHNER, C. **Transporte hidroviário na represa Billings é inaugurado em SP**. CNN, 2024. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/transporte-hidroviario-na-represa-billings-e-inaugurado-em-sp/>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

NOLÊTTO, C. C. **Transporte hidroviário na Amazônia: desafios e perspectivas para o desenvolvimento regional**. Revista Brasileira de Transportes, Brasília, v. 6, n. 2, p. 55–70, 2018.

OLIVEIRA, Ana Paula. **Transporte urbano e pegada de carbono: uma análise comparativa dos modais em cidades brasileiras**. Revista Brasileira de Transporte Sustentável, v. 4, n. 1, p. 45-62, 2020.

OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, M. **Avaliação da qualidade do transporte rodoviário intermunicipal de passageiros**. Revista Transportes, v. 20, n. 1, p. 45-54, 2012.

PBE. **Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e emissões de dióxido de carbono**. PBE EDIFICA, 2020. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/fatoresconvers%C3%A3oINIs>>. Acesso em: 02 maio 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Transporte aquático é inaugurado na Represa Billings**. 2024. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/cidade\\_ademar/noticias/?p=141485](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/cidade_ademar/noticias/?p=141485)>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Transporte hidroviário na represa Billings**. Capital SP, 2024. Disponível em: <<https://capital.sp.gov.br/noticia/transporte-hidroviario-billings>>. Acesso em: 10 maio 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **São Paulo reserva área para terminal atracadouro e avança rumo ao transporte hidroviário**. Capital SP, 2024. Disponível em: <<https://capital.sp.gov.br/w/noticia/sao-paulo-reserva-area-para-terminal-atracadouro-e-avanca-rumo-ao-transporte-hidroviario>>. Acesso em: 10 maio 2025.

SEINFELD, John H.; PANDIS, Spyros N. **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2016.

SILVA, João A. **Infraestrutura e planejamento de transportes no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2015.

SILVA, J. P. **Logística brasileira: um estudo teórico do modal aquaviário (cabotagem)**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12345>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SILVA, R. A. et al. **Transporte rodoviário de passageiros: um estudo**. Instituto de Transporte e Logística, 2017. Disponível em: <https://www.itl.gov.br/documentos/estudos/transporte-rodoviario.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SOUZA, Mariana T. et al. **Transporte aquaviário urbano como alternativa sustentável de mobilidade: estudo de caso na Baía de Guanabara**. Revista de Mobilidade e Transporte, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 21–38, 2021.

SPTRANS. **Criação da linha 626A-10 Cantinho do Céu – Mar Paulista (Aquático-SP)**. 2024. Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/informativos/sul/criacao-da-linha-626a-10-cantinho-do-ceu-mar-paulista-aquatico-sp/59184>. Acesso em: 05 abr. 2025.

SPTRANS. **Relatório Integrado da Administração**. 2024. Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/relatorio-integrado-da-administracao-2024>. Acesso em: 05 abr. 2025.