

## PLANEJAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE ENTRE A LINHA 13 DA CPTM E O AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS

**Rayane Mayara de Souza**  
**Marcus Vinícius Lemos Ignácio**  
Universidade Anhembi Morumbi  
Escola de Engenharia

### RESUMO

Apesar de o Aeroporto Internacional de Guarulhos (GRU) ser o maior do Brasil e o mais movimentado da América Latina, o complexo aeroportuário conta com poucas alternativas de acesso e egresso. O Governo do Estado de São Paulo concluiu a implantação da Linha 13 – Jade da CPTM, oferecendo uma alternativa de ligação entre o aeroporto e a cidade de São Paulo. Passageiros e funcionários do Aeroporto de Guarulhos passaram a contar com uma alternativa diferente da Rodovia Hélio Smidt, cujo tráfego, espera-se, também diminua a partir do uso dos trens. Entretanto, a Linha 13 tem sua última estação a poucos metros do Terminal 1, onde predomina a operação de voos domésticos. Para acessar os terminais 2 e 3, de onde partem os voos internacionais, passageiros precisam utilizar um sistema de transporte auxiliar, sobre pneus. Diante deste cenário, propõe-se um estudo cujo objetivo é avaliar a integração dos modos de transporte existentes e propor a implantação do veículo leve sobre trilhos (VLT) afim de atender aos passageiros e funcionários propiciando maior conforto, agilidade e segurança no acesso ao aeroporto.

### ABSTRACT

Although Guarulhos International Airport (GRU) is the largest in Brazil and the busiest in Latin America, the airport complex has few alternatives for access and egress. The Government of the State of São Paulo has completed the implementation of Line 13 - Jade of CPTM, which will connect the airport to the city's central area in order to provide a new transportation alternative for passengers and airport employees, also contributing to improve traffic conditions on Hélio Smidt Highway. However, the location of the Airport Station does not promote direct access to the main passenger terminals (Terminals 2 and 3). Considering this problem, the present study aims to evaluate the integration of existing modes of transportation and to propose the implementation of the light rail vehicle (VLT) in order to serve passengers and employees, providing greater comfort, agility and safety in access to the airport.

### 1. INTRODUÇÃO

Quando se trata do acesso terrestre aos aeroportos nos grandes centros urbanos brasileiros, é possível observar diversas falhas operacionais nos sistemas atuais, os quais são predominantemente rodoviários. O planejamento de alternativas que possibilitem facilitar o trajeto de acesso e egresso dos passageiros aos aeroportos é um tema de relevância para a realização de estudos para a implantação de alternativas mais eficientes.

A predominância do modo rodoviário no acesso aos aeroportos representa uma parcela relevante do volume de tráfego do sistema viário brasileiro, o qual já se encontra sobrecarregado quando se consideram apenas os volumes provenientes das necessidades diárias de circulação, nos grandes centros urbanos. Assim, a integração dos modos no transporte coletivo de passageiros surge como principal alternativa para desafogar o congestionamento das vias de acesso aos aeroportos, que por muitas vezes consome mais tempo do que o voo propriamente dito.

Particularmente, na cidade de São Paulo, o sistema de acesso e egresso ao Aeroporto Internacional de Guarulhos oferece condições insatisfatórias aos passageiros, sendo considerado o principal gargalo operacional do aeroporto. As vias de acesso (marginais Tietê e Pinheiros), concentram um grande volume de tráfego pelo fato de contornarem o perímetro urbano da cidade de São Paulo, o que torna o tráfego mais intenso provocando baixas

velocidades médias e incertezas no tempo de viagem. Com o intuito de melhorar esse cenário, a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) finalizou a implantação da nova Linha 13 - Jade, que tem como objetivo prover a ligação de São Paulo ao Aeroporto Internacional de Guarulhos. Porém, essa medida por si só não interligará por completo a cidade ao aeroporto, pois a localização da Estação Aeroporto da Linha 13 da CPTM está a, aproximadamente, 3 quilômetros de distância dos principais terminais de passageiros do aeroporto.

Para este estudo, pretende-se verificar a eficiência do sistema de transporte existente no entorno do complexo aeroportuário e assim, analisar a viabilidade da criação de uma rede de modos de transporte interligados para atender à demanda de acesso e egresso no Aeroporto de Guarulhos. Essa análise de viabilidade direcionará o foco para a extensa bibliografia já desenvolvida referente à integração de modos de transporte, inicialmente contemplando o tema de uma maneira genérica, para então explorar diretamente o enfoque nos benefícios e possibilidades relacionados à intermodalidade no sistema aéreo e, por fim, atentar para o contexto local do Aeroporto de Guarulhos, sua localização, as vias de acesso e os sistemas atuantes no entorno do sítio aeroportuário.

## **2. TRANSPORTE COLETIVO E MOBILIDADE URBANA**

A capacidade de locomoção é um fator preponderante para manter o funcionamento da engrenagem econômica e social de uma metrópole. Em um mundo globalizado e quase integralmente conectado de diversas maneiras, é importante que os indivíduos tenham a possibilidade de se locomover tão rapidamente quanto a informação. “A finalidade do transporte é fornecer um mecanismo para troca de bens, de informações, deslocamento de pessoas e apoiar o desenvolvimento econômico da sociedade” (HOEL; GARBER; SADEK, 2011, p. 01).

Ter um sistema de transporte eficiente é fundamental para a infraestrutura de qualquer região, e o nível de desenvolvimento de uma sociedade está diretamente relacionado ao nível de eficiência de seu sistema de transporte. A relevância do transporte na sociedade implica na participação da engenharia no seu processo de desenvolvimento.

Hoel (2011) afirma que um sistema de transporte de qualidade proporciona muitos benefícios à sociedade, além de ter um papel importante no desenvolvimento econômico. As constantes melhorias nos sistemas de transporte têm colaborado para a melhoria da qualidade de vida e aumenta as oportunidades na busca da felicidade, proporcionando às pessoas um grau de mobilidade único.

Assim, a necessidade de tornar o transporte coletivo e a mobilidade urbana mais eficientes se mostra cada vez mais evidente ao se analisar o cenário atual. A falta de investimentos em desenvolvimento e as falhas operacionais em diversos modos no sistema de transporte coletivo de São Paulo, tornam pouco atrativa ao usuário a opção pelo transporte público, demonstrando a importância do planejamento de uma rede de sistemas de transporte que atue de forma integrada.

### **2.1. Conceito de multimodal e intermodalidade**

“O transporte multimodal é a combinação entre vários modos de transporte, de forma a tornar mais rápidas e eficazes as operações de transbordo” (DIAS 2012, p. 41). Este conceito

também já foi definido como “[...] Intermodalidade, que procura combinar diversos modos de transporte (cada qual com sua característica, variando em capacidade de carga, velocidade e custo) em uma mesma operação integrada de transportes” (MARQUEZ; DARONCHO, 2012, p. 02 apud ROCHAT, 2010).

Marquez e Daroncho (2012) ainda concluem que, no transporte de passageiros, a intermodalidade visa facilitar as conexões com outros modos de transporte, podendo abranger o pagamento de tarifas únicas, com a aquisição de bilhetes que possam ser utilizados em diferentes meios de transporte. A intermodalidade de passageiros pode ser definida como um princípio e uma política de planejamento, que tem como objetivo prover aos passageiros o uso combinado de diferentes meios de transporte, em uma cadeia de viagem sem interrupções.

## 2.2. Integração de Modais no Sistema Aéreo

Dentre os modos de transporte existentes na atualidade, o modo aéreo é um dos mais relevantes e utilizados mundialmente, principalmente quando o objetivo são viagens de longas distâncias e o transporte de cargas com alto valor agregado. Segundo a IATA (*International Air Transport Association*), no Brasil, o transporte aéreo não só contribui com o transporte de passageiros e cargas, como também propicia uma grande contribuição para a economia brasileira, criando empregos e contribuindo com o Produto Interno Bruto (PIB) do país.

Quando se trata de velocidade e confiabilidade, o modo aéreo apresenta um ótimo desempenho, tornando-se essencial em diversas ocasiões. Porém, este sistema, por si só, não é capaz de atender por completo à eficiência exigida no transporte de pessoas, tornando necessária a criação de alternativas que otimizem o acesso ao sítio aeroportuário.

No que tange à eficiência no acesso a sítios aeroportuários, Marquez e Daroncho (2012) afirmam que, neste contexto, a intermodalidade de transportes se mostra como uma alternativa factível, pois combina diferentes meios de transporte em uma mesma operação, contando com as melhores características de cada modo para os diversos tipos de trajetos. Desta forma, a intermodalidade de transportes surge como atraente solução para gargalos enfrentados pelos sistemas de transporte de passageiros, desde que haja adequado dimensionamento das conexões e transferências, no intuito de consumir o menor tempo de percurso dos usuários, maximizando a utilidade dos deslocamentos.

### 2.2.1. Intermodalidade Aero Rodoviária

Historicamente, houve no Brasil a predominância de investimentos em sistemas rodoviários para o transporte de passageiros e mercadorias. Em linha com o aquecimento da indústria automobilística, várias rodovias foram construídas, tornando o modo rodoviário o sistema responsável pelo transporte de 60% das cargas e 90% dos passageiros, segundo dados da última pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT). Quando são analisados os deslocamentos para aeroportos brasileiros, não surpreende, portanto, a inexistência de sistemas sobre trilhos conectando os principais aeroportos do país aos polos geradores de demanda. Essa predominância gera questões significativas para a elaboração de estudos para a introdução de modos de transporte coletivos com o objetivo de oferecer ao passageiro um acesso rápido, reduzindo o congestionamento nas principais vias de acesso aos aeroportos.

Segundo Alves (2011), o acesso terrestre a aeroportos em grandes áreas urbanas pode ser seriamente afetado pelo congestionamento do tráfego urbano. Em alguns casos, o tempo de

acesso pode ser maior do que o tempo dedicado à viagem aérea propriamente dita.

Com a progressiva demanda por viagens aéreas no Brasil, a saturação da infraestrutura de acesso terrestre aos aeroportos tende a se agravar, tornando importante o estímulo ao uso e desenvolvimento do transporte intermodal coletivo.

### 2.2.2. *Intermodalidade Aero Ferroviária*

Segundo Marquez e Daroncho (2012) apud Levy (2010), a intermodalidade aero ferroviária consiste na utilização do modo aéreo e do modo ferroviário em uma mesma viagem, combinando o avião e o trem em uma mesma operação. A ligação aero ferroviária é uma alternativa viável para desafogar o entorno dos aeroportos e proporcionar conforto aos passageiros durante a viagem. Esta conexão aproveita-se da velocidade e confiabilidade do transporte aéreo para realizar os trechos maiores e, em trechos menores dentro do perímetro urbano ou entre cidades vizinhas, utiliza-se o trem para proporcionar uma viagem segura e equivalente em tempo ao modo rodoviário, uma vez que as regiões próximas ao aeroporto apresentam muito trânsito, o que torna a viagem por carro ou ônibus demorada e desgastante.

Alves (2011) também diz que o modo ferroviário é uma alternativa importante a ser considerada para a provisão do acesso e egresso direto aos aeroportos. Logo, a intermodalidade aero ferroviária se apresenta como uma alternativa relevante para a realização do acesso e egresso do sítio aeroportuário, pois o uso de trens e/ou metrô, além de possuir uma maior capacidade de passageiros, possibilita também diminuição do gargalo operacional da maioria dos aeroportos que consiste no volume excessivo de veículos em seu entorno causando congestionamentos no seu entorno e, conseqüentemente, dificultando o trajeto dos passageiros.

## 3. A INTERMODALIDADE NO AEROPORTO DE GUARULHOS

O Aeroporto Internacional de Guarulhos, situado na Região Metropolitana de São Paulo, é um dos maiores aeroportos da América do Sul e considerado pela ANAC o principal no que diz respeito às conexões no continente.

Segundo dados da Infraero, o aeroporto movimentou no ano de 2016 quase 37 milhões de passageiros. A proximidade do aeroporto com a cidade de São Paulo e sua relevância econômica e operacional dada a posição estratégica no continente, sugerem a necessidade de soluções de intermodalidade na realização do acesso às instalações do complexo. No entanto, o cenário real apresenta um panorama diferente da situação ideal.

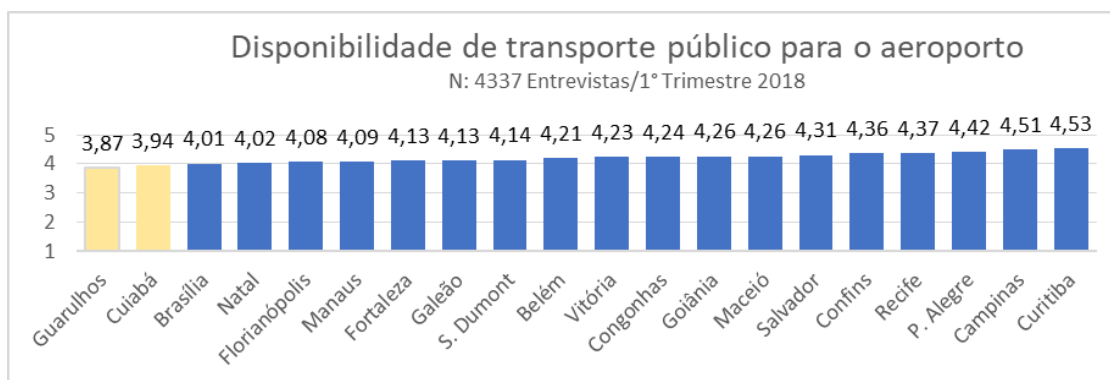
Atualmente, o aeroporto Internacional de Guarulhos possui integração direta apenas com o modo rodoviário por meio das Rodovias Presidente Dutra e Ayrton Senna. Há poucas linhas de ônibus que fazem o trajeto entre o sítio aeroportuário e a cidade de São Paulo, o que leva a maioria dos usuários do aeroporto a optar pelo uso dos carros particulares. O volume de tráfego gerado pelo uso do aeroporto, somado ao tráfego existente do entorno do sítio aeroportuário, acaba por tornar o trajeto em direção ao aeroporto mais demorado que o voo propriamente dito.

Visando atender às demandas atual e futura, o Governo do Estado de São Paulo implantou a Linha 13 – Jade juntamente com a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). Entretanto, conforme dito anteriormente, essa medida por si só não fará a ligação completa

entre o aeroporto e a cidade de São Paulo devido à distância entre a Estação Aeroporto e os terminais de passageiros.

### 3.1. Estudo das Soluções Propostas pelo Governo do Estado

A dificuldade no acesso e egresso ao Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos é considerada o principal gargalo operacional deste sítio aeroportuário. Passageiros, acompanhantes e funcionários têm dificuldades para chegar e sair do aeroporto, pois dispõem somente do modo rodoviário e da baixa oferta de transporte público para este fim. Esta é, provavelmente, uma das razões para este aeroporto ter a pior avaliação quando se trata da disponibilidade de transporte público de acordo com o Relatório de Desempenho de Aeroportos do 1º trimestre de 2018, feito pela Secretaria Nacional de Aviação Civil, conforme mostra o Gráfico 1. Neste gráfico, é possível verificar que, apesar de ser um dos aeroportos mais importantes do Brasil, o Aeroporto de Guarulhos é o mais deficiente quando se trata da oferta de transporte público para acesso e egresso ao sítio aeroportuário.



**Gráfico 1** - Resultado de Satisfação do Passageiro na Disponibilidade de Transporte Público para os Aeroportos - ANAC (2018)

Para tentar amenizar esse problema, o Governo do Estado de São Paulo, juntamente com a CPTM, implementou o projeto da Linha 13 – Jade, cujo objetivo é fazer a conexão entre a capital e o segundo maior município da Grande São Paulo, segundo dados do IBGE. O lote entregue tem 12,2 quilômetros de extensão e compreende o trecho entre a Estação Eng. Goulart e a Estação Aeroporto – Guarulhos. Porém, trata-se de uma ligação que já nasce com limitações, pois a nova linha fará conexão justamente com o terminal menos utilizado do aeroporto: o Terminal 1, e está aproximadamente 2,5 quilômetros distante dos Terminais 2 e 3, de onde partem os voos internacionais.

#### 3.1.1. Identificação das alternativas

O Aeroporto de Guarulhos e o Governo do Estado de São Paulo já informaram que vão disponibilizar uma linha de ônibus para levar os passageiros da estação de trem até os terminais do aeroporto. Logo, essa será uma das alternativas abordadas neste trabalho no processo de planejamento. As características de capacidade e operação relacionados a essa linha já existem, e embora dentro desse exercício de planejamento fosse possível projetar a linha desde o início, será utilizado o cenário existente para comparar com outra alternativa, esta sim, proposta, que é a construção de uma linha de veículo leve sobre trilhos – VLT. A seguir está um descritivo das duas alternativas:

- Linha de ônibus: linha que fará interligação da estação de trem até os terminais 2 e 3 com



capacidade para 80 passageiros. Segundo informações do Governo do Estado, essa linha irá operar com intervalos de partida de 15 minutos. Porém, como não terá nenhuma alteração na infraestrutura local (ampliação de faixas ou criação de faixa exclusiva), ficará submetida a oscilações do tráfego local, podendo este ciclo ser prolongado.

- Linha de VLT: uma linha de VLT com capacidade máxima para 400 passageiros, sendo possível priorizar o conforto e utilizar a capacidade de 250 passageiros, saindo da Estação Aeroporto com destino a uma parada situada entre os terminais 2 e 3 do aeroporto e operando com intervalos de partida de aproximadamente 4 minutos, a depender da quantidade de veículos no sistema. A exemplo de diversos sistemas mundiais, a aplicação de veículos leves sobre trilhos em ligações mais curtas, como entre o transporte de alta capacidade e aeroportos ou parques, mostra-se muito eficaz.

### 3.1.2. Análise do desempenho das alternativas

De acordo com a última publicação feita pela CPTM, a demanda de passageiros estipulada para a Estação Aeroporto é de 20 mil passageiros/dia útil e, no ano de 2017, o aeroporto de Guarulhos movimentou em torno de 103 mil pessoas/dia. Nesse contexto, pode-se concluir que a CPTM prevê que cerca de 20% dos passageiros do Aeroporto de Guarulhos farão o trajeto de acesso e egresso por meio da Linha 13. Essa projeção de demanda parece, de certa forma, subestimar a quantidade de passageiros que seriam atraídos pelo conforto e segurança que uma ligação ferroviária teria para o acesso ao complexo aeroportuário.

Assim, analisando apenas as características básicas de cada alternativa, é possível verificar que uma linha de ônibus pode atingir sua saturação em curto período de tempo, o que mostra o VLT como a alternativa mais eficiente para este fim, pois, além de ser possível moldar sua capacidade de acordo com a demanda, o traçado do trecho a ser percorrido pelo VLT pode ser projetado totalmente segregado do tráfego local tornando seu percurso livre de obstáculos, garantindo a pontualidade e velocidade de seus veículos.

### 3.2. Desenvolvimento de possíveis soluções

O investimento na infraestrutura de mobilidade urbana possui papel fundamental na concretização dos objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Nossas cidades demandam por melhorias na infraestrutura de transporte público coletivo e transporte ativo.

Instrumentalizar ainda mais os gestores públicos responsáveis pelo planejamento urbano é função do Ministério das Cidades. Além de fomentar os investimentos em infraestrutura de mobilidade urbana é importante também oferecer mecanismos voltados à concepção de projetos de maior qualidade e que alcancem as necessidades locais.

A coleção Cadernos Técnicos para Projetos de Mobilidade Urbana é uma iniciativa que contribui para que as cidades elejam como prioridade o transporte público coletivo e o transporte ativo e construam soluções que de fato melhorem a mobilidade urbana e a qualidade de vida da população.

- Veículo Leve Sobre Trilhos – VLT:

A definição utilizada para VLT é dada pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, que define o VLT como sendo veículo de mobilidade urbana para transporte coletivo de passageiros, de tração automotora ou elétrica, que se move sobre trilhos e que compartilha a

mesma via, concorrendo com pedestres e outros tipos de veículos, em faixas segregadas ou não. Esse modo de transporte público coletivo já teve muito sucesso e agora vem ressurgindo por todo o mundo como uma ótima alternativa de mobilidade urbana para as cidades.

Outrossim, por ser um meio de transporte versátil, o VLT possui a possibilidade de modulação de sua capacidade de transporte para que seja possível atender diversos níveis de demanda e é adaptável às diversas configurações de centros urbanos.

Para que um VLT seja bem construído, ele deve ser precedido por meticolosos estudos sobre o fluxo urbano, visando atender às demandas atual e futura do trecho onde será implantado, assim como deve atender à política geral de circulação da cidade. Um VLT moderno possui grandes vantagens, como por exemplo:

- capacidade flexível, podendo atingir 23 mil passageiros/h/sentido;
- velocidade comercial média entre 17 e 22 km/h para centros urbanos;
- conforto;
- acessibilidade territorial;
- regularidade de transporte.

Para sua construção e seu bom desempenho, existem diversos critérios técnicos, onde alguns são decorrentes de exigências estabelecidas pela legislação brasileira e devem ser atendidos obrigatoriamente, outros são recomendações para a maior qualificação do projeto. Dependendo da natureza do projeto, alguns critérios não se aplicam.

#### **4. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO PROPOSTA**

A partir dos conceitos e estudos apresentados, entende-se que a implantação de um VLT é capaz de atender às necessidades de ligação do Aeroporto de Guarulhos com a Linha 13, além de colocar o complexo na vanguarda da intermodalidade mundial. Dessa forma, de acordo com as características técnicas, foi possível dimensionar um projeto funcional para a possível linha de VLT.

A linha adotada como possível solução será inteiramente segregada da via local, sendo necessária a construção de dois viadutos na chegada ao aeroporto para manter este isolamento evitando interferências no trânsito da região. Além disso, sua operação terá a característica circular, com transferência de via feita por meio de aparelhos de mudanças de via (AMVs), equipamentos habitualmente usados tanto pela CPTM quanto pelo Metrô de São Paulo. Os passageiros advindos da CPTM irão encontrar uma plataforma de embarque para o VLT já na Estação Aeroporto e seguirão em um percurso de 2,5 quilômetros até a estação situada entre os terminais 1 e 2 do Aeroporto.

O carro escolhido para este sistema é um veículo padrão, com 45 metros de comprimento por 2,65 metros de largura, 6 portas por lateral e 7 módulos com passagens entre eles, além de possuir cabines de condução nas duas extremidades, permitindo operação bidirecional. Esse tipo de veículo já foi utilizado no Brasil na execução do VLT de Santos e sua velocidade de projeto em vias urbanas é de 50km/h, o que o torna capaz de atender às necessidades desta solução proposta.

A capacidade de transporte do veículo escolhido é de 324 passageiros em pé, 72 passageiros sentados e 4 assentos para passageiros portadores de necessidades especiais, somando um

total de 400 passageiros. Levando-se em consideração as dimensões do veículo, sua capacidade total considera aproximadamente 6 pax/m<sup>2</sup>.

No entanto, o dimensionamento para a linha do aeroporto não deve considerar a capacidade total do veículo, visto que para garantir o conforto da viagem, deve ser considerada a bagagem transportada pelos passageiros com o destino ao complexo e por isso foi considerada a capacidade de aproximadamente 4 pax/m<sup>2</sup>.

- Capacidade considerada: 250 pax/trem VLT

O *headway*, termo empregado para determinar o intervalo entre trens e que está ligado diretamente à performance operacional deste sistema, deve ser capaz de atender tanto à demanda de passageiros do aeroporto quanto à demanda de passageiros provenientes da Linha 13. De acordo com os dados informados pela CPTM, é possível estimar que a demanda na hora-pico seja equivalente a 10% da demanda diária para a Estação Aeroporto, sendo:

- Capacidade considerada hora pico: 2.000 pax/hora pico
- Ciclo: 1 trem a cada 8 minutos

Entretanto, para que o VLT seja capaz de atender à situação mais crítica, será considerado que 100%<sup>1</sup> dos usuários do aeroporto utilizem o VLT. Assim, a demanda diária girará em torno de 100.000 passageiros. Novamente, serão adotados 10% da demanda total para a hora-pico, resultando em 10.000 passageiros. Porém, desses 10% representam as chegadas e partidas, como não ocorrem pousos e decolagens ao mesmo tempo no aeroporto, será considerado metade desse valor para determinação da demanda na hora pico.

O cálculo do ciclo do sistema VLT será descrito com base nas informações supracitadas. O método aqui utilizado levou em consideração diversas variáveis para determinar um tempo de percurso total entre as duas estações que fosse seguro para o sistema e compatível com a demanda em questão.

As taxas de aceleração e desaceleração são importantes para determinar o tempo e o espaço que o veículo necessita para atingir a velocidade de projeto. Para esse cálculo, as taxas foram adotadas com base em especificações técnicas da EMTU, sendo elas:

- Taxa de aceleração: 1,2 m/s<sup>2</sup>
- Taxa de desaceleração: 1,3 m/s<sup>2</sup>

Para o cálculo do tempo de embarque, foram utilizados os dados do tempo de fluxo de passageiros ( $T_{pf}$ ) para o tipo de fluxo S/P (segundos por pessoa), conforme Tabela 1.

**Tabela 1:** Tempo de Fluxo de Passageiros ( $T_{pf}$ ) para o tipo de fluxo S/P

Entrada de vagão	Principalmente Embarque	Principalmente Desembarque	Fluxo misto
Nível	2	1,5	2,5
Degrau	3,2	3,7	5,2

De acordo com as características do projeto, onde o embarque e o desembarque serão realizados por um dos lados da plataforma e com as características do veículo que possui 6 portas por lateral, seguindo o modelo acima, os tempos de embarque e desembarque ficaram

<sup>1</sup> Diferente do usual, foi utilizado o valor total de passageiros por se tratar apenas de uma situação hipotética.



da seguinte maneira:

- Tempo de embarque ( $t_e$ ): 2s pax/porta -  $T_e = (250 \cdot 2)/6 = 83,33$  s
- Tempo de desembarque ( $t_d$ ): 1,5s pax/porta -  $T_d = (250 \cdot 1,5)/6 = 62,50$  s

É importante ressaltar que algumas variáveis que provavelmente impactarão no tempo de parada não foram consideradas no cálculo descrito acima. Volume de passageiros que podem variar dentro do período de pico de 15 minutos ou veículos que podem operar mais rapidamente ou mais lentamente do que o esperado, resultando em um volume de passageiros por veículo maior do que o estimado.

Para o tempo de manobra, onde o veículo sai da plataforma e, por meio do Aparelho de Mudança de Via – AMV faz a transição para o outro sentido da via, foi adotado o valor de 30 segundos, conforme especificações técnicas da EMTU. Dessa forma, assim ficaram todas as variáveis consideradas para o cálculo do tempo de percurso (estação CPTM – Aeroporto - estação CPTM):

- Distância entre estações (D): 2,5 quilômetros
- Velocidade cruzeiro ( $V_c$ ): 50 km/h (13,89 m/s)
- Aceleração considerada (a): 1,2 m/s<sup>2</sup>
- Desaceleração considerada ( $a_2$ ): 1,3 m/s<sup>2</sup>
- Tempo de embarque ( $T_e$ ): 83,33 s
- Tempo de desembarque ( $T_d$ ): 62,50 s
- Tempo de manobra considerado ( $T_m$ ): 30 s

A partir da determinação das variáveis, foram utilizadas as equações do movimento uniformemente variado para a determinação dos parâmetros necessários para a obtenção do tempo total. Primeiramente, utiliza-se a Equação (1) para determinação do tempo de aceleração até velocidade projeto:

$$t_1 = \frac{v_c}{a} = \frac{13,89}{1,20} = 11,58 \text{ s} \quad (1)$$

Onde:

- $t_1$  – Tempo de aceleração em segundos
- $v_c$  – Velocidade cruzeiro em m/s
- $a$  – Aceleração em m/s<sup>2</sup>

Em seguida, define-se a distância percorrida durante o tempo de aceleração até atingir a velocidade de cruzeiro, conforme Equação (2):

$$d_1 = \frac{(a_1 \times t_1^2)}{2} = \frac{(1,2 \times 11,58^2)}{2} = 80,46 \text{ m} \quad (2)$$

Onde:

- $d_1$  – Distância percorrida durante o tempo de aceleração em metros
- $a_1$  – Aceleração em m/s<sup>2</sup>
- $t_1$  – Tempo de aceleração em segundos

Também será necessário calcular o tempo de desaceleração até a parada do veículo (3):

$$t_2 = \frac{v_c}{a_2} = \frac{13,89}{1,30} = 10,68 \text{ s} \quad (3)$$

Onde:

$t_2$  – Tempo de desaceleração em segundos

$v_c$  – Velocidade cruzeiro em m/s

$a_2$  – Desaceleração em  $m/s^2$

E, assim como no caso anterior, calcula-se a distância percorrida durante o tempo de desaceleração (4):

$$d_2 = \frac{(a_2 \times t_2^2)}{2} = \frac{(1,30 \times 10,68^2)}{2} = 74,14 \text{ m} \quad (4)$$

Onde:

$d_2$  – Distância percorrida durante o tempo de desaceleração em metros

$a_2$  – Desaceleração em  $m/s^2$

$t_2$  – Tempo de desaceleração em segundos

Agora, com os cálculos anteriores é possível calcular a distância percorrida em velocidade cruzeiro (5):

$$d_{vc} = d - (d_1 + d_2) = 2500 - (80,46 + 74,14) = 2345,40 \text{ m} \quad (5)$$

Onde:

$d_{vc}$  – Distância percorrida em velocidade cruzeiro em metros

$d$  – Distância entre estações em metros

$d_1$  – Distância percorrida durante o tempo de aceleração em metros

$d_2$  – Distância percorrida durante o tempo de desaceleração em metros

E, a partir da distância em velocidade de cruzeiro, calcula-se o tempo em velocidade cruzeiro (6):

$$t_{vc} = \frac{d_{vc}}{v_c} = \frac{2345,40}{13,89} = 168,86 \text{ s} \quad (6)$$

Onde:

$t_{vc}$  – Tempo em velocidade cruzeiro

$d_{vc}$  – Distância percorrida em velocidade cruzeiro em metros

$v_c$  – Velocidade cruzeiro em m/s

Assim, o tempo total de percurso é de 12 minutos e 14 segundos, que é equivalente à soma dos tempos de: embarque na estação CPTM, percurso do trecho até o aeroporto, desembarque no aeroporto, manobra de retorno, embarque no aeroporto, percurso até estação CPTM, desembarque na estação aeroporto e manobra de retorno.

A obtenção do tempo total de percurso permite que seja verificada a quantidade ideal de veículos para atender à demanda de passageiros. Desta forma, é possível concluir que com lotação de 250 pax/trem, serão necessárias 4 composições (VLTs) no sistema para suprir a demanda de passageiros do aeroporto em um intervalo de 12 minutos.

Uma forma de verificar a segurança do intervalo entre os trens é a realização de um diagrama espaço-tempo de operação. Este diagrama mostra a posição dos veículos na via em função do tempo de intervalo, obtido por meio dos cálculos feitos anteriormente, evidenciando o intervalo entre veículos sucessivos em um determinado trecho da via. Assim, na Figura 2 pode-se observar também que, por estarem em trechos diferentes de operação, as curvas do diagrama mostram-se diferentes.

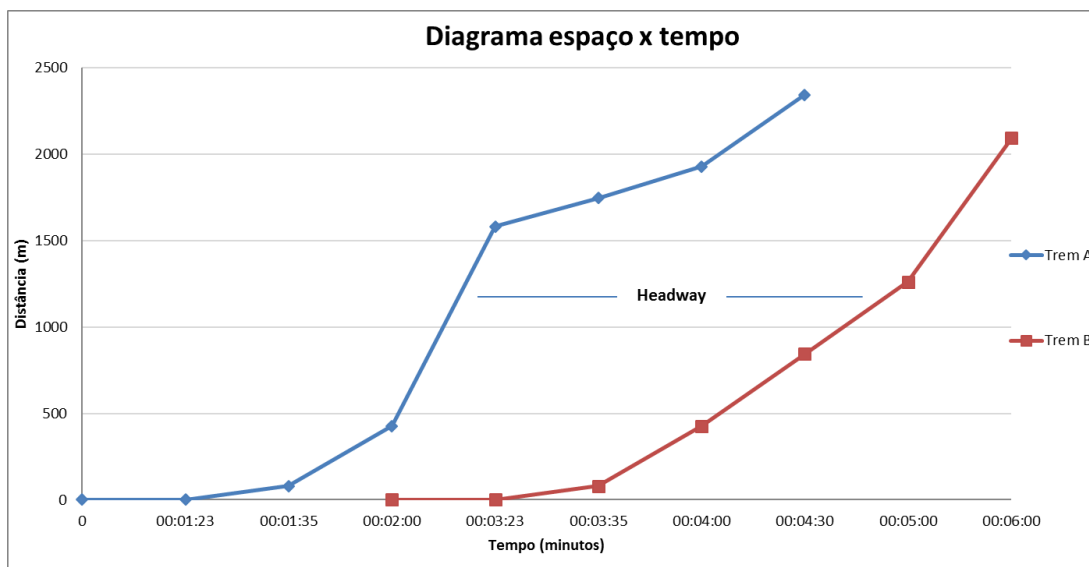


Figura 2 - Diagrama espaço x tempo de operação

Por meio desses dados, pode-se concluir que o intervalo de 3 minutos é coerente com as necessidades operacionais do sistema.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, diversos fatores econômicos contribuíram para a popularização das viagens aéreas permitindo que uma parcela maior da população brasileira tivesse acesso a esse meio de transporte. No entanto, em que pese o fato de o aumento das viagens ter aproximado os principais aeroportos brasileiros dos exemplos internacionais, ao menos no que diz respeito à quantidade de passageiros transportados, a infraestrutura estabelecida no entorno de nossos aeroportos não acompanhou o crescimento da capacidade aeroportuária.

Nesse sentido, a ideia de oferecer uma ligação por via férrea entre o aeroporto mais movimentado do país e a capital da cidade de São Paulo contribui de maneira significativa no avanço e no conforto das viagens aéreas para os passageiros de Guarulhos. A priorização do transporte coletivo e da integração de modos de transporte já é, há algum tempo, uma alternativa reconhecidamente eficaz no que diz respeito ao acesso e egresso de passageiros nos grandes aeroportos pelo mundo, o que caracteriza a implantação da linha 13 – Jade da CPTM como uma solução mais do que necessária, porém tardia.

Foram, aproximadamente, 15 anos entre o início das obras e a entrega do trecho, e mesmo após esse tempo de execução, o sistema foi entregue sem uma ligação direta com os terminais de passageiros mais movimentados do complexo aeroportuário. Já, no começo da operação da linha, mesmo em fase de testes, houve uma grande demanda de passageiros para percorrer o trecho e a opção de se utilizar uma linha de ônibus circular entre a Estação Aeroporto e os terminais, além de parecer improvisada, não é compatível com o nível de serviço necessário para esse tipo de sistema. Dessa forma, a análise do planejamento apresentada, resultando na implantação de um VLT entre a Estação Aeroporto e os terminais 2 e 3, configura-se não apenas como um exercício teórico, mas também como uma contribuição para o desenvolvimento de uma alternativa que possa contribuir com o progresso dos sistemas envolvidos evitando o sucateamento ou obsolescência da recém implantada linha da CPTM.

A análise e o desenvolvimento da solução apresentada neste estudo exemplificam de maneira simples e objetiva os aspectos relacionados ao tema. Para a realização e implantação da solução aqui descrita, recomenda-se uma série de práticas em cada uma das etapas de planejamento, afim de atingir maior precisão no dimensionamento da solução adotada. Recomenda-se também que sejam elaborados futuros trabalhos afim de obter uma comparação mais detalhada entre uma linha de VLT e uma linha de ônibus.

Com relação à demanda, é importante que as análises iniciais contemplem fatores como o tipo de ocupação do solo no entorno do complexo aeroportuário, pois o crescimento da região, tendo como exemplo os rumores da construção de um shopping center no local, podem aumentar a quantidade de passageiros e a demanda de viagens. Pesquisas de intenção também contribuem significativamente com a estimativa de demanda de passageiros e no dimensionamento de um sistema de transporte.

Na operação do VLT, também existem diversas metodologias a serem aplicadas que levam em conta o traçado a ser adotado, sinalização local, infraestrutura das plataformas de embarque e desembarque, tipo de via a ser utilizada (compartilhada, segregada ou via única para os dois sentidos), os horários de pico do sistema, dentre outros fatores. Essas metodologias auxiliam na definição dos tempos de ciclo e da quantidade de carros necessária para funcionamento do sistema. Esse inventário de possibilidades deve ser requerido, estudado e utilizado como um indicativo das condições específicas do local. Para a exploração técnica e detalhada das soluções recomenda-se a bibliografia utilizada para elaboração deste trabalho, em especial o livro Engenharia de Infraestrutura de Transportes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B. B.; STRAMBI, O. Escolha de modo no acesso terrestre a aeroportos considerando a confiabilidade do tempo de viagem. São Paulo, 2011.
- BISSACOT, J. A. R. Linha 13 Jade da CPTM. São Paulo, 2017. 30 p.
- BORGES, R. C. N. Definição de Transporte Coletivo Urbano. Brasília: Câmara dos Deputados, 2006. (Nota Técnica).
- BRASIL, Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Anuário estatístico operacional: Levantamento de dados estatísticos operacionais da demanda. 12/04/2012. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/estatisticas/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- CIVIL, Agência Nacional de Aviação. Relatório de Desempenho Operacional dos Aeroportos. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/pesquisa-satisfacao.html>>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- CIVIL, Secretaria Nacional de Aviação. Aproveitamento das operações: Levantamento de dados referente aos aeroportos e as empresas aéreas. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/dados-e-estatisticas/demanda-e-oferta-do-transporte-aereo>>. Acesso em: 15 set. 2017.
- CONFEDERAÇÃO nacional do transporte. Transporte e economia: transporte aéreo de passageiros. Brasília, 2015. 87 p.
- GOLDNER, L. G.; NASCIMENTO, A. M.; PINTO, I. M. D. Análise do Aeroporto Salgado Filho como polo gerador de viagens. Journal of Transport Literature, Manaus, jul. 2014. volume 8, p. 229-249.
- HOEL, L. A.; GARBER, N. J.; SADEK, A. W. Engenharia de Infraestrutura de Transportes – Uma integração Multimodal. 2011.
- MARQUEZ, E. M.; DARONCHO, C. A intermodalidade Aeroferroviária no transporte de passageiros no aeroporto de Frankfurt: Alemanha e sugestão de aplicação deste modelo no aeroporto de Guarulhos. Brasil, 2012.
- SÃO PAULO, Companhia paulista de trens Metropolitanos. CPTM. Disponível em: <<http://www.cptm.sp.gov.br/Pages/Home.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- SÃO PAULO, Sistema Integrado Metropolitano da Região da Baixada Santista. O Futuro está chegando com o VLT. Disponível em: <[http://www.emtu.sp.gov.br/EMTU/pdf/CONS.N%C3%89BIAS-VALONGO%20-%20Audi%C3%Aancia%20P%C3%BAblica%20Ambiental\\_Rev3.pdf](http://www.emtu.sp.gov.br/EMTU/pdf/CONS.N%C3%89BIAS-VALONGO%20-%20Audi%C3%Aancia%20P%C3%BAblica%20Ambiental_Rev3.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2018.