

Trabalho Técnico a ser apresentado na Semana de Tecnologia da AEAMESP (Setembro 2020)

“PEOPLE MOVER, A TECNOLOGIA INDICADA PARA AS CIDADES BRASILEIRAS”

Análise Comparativa das Tecnologias Existentes

Eng. Peter Alouche
Consultor de Transporte

O transporte nas cidades, grandes e médias, está em profunda transformação, fruto do surgimento das novas tecnologias e plataformas mas também em função das tendências e novos hábitos da Sociedade, principalmente depois da pandemia do COVIT19. A escolha do transporte através de aplicativos no celular, o compartilhamento do automóvel, o surgimento de carros e ônibus elétricos autônomos em faixas exclusivas, as ciclovias, o aluguel de bicicletas (elétricas ou não) e patinetes, além do crescimento do número de motos, têm levado os urbanistas e planejadores a procurarem, cada vez mais, modos de transporte coletivos, de menor capacidade, os VLTs e os “People Mover” que são veículos elétricos, automáticos, sem condutores, que circulam em elevado. O “People Mover” - APM (*Automatic People Mover*) surge como um transporte de pequena e média capacidade ecológico e eficiente para ligar duas áreas distantes de 2 a 5 km, com uma demanda contínua de usuários, Os People Mover se espalham em muitas cidades ao redor do mundo, principalmente nos EUA e na Ásia, servindo aeroportos e outros grandes centros de compras ou lazer.

A implantação de “people movers” nas cidades brasileiras pode contribuir para transformar e renovar os centros urbanos de modo sustentável. Além de representar uma nova oferta no sistema de transporte tem com grandes efeitos potenciais sobre o ambiente econômico geral, ambiente social e natural da cidade. No Brasil só há, por enquanto, um People Mover em operação, o Aeromovel que liga o Aeroporto de Porto Alegre ao metrô da Trebnsurb..

A implantação de people mover num sítio urbano pode ter efeito nos mais diversos campos, sobre a demanda por transporte em primeiro lugar, sobre os valores imobiliários ao longo da linha, sobre o desenvolvimento de negócios, comércio, empregos, e também sobre os espaços públicos, a sua segurança, sobre a própria imagem da aglomeração, sem esquecer os ganhos em ruído, poluição do ar e consumo de energia. Assim, a implantação de uma linha people mover não age tão somente como solução de transporte, mas como elemento de uma revolução urbana.

O QUE É O PEOPLE MOVER – APM ?

O People Mover ou APM (Automatic People Mover), consiste num sistema de transporte com veículos pequenos elétricos automatizados, sem condutor, que circulam em unidades simples ou em composições de múltiplos carros guiados em vias. O APM usa veículos de pequena ou média capacidade, com 100 a 300 pessoas por composição, em elevado e é muito utilizado para ligar terminais de aeroportos, com linhas de metrô ou ferrovia, servindo também para transporte a centros de compras ou de lazer, ou, como no Japão ligando pequenas comunidades (muitas criadas no mar) aos sistemas estruturais de transporte etc. O intervalo entre composições pode chegar a 60 seg.

Como circulam em faixa própria, em elevado, tecnologicamente podem ser considerados como pequenos metrôs com seus veículos assentados ou sobre rodas de aço ou sobre pneus de borracha.

Atualmente existem APMs principalmente nos grandes aeroportos de transferência, como o Aeroporto Internacional do Dubai, o Aeroporto de Atlanta e o Aeroporto Paris Charles de Gaulle. Os primeiros APMs surgiram nos EUA nos Aeroportos de Tampa (1971) e de Seattle-Tacoma (1973). Atualmente há mais de 60 APMs no mundo inteiro, servindo aeroportos. No Brasil, há um People Mover, em operação há 6 anos, o Aeromovel, ligando o Aeroporto de Porto Alegre com a linha metroviária da Trensurb.

TECNOLOGIAS DO PEOPLE MOVER

A Tecnologia dos People Mover tem evoluído ao longo das últimas décadas.

São quatro as principais tecnologias de APM em operação no mundo

- People Mover Tipo Monotrilho
- People Mover com Veículo a Motor Linear
- People Mover Tipo Cable Car
- People Mover Tipo Aeromovel

PEOPLE MOVER TIPO MONOTRILHO

O People Mover tipo Monotrilho consiste em veículos elétricos com motor de propulsão interno ao veículo, com pneus de borracha que trafegam sobre estruturas de concreto. Embora eficazes, estes sistemas tem um custo muito elevado e são bastante pesados em função dos motores e equipamentos de tração embarcados, o que conseqüentemente exige infraestrutura de sustentação igualmente pesada e cara. É a tecnologia mais consolidada, principalmente nos EUA, com o mais recente sistema deste tipo o do Aeroporto de Tampa (Flórida). É, em princípio, a mesma tecnologia utilizada nos grandes monotrilhos tipo “metrô Leve” que têm capacidade muito maior e que operam em algumas cidades japonesas. Há duas linhas de monotrilho em implantação em São Paulo, a linha 15, em operação parcial, e a linha 17 com problemas técnicos e contratuais de fornecimento.



People Mover – Aeroporto Internacional de Tampa (EUA) - Bombardier



Aeroporto de Sacramento – EUA - Bombardier

PEOPLE MOVER COM VEÍCULO A MOTOR LINEAR

É um veículo ferroviário desenvolvido, na realidade, para capacidades maiores que as do People mover, em que o motor de tração tem sua parte de “estator” instalada no veículo e a sua parte do “rotor”, linearizado, transformado numa chapa de alumínio ao longo da via. Tem algumas vantagens, como a de vencer rampas muito íngremes e de permitir rodas de sustentação menores. Em função de seu balanço energético, teve pouca aplicação de sucesso, como no Sky Train de Vancouver, o People Mover de Miami e também numa linha de metrô leve em Tóquio e em Osaka.



Sky Train de Vancouver – Canada - Bombardier



People mover – Miami (EUA) - Mitsubishi

PEOPLE MOVER TIPO CABLE CAR

É um People Mover que surgiu com a adaptação das gôndolas para estações de esqui, convertidas para o plano horizontal. Os fabricantes adaptaram veículos sobre pneus que rodam sobre estruturas de aço ou concreto. O movimento ocorre através de cabos de aço tracionados por imensos carretéis mecânicos localizados nas extremidades das linhas. Elas apresentam relevantes limitações técnicas, como o comprimento do cabo de aço, sua ligação mecânica permanente com uma casa de máquinas, além de custo elevado. A Doppelmayr empresa austríaca, é a maior fornecedora dos cable cars, embora exista também uma outra, a francesa POMA que também adaptou suas gôndolas das estações de esqui, em veículos que assentam sobre colchão de ar e são puxados por cabos. A POMA inaugurou, no Egito, um People Mover automático, tracionado por cabo interligando os terminais do aeroporto do Cairo. Também forneceu People Mover para os aeroportos de Cincinnati em Detroit e de Zurique na Suíça. Sua mais grave limitação está relacionada ao comprimento máximo do cabo de aço, em segmentos de aproximadamente 1000 metros,



People Mover tipo Cable Car de Veneza – Dopplemayr



People Mover tipo Cable Car Aeroporto de Oakland (EUA) – Dopplemayr



People Mover do Aeroporto do Cairo , Egito - POMA



People-mover de Perugia (Itália), POMA construído por Leitner

PEOPLE MOVER TIPO AEROMOVEL

É um tipo de “People Mover”, desenvolvido no Brasil (Rio Grande do Sul) com uma tecnologia inédita, que emprega o princípio exclusivo da propulsão

pneumática, viabilizada por um fluxo de ar de baixa pressão e alta vazão. A propulsão utiliza ventiladores industriais estacionários, normalmente localizados junto às estações de passageiros. A pressão de ar atua sobre placas de propulsão fixas ao veículo que se deslocam dentro do duto da via, resultando no empuxo de propulsão. A aplicação comercial internacional do Aeromovel foi em Jacarta – Indonésia, em operação desde abril de 1989 e em Porto Alegre conectando o Aeroporto Salgado Filho ao Metrô da Trensurb, em operação desde 2013.



Aeromovel de Jacarta – Indonésia - COESTER



Aeromovel de Porto Alegre - COESTER

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS QUATRO TECNOLOGIAS DE APM

A seguir será feita uma análise técnica comparativa sumária das quatro tecnologias de APM, **MONOTRILHO, PEOPLE MOVER A MOTOR LINEAR, CABLE CAR e AEROMOVEL**, sob diferentes aspectos, mostrando as vantagens e desvantagens de cada uma e sugerindo qual seria a tecnologia que, em cada aspecto é a mais indicada para as cidades brasileiras.

Antes porém de apresentar esta análise comparativa entre as quatro tecnologias, e só a título de referência, vale a pena mencionar uma outra Análise Comparativa, realizada em 2013, numa Comunicação Técnica feita pela Empresa Lindau, encomendada pelo fabricante Doppelmayr, no Congresso da Associação Nacional de Transportes Públicos realizado no Rio de Janeiro. O trabalho faz uma análise comparativa entre tecnologias de sistemas APMs implantados e operando em alguns países para aferir a 'performance' entre eles. Foram selecionados quatorze sistemas e algumas variáveis também escolhidas para as análises comparativas, como extensão, número de estações, tipo de linha, capacidade, velocidade máxima, custo de operação, fabricante, e custo de implantação.

Apesar da análise ter sido muito interessante e em alguns aspectos entrando em considerações técnicas com profundidade, o estudo peca por aparentar (talvez fosse até essa a intenção) um documento de "marketing" da Empresa patrocinadora do estudo. A Doppelmayr é detentora da tecnologia de sistemas de transporte de pessoas por cabo, com o sistema APM com propulsão externa ao veículo. Ao afirmar no artigo, por exemplo, que é detentora mundial, da tecnologia de sistemas de transporte de pessoas "que disponibilizou ao mercado, o sistema APM com propulsão externa ao veículo" deixou de mencionar a Tecnologia brasileira do Aeromovel, tecnologia brasileira, também com propulsão externa ao veículo, em operação, na época, em Jacarta, na Indonésia, desde 1989 e em Porto Alegre desde 2013. Também não citou o People Mover POMA com tração a cabo.

A análise comparativa, a seguir, embora subjetiva, será baseada em dados técnicos concretos obtidos de sistemas de transportes em operação pelo mundo. Os aspectos que serão analisados são :

- **Complexidade da Tecnologia**
- **Segurança na Circulação dos veículos**
- **Segurança de Evacuação dos Usuários em Caso de Pane no Elevado**
- **Uso de Rodas de Borracha x Rodas de Aço**
- **Peso dos Veículos**
- **Energia necessária para tração**
- **Confiabilidade e Disponibilidade Operacional**
- **Custo de implantação e Operação**
- **A Vida Útil dos Sistemas**
- **Dependência Externa do Fornecedor**

1) **COMPLEXIDADE DA TECNOLOGIA**

A Tecnologia do MONOTRILHO é de grande complexidade por ser uma tecnologia específica para cada fornecedor. O nome monotrilha me parece inadequado, porque o veículo não assenta sobre trilho. Apresenta a particularidade de ter rodas de pneus especiais (na grande maioria fornecidos pela francesa Michellin), tanto para a circulação na via quanto para guiar o veículo. O veículo carrega nele seu motor de tração e sistema de frenagem, o que o torna pesado. Sua manutenção é muito complexa e custosa. O monotrilha apresenta problemas, a começar pelo uso de pneus de borracha, poluidores, inseguros e que elevam o consumo de energia. Tem também outras dificuldades como os mecanismos dos aparelhos de mudança de vias (track switch), lentos e caros. Na questão de segurança, o monotrilha apresenta uma grande adversidade em caso de pane ou incêndio, para a evacuação dos passageiros..



Track switch do monotrilho

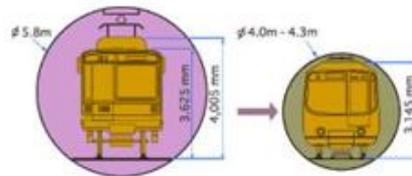
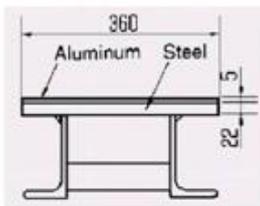
A Linha 15 do Metrô de São Paulo é o exemplo da complexidade dessa tecnologia, ainda não totalmente dominada no Brasil. A linha 17 do Metrô mostrou que uma tecnologia que dependa de um determinado fornecedor estrangeiro, não é adequada para o Brasil. A tecnologia que teve grande desenvolvimento no Japão está em franco declínio.

A Tecnologia do People Mover a MOTOR LINEAR

A tecnologia do People Mover a Motor linear tem a mesma complexidade da tecnologia de um Metrô, agravada pelo fato de não ser ainda muito difundida a não ser no Canadá onde foi implantada pioneiramente e no Japão. Não difere muito da tecnologia metroviária a não ser pelo fato do motor de tração, que é linearizado, com seu “estator” continuando no veículo e o rotor “linearizado” se transforma numa placa de alumínio ao longo da via.



Sky Train – Vancouver



Tipologia do motor linear

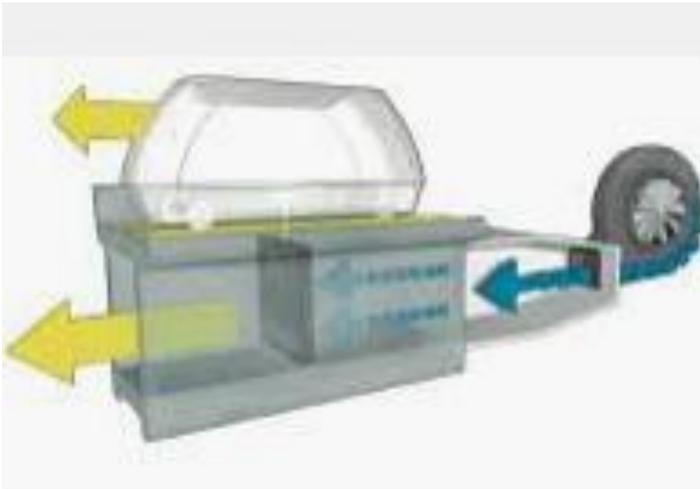
A Tecnologia do CABLE CAR é de grande complexidade por ser uma tecnologia específica para cada fornecedor. (Dopplemayr, austríaca ou POMA, francesa), O veículo é tracionado e freado através de um cabo preso ao veículo. Usa como via, um trilho de aço auto-sustentável assentado numa viga em I, que forma a superfície de rolamento e guiamento. O veículo não tem unidade de motores, caixas de câmbio de bordo ou freios. A complexidade dessa tecnologia reside no mecanismo que aciona os cabos a partir de uma casa de comando e nas interfaces entre o veículo e via, em função das tolerâncias que são exigidas no Projeto e instalação. Sua manutenção é muito complexa e custosa. Foi

implantada em diversas cidades do mundo, geralmente para distâncias curtas até 1000 m.



Cable Car Aeroporto de Oakland

O AEROMOVEI, é uma tecnologia inovadora, brasileira que, embora muito simples, tem algumas particularidades específicas que exigem um alto padrão de fabricação, como as válvulas de acionamento e o sistema de vedação. No Aeromovel os veículos são movidos a ar e não carregam motores de tração. Estes são estacionários do tipo industrial. O elevador para sustentação do Aeromovel é formado de vigas de concreto do tipo caixão, que formam um duto de ar embaixo da via. Cada veículo é ligado por um mastro a uma placa - um "pistão" - dentro deste duto de ar. O Aeromovel está alinhado com as tendências tecnológicas do futuro, que rejeita os equipamentos caros, complexos, ineficientes, ambientalmente e economicamente menos sustentáveis. Sua manutenção é muito simples e barata porque usa componentes padronizados industriais robustos de prateleira com uma Rede de assistência técnica em território nacional. Embora haja por enquanto poucas cidades que adotaram o Aeromovel (Jacarta, Porto Alegre por exemplo) é considerada uma tecnologia muito promissora pelas grandes vantagens que tem em relação às outras tecnologias como se verá a seguir.



2) Segurança na Circulação dos veículos

Em termos de Segurança, o Aeromovel é certamente o APM que apresenta maior índice de segurança, porque é o único que tem uma segurança “intrínseca” sem risco de colisão entre os veículos, devido à compressão de ar dentro do duto de propulsão. Como é impulsionado por pressão de ar, forma-se entre um veículo e outro uma bolsa de ar que impede a colisão. As rodas de aço não são para tração e são de aço o que torna a circulação muito segura. Tem por outro lado um sistema de sinalização automática, como qualquer sistema ferroviário. A segurança de um APM com motor linear é a mesma de um Metrô. Muito segura. A segurança do Cable Car depende totalmente do cabo que tem a responsabilidade de impulsionar e frear o veículo. Por outro lado o uso de rodas de pneus para seu sustento é considerado um ponto fraco.

A sua segurança é considerada frágil porque depende unicamente da resistência do cabo e da sustentabilidade das rodas de pneus. A segurança do monotrilho é ainda mais frágil porque as rodas de pneus de borracha não só sustentam os veículos e os guias, mas são responsáveis pela tração e frenagem. Apesar de ter o sistema de sinalização ferroviária, este não se comprovou eficiente como foi na Linha 15 do Metrô. E as rodas de pneus por serem pressionadas na viga, estão sujeitas a explosão e podem provocar incêndio do veículo, perigo que aliás se tem confirmado na linha 15 com o estouro dos pneus, que atingiram o espaço da rua, além do risco de descarrilamento.

3) Segurança de Evacuação dos Usuários em Caso de Pane no Elevado

Este é um elemento de extrema importância e gravidade. Em caso de pane, com o veículo parado na via elevada, a evacuação dos usuários tem que ser feita com toda segurança, considerando inclusive as pessoas com dificuldade de locomoção. O Aeromovel é certamente um People Mover totalmente seguro, porque os usuários podem descer sem nenhum problema pela frente do veículo, e caminhar com toda tranquilidade pela via que é totalmente livre sem obstáculos. O People Mover a motor linear também apresenta uma boa segurança de evacuação que podem descer na via e caminhar sem problema. . No caso do Cable Car, em caso de queda de energia, o único modo de evacuar os usuários é através do apelo aos bombeiros. No caso do monotrilho também, a não ser que as duas vias estejam próximas e que haja ainda energia na outra linha; pode-se então recorrer ao veículo da via oposta para estacioná-lo junto ao veículo bloqueado e os usuários poderiam passar de um veículo para outro. Operação não tão simples. A passagem de emergência, estreita e vazada além de muito alta que o Metrô construiu junto à via nas linhas 15 e 17, é impraticável como os testes o demonstraram.

4) Uso de Rodas de Borracha x Rodas de Aço

O Aeromovel e o APM a Motor Linear usam rodas de aço, como a maioria dos sistemas metroferroviários, enquanto o monotrilho e o Cable Car usam rodas de pneus. A vantagem dos pneus de borracha em vez dos trilhos é uma

aceleração mais rápida e uma distância de frenagem mais curta, ideal para viagens curtas e também para distâncias mais longas em um aeroporto. É indiscutível que rodas de pneus apresentam grandes inconvenientes em termos de poluição atmosférica (em função das películas emitidas), de energia, de custo de manutenção e principalmente de segurança com a possibilidade de estouro dos pneus e até de incêndio. O Aeromovel usa rodas de aço que circulam sobre trilhos. As rodas de aço sobre trilhos sem a função de tração no caso do Aeromovel têm duração muito maior que nos VLTs e metrô sem precisar que sejam trocados. No caso do monotrilha, os pneus de borracha têm que ser substituídos frequentemente com a consequente parada operacional e a um custo significativo. Por outro lado com o atrito no concreto guia, os pneus danificam a superfície do concreto o que exige manutenção frequente, além de ser fonte de partículas poluidoras do ar.

5) Peso dos Veículos

O Cable Car e o Aeromovel levam uma grande vantagem em relação ao Monotrilha e ao APM a Motor Linear, porque seu veículo não carrega o motor de tração o que torna o veículo leve, com todas as vantagens decorrentes em termos de leveza da estrutura da via e da energia despendida em peso morto.. Mas é preciso ressaltar que embora os veículos do Cable Car, em si, sejam de fato leves, o peso real do conjunto é muitíssimo maior pois os cabos de aço estão permanentemente atrelados em um loop, impactando muito na potência instalada.

6) Energia necessária para tração

O Monotrilha e o APM a motor linear são os sistemas que mais energia precisam para tracionar os veículos. O monotrilha, além de carregar o motor de tração e frenagem, necessita de mais energia por causa do atrito dos pneus na pista. O APM a Motor Linear apresenta muita perda de energia. Aliás é esse baixo índice de eficiência energética que fez com que a tecnologia não se propagasse pelo mundo.. No caso do Cable Car, a energia necessária para tracionar o veículo também é alta em função do peso dos cabos. O tensionamento dos cabos na polia de tração localizada na casa de máquinas

exige uma energia muito esforço. O Aeromovel é o People Mover mais eficiente em termos energéticos, por ter seu veículo acionado por pressão de ar de baixíssimo consumo. O Aeromovel usa pelo menos 30% menos energia do que outras tecnologias

7) Confiabilidade e Disponibilidade Operacional

Para avaliar a vida útil dos APMs, dois fatores são indicativos: O primeiro é a necessidade de manutenção e renovação exigida pela tecnologia. O segundo fator são os eventos graves que acontecem durante a operação dos sistemas. Quanto à manutenção, a tecnologia do monotrilho apresenta problemas nos mecanismos de mudança de via, nos truques e nos pneus de borracha, reduzindo a confiabilidade e disponibilidade da operação. Bastaria observar o que tem acontecido na linha 15 do metrô de São Paulo, sem falar do monotrilho da linha 17 sem previsão de ser concluído.. A confiabilidade e disponibilidade do Cable Car é relativamente baixa em função da complexidade do mecanismo de tração e frenagem localizados na casa de máquina e que exige manutenção constante. Há evidências de que a dependência total de um extenso e pesado cabo de aço móvel, com especializadas e complexas máquinas de tração, além dos específicos dispositivos de grip (atracação dos veículos ao cabo), podem causar, como já causaram, inaceitáveis paradas não programadas para manutenção: caras e demoradas. A confiabilidade do APM a Motor Linear é tão alta quanto à de um metrô, como o comprova o Sky Train de Vancouver. Quanto ao Aeromovel, sua manutenção muito simples o torna muito confiável e disponível. Ele comprovou nos seus mais de 30 anos de operação contínua em Jacarta e quase oito anos de operação contínua no Aeroporto de Porto Alegre), uma alta confiabilidade não tendo apresentado problemas de pane.

8) Custo de implantação e Operação

Embora eficazes os APMs do tipo Monotrilho, têm um custo muito elevado e são bastante pesados em função dos motores e equipamentos de tração embarcados, o que conseqüentemente exige uma infraestrutura de sustentação igualmente pesada e cara. O mais recente sistema deste tipo entrou em operação no Aeroporto de Tampa (Flórida) em 2018 e custou mais

de US\$ 180 milhões por quilômetro. O APM a Motor Linear tem basicamente o mesmo custo por ser um sistema tipo metrô leve.

No caso do APM tipo Cable Car da Doppelmayr o custo de implantação é também elevado, como se constatou no caso do Cable car de aeroporto de Oakland (Califórnia), cujo custou chegou a US\$ 100 milhões por quilômetro. O Aeromovel, por ser uma tecnologia brasileira, com seus equipamentos simples do tipo industrial, tem um custo não chega a um terço dos outros sistemas.

9) A Vida Útil dos People Movers

Em termos de vida útil dos sistemas, o Cable-Car tem a desvantagem de depender da vida útil dos cabos de tração e frenagem. É de aproximadamente de 15 anos. A partir daí todo o sistema precisa ser substituído. No caso do Monotrilho se a manutenção é bem feita (com a troca constante de pneus), a vida útil pode chegar a 20 ou 25 anos. Para o APM a Motor Linear é maior. No caso do Aeromovel, em função da sua simplicidade e robustez de seus componentes a vida útil é ainda maior chegando aos 40 anos ou mais. O único elemento que pode no Aeromovel estar ser sujeito a uma vida útil menor é a borracha de vedação do bloco por onde é pressionado o ar mas de fácil substituição. .

10) Dependência Externa do Fornecedor

Os APMs tipo Monotrilho, Motor Linear e Cable Car são tecnologias de fornecedores estrangeiros. Os equipamentos e componentes são produzidos fora do Brasil e ficam portanto sujeitos à importação e limitados ao fabricante exclusivo, podendo causar falta de assistência técnica especializada no Brasil e provocar longas paradas operacionais. Foi o caso recente do monotrilho da linha 15 de São Paulo, paralisado por longo período e dependente da presença de técnicos enviados especialmente do Canadá para o devido suporte técnico e manutenção do sistema. O Aeromovel é a única tecnologia totalmente brasileira e seus equipamentos, em grande parte industriais, são fabricados no Brasil.

Conclusão da Análise Comparativa dos APMs

ASPECTO ANALISADO	APM Monotrilho	APM Motor Linear	APM Cable Car	APM AEROMOVE L
Complexidade da Tecnologia	Complexa. Depende de cada fornecedor. Track switch complexo. Ainda não totalmente dominada no Brasil	Complexidade e de um Metrô mas o motor linear na tração não é muito difundido	Complexa e depende de cada fornecedor Centro de máquina que aciona os cabos complexo. Ainda não dominada no Brasil	Simples. Tecnologia criada no Brasil. Totalmente dominada
Segurança na Circulação dos veículos	Não é absolutamente seguro. Depende da perfeição da instalação, da complexidade dos Track switch e por causa dos pneus de borracha que podem estourar (Ver L15)	Segurança total. Igual à de um Metrô	Não é absolutamente seguro porque depende dos cabos de tração que podem romper.	Absolutamente seguro. Tem até uma segurança intrínseca (colchão de ar) que impede que dois veículos se choquem

<p>Segurança de Evacuação dos Usuários em Caso de Pane no Elevado</p>	<p>Em caso de Pane ou incêndio a evacuação dos usuários é muito difícil. Se a outra via é próxima poderia se evacuar por um veículo vindo em sentido contrário e parando junto. Mas precisa da linha ter energia.</p>	<p>Tem a segurança de evacuação de um Metrô , pela pista ou saída de emergência</p>	<p>Em caso de Pane só o auxilio de bombeiros</p>	<p>Segurança total pela pista de rolamento.</p>
<p>Uso de Rodas de Borracha x Rodas de Aço</p>	<p>Rodas de borracha são poluidoras, e há necessidade de sua substituição constante, provocando a parada dos veículos e criando um acúmulo de pneus de que é necessário se desfazer.</p>	<p>Rodas de aço. Embora submetidos à tração, não apresentam problemas.</p>	<p>Embora não submetidas à tração, as rodas de borracha são poluidoras, e há a necessidade de sua substituição constante.</p>	<p>Rodas de aço não submetidos à tração. Tem portanto uma vida útil muito longa sem necessitar de manutenção.</p>
<p>Peso dos Veículos</p>	<p>O veículo é pesado porque carrega o motor de</p>	<p>O veículo é pesado porque carrega o motor de</p>	<p>O veículo não carrega um motor de tração, mas o peso do cabo</p>	<p>O Aeromovel é um veículo muito leve. É tracionado por um fluxo de ar</p>

	tração , com estruturas mais pesadas e mais energia de tração	tração (o estator) , com estruturas mais pesadas e mais energia de tração	de tração torna o conjunto pesado	externo. A estrutura é muito leve e a energia de tração muito pequena.
Energia necessária para tração	É alta por passageiro transportado quando comparada com um metrô	É um pouco mais alta que um metrô porque o motor linear apresenta perdas	É alta por causa do peso dos cabos de tração	A energia necessária é muito baixa. O Aeromovel usa pelo menos 30% menos energia do que outras tecnologias
Confiabilidade e Disponibilidade Operacional	O exemplo das linhas 15 e 17 do Metrô, comprova que a confiabilidade do monotrilho não tem índices elevados	A confiabilidade é tão alta quanto à de um metrô	A confiabilidade não tem sido muito alta nos sistemas em operação do mundo	O Aeromovel de Jacarta e de Porto Alegre comprovam um altíssimo nível de confiabilidade.
Custo de implantação e Operação	O custo de implantação é muito alto como tem sido comprovado nos últimos sistemas implantados.	O custo de implantação é muito alto como tem sido comprovado nos últimos sistemas implantados	O custo de implantação é muito alto como tem sido comprovado nos últimos sistemas implantados	Por ser uma tecnologia simples com implantação muito rápida, seu custo é muito menor que o dos outros APMs
A Vida Útil dos Sistemas	A vida útil depende da manutenção	A vida útil depende da manutenção	A vida útil depende da manutenção	A vida útil é muito alta porque a

	que é complexa.	que é complexa	que é complexa	manutenção é muito simples
Dependência Externa do Fornecedor	É totalmente dependente do fornecedor estrangeiro e de suas peças de reposição.	O Brasil domina a tecnologia do Metrô. Não tem muita dependência externa.	É totalmente dependente do fornecedor estrangeiro e de suas peças de reposição	Não há nenhuma dependência de fornecedor externo.

Em resumo, o AEROMOVEL se apresenta como o APM mais eficiente em termos energéticos e tem menor custo para sua construção, operação e manutenção. Requer menos espaço para implantação e tem um mínimo de interferência no meio urbano onde é inserido, por seu processo de construção, comparado com outros sistemas em elevador. O Aeromóvel está alinhado com as tendências tecnológicas do futuro, que rejeita os equipamentos caros, complexos, ineficientes, ambientalmente e economicamente menos sustentáveis. É portanto o mais indicado para ser implantado em Cidades brasileiras.

A título de Exemplo de Viabilidade de implantação do Aeromovel em Cidades brasileiras estão a seguir, alguns projetos que foram estudados com profundidade para a São Paulo.

CONEXÃO POR AEROMOVEL DA LINHA 13 DA CPTM COM O AEROPORTO DE GUARULHOS



LINHA AEROMOVEL EM SÃO PAULO - CONEXÃO ANHEMBI

Aeromovel – Conexão Anhembi



- Traçado: 1.200 metros
- Estações:
 - Tietê-Portuguesa
 - Campo de Bagatelli (interligação com o futuro corredor 23 de Março)
 - Anhembi

LINHA TURÍSTICA DE AEROMOVEL - CONEXÃO IMIGRANTES

Aeromovel Linha Turística Imigrantes



- Traçado: 4.150 metros
Estações: São Judas, Jardim Botânico, Expo São Paulo, Zoológico

Referências Bibliográficas

Peter Alouche – “Metrô: definindo os termos...” – Revista de Engenharia N. 607 - 2014

Marcus Coester e Peter Alouche - “Aeromovel: Tecnologia Brasileira de Automated People Mover” – Revista Brasil Engenharia - 2019

Banning Garrett - “The Inherent Economic and Environmental Advantages of Aeromovel Technology” – Coester Group – 2018

Dopplemayr – “Automated People Mover tracionado a cabo, uma nova e sustentável tecnologia – Estudo de Caso de Veneza” – ANTP 2013

Currículo

Peter L. Alouche

(peter.alouche@uol.com.br)

Engenheiro eletricitista, formado no Mackenzie, pós-graduado para mestrado em Sistemas de Potência na Poli-USP, com diversos cursos de especialização em transporte público na Europa e Japão. Foi durante 35 anos assessor técnico da presidência do Metrô de São Paulo e representante da Companhia na UITP e no CoMET. Foi professor titular de linhas de transmissão na Escolas de Engenharia da FAAP e do Mackenzie. Hoje é Consultor independente nas áreas de tecnologia de Transporte. Tem inúmeros artigos publicados em revistas especializadas do Brasil e do exterior.