

Aeromovel: tecnologia brasileira de “automated people mover”

MARCUS COESTER*
PETER ALOUCHE**

BANCO DE IMAGENS DA TRENSURB



Fonte: Trensurb

O modo de deslocamento das pessoas e das cargas nas grandes cidades está mudando completamente e evoluindo em função do surgimento de novas tecnologias e das novas tendências da sociedade. A escolha do transporte através de aplicativos no celular, o compartilhamento dos carros, o surgimento de carros e ônibus elétricos autônomos em faixas exclusivas, o aluguel de bicicletas e patinetes elétricos, mostram o surgimento nas cidades de um ecossistema de mobilidade revolucionário que permite viagens mais rápidas, mais baratas, mais limpas, mais seguras, mais eficientes e mais personalizadas.

Assim, tais tendências tecnológicas e sociais têm levado os urbanistas e planejadores a procurarem, cada vez mais, modos de transporte elétricos, automáticos sem condutores.

Para o transporte de massa, surgem os metrô que circulam em UTO (Unattended Operation) e para o transporte de média capacidade surge o veículo automático em elevado, chamado APM (Automated People Mover) que se espalha em muitas cidades ao redor do mundo e principalmente nas ligações aos aeroportos. Nesse contexto, o Brasil apresenta um sistema, já em operação de sucesso, no aeroporto de Porto Alegre e na cidade de Jacarta, Indonésia, um APM de tecnologia brasileira, o “aeromovel”.

O QUE É O APM (AUTOMATED PEOPLE MOVER)?

O “people mover” ou APM 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

elevadas de aço ou de concreto. Os sistemas APM garantem um serviço de alta qualidade e são capazes de transportar, com segurança e eficiência, entre 1 000 até 8 000 passageiros por hora e por sentido. Nos sistemas urbanos de maior capacidade, transportam até 25 000 passageiros por hora por sentido. Nas duas últimas décadas, a tecnologia APM tem sido amplamente utilizada para o serviço de transporte em aeroportos, parques recreativos e distritos comerciais em centros de cidades. Mas a tecnologia APM também tem sido usada para o transporte urbano de linhas troncais, em cidades ou regiões de população de médio porte.

Nas últimas duas décadas, os people movers apresentaram desenvolvimentos tecnológicos significativos. Os APMs podem circular com headway de apenas 60 segundos, ou ainda



SkyTrain de Vancouver

menores nos sistemas de APM pequenos, oferecendo um serviço comparável ao de elevadores modernos no transporte vertical. A qualidade de circulação dos APMs está entre as melhores de qualquer sistema de transporte do mundo. Os veículos viajam a velocidades de até 80 km/h e aceleram e desaceleram de forma suave e rápida. Os veículos, normalmente do tamanho de ônibus urbanos, param e aceleram automaticamente. Podem operar de modo flexível, atendendo à demanda na hora de pico, mantendo uma boa frequência de serviço, sem incorrer em despesas operacionais excessivas, e reduzindo o tempo de espera dos passageiros com a redução do número de composições na hora do vale, o que minimiza o consumo de energia.

Há mais de 50 aplicações de APMs em aeroportos em todo o mundo. Os APMs têm suas vantagens óbvias, que incluem a alta qualidade da condução automática, headway baixo, flexibilidade na operação, alta confiabilidade e segurança. Exemplos de sistemas APM operando como transporte com uma capacidade entre 20 000 e 25 000 passageiros/hora/sentido são o VAL de Lille na França e o Sky Train de Vancouver no Canadá. Há APMs similares em construção em Taipei e na Cidade do México. Exemplos de sistemas APM com uma capacidade entre 10 000 e 20 000 passageiros/hora/sentido são aqueles implantados em Docklands na Inglaterra e em Kobe no Japão. Há outros APMs com capacidade menor implantados no Japão e em operação ou construção em cidades europeias como Rennes, Toulouse, Bordeaux, Turim e Paris (Orly Val).

Exemplos de APMs que servem aeroportos são inúmeros, como o APM de Charles de Gaulle, na França, os APMs dos EUA (Atlanta, Chicago, Detroit, Miami, Orlando, Seattle etc.) e os aeroportos de Jacarta, Taipé, Dubai e Tokyo, assim como em Porto Alegre, no Brasil.

O QUE É O AEROMOVEL?

Aeromovel é um modo de transporte automatizado que utiliza uma tecnologia inovadora de tração, a propulsão pneumática. Em comparação aos outros people movers é substancialmente mais eficiente em termos energéticos por passageiro transportado e tem menor custo para sua construção, operação e manutenção. Requer



Orly Val

menos espaço para sua implantação e tem um mínimo de interferência no meio urbano onde é inserido, graças a seu processo de construção, comparado com outros sistemas em elevado.

O Aeromovel está alinhado com as tendências tecnológicas do futuro, que rejeitam os equipamentos caros, complexos, ineficientes, ambientalmente e economicamente menos sustentáveis. O sistema Aeromovel pode contribuir significativamente nos esforços das cidades ao redor do mundo, para atender os Objetivos da ONU quanto ao desenvolvimento sustentável, especialmente o SDG 11, para as cidades sustentáveis e comunidades, o SDS 13 para a ação climática e o SDG 9, para a indústria, a inovação e a infraestrutura.

O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA

O Aeromovel teve sua concepção desenvolvida no final do século 20 e possui uma aplicação em operação (Jacarta – Aeromovel 1.0) há mais de 30 anos, ininterruptamente.

Não obstante, a plataforma do Aeromovel tem recebido melhorias contínuas, tendo sua segunda aplicação comercial implantada em Porto Alegre em 2013, com muitos aperfeiçoamentos em relação à plataforma original. O último salto tecnológico, o Aeromovel 3.0, introduz melhorias significativas pela associação com empresas de nível internacional em fabricação de veículos, automação e construção, em especial a associação com a Marcopolo, segunda maior fabricante de ônibus do mundo. O Aeromovel possui oito patentes vigentes no Brasil, Reino Unido, Estados Unidos, França, Alemanha, Japão e China, e mais cinco pedidos de registro.

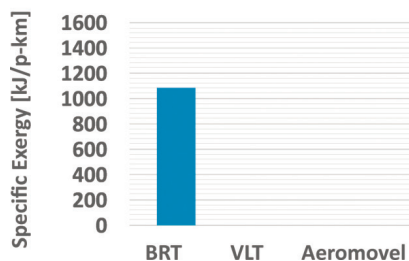
O aprimoramento da tecnologia continua sendo uma diretriz a ser perseguida e a versão Aeromovel 4.0 mira na aplicação de novos materiais como a fibra de carbono, o concreto com aplicação de resíduos industriais no sequestro de CO2, as técnicas de fabricação como impressão 3D, os sensores avançados da Internet das Coisas e a inteligência artificial, sempre almejando reduzir ainda mais os requisitos de energia, melhorar a eficiência da operação e manutenção e aumentar a sustentabilidade ambiental.

A capacidade do veículo é de 150 passageiros. A capacidade da composição depende do número de veículos acoplados. Com um headway de 90 segundos, a capacidade

Tabela 1 - Capacidade dos veículos

Composições	Modelo	Capacidade do Veículo	Headway	Capacidade do Sistema
	A 100	150	90 s	6000 pphs
	A 200	300	90 s	12000 pphs
	A 400	600	90 s	24000 pphs
Outros

Emissão Atmosférica em Escala Local



Emissão Atmosférica em Escala Global

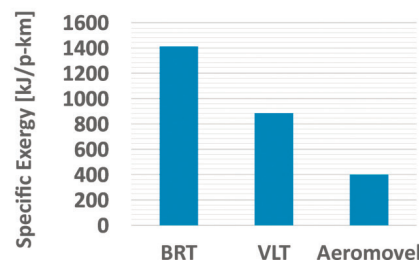


Figura 1 - Emissão atmosférica

de transporte do Aeromovel com 4 veículos pode chegar a 24 000 passageiros por hora por sentido (ver tabela 1).

Em termos ambientais, no Aeromovel a emissão atmosférica é muito menor do que outros modos de transporte, tanto em escala local quanto global (figura 1).

O QUE DIFERENCIA O AEROMOVEL DE OUTROS APMS?

Os projetos convencionais de sistemas APM são baseados em motores elétricos a bordo e alimentados por linhas de alta tensão ao longo das vias. Os carros são inerentemente pesados, herança de sua origem ferroviária, por possuírem grandes motores elétricos, caixas de engrenagem e estruturas mecânicas necessárias para converter a energia elétrica em energia mecânica. O peso do próprio trem é o fator principal do consumo de energia dos veículos, que têm elevado peso morto em relação ao peso dos passageiros transportados.

O peso dos veículos é também um fator crítico no que se refere à estrutura necessária da via.

O sistema Aeromovel é revolucionário porque conseguiu eliminar a necessidade de motores a bordo, com a consequente redução do peso dos veículos em quase 50%. Os veículos mais leves reduzem substancialmente a energia necessária para a tração. Desta forma, os veículos mais leves reduzem substancialmente o atrito e a potência do movimento. Reduz-se também o custo de construção em função de estruturas elevadas mais delgadas e leves.

No Aeromovel os veículos são movidos a ar. O elevado, para sustentação do Aeromovel, é formado de vigas de concreto do tipo caixão, vazadas, que formam um duto de ar dentro da via. Cada veículo é ligado por um mastro a uma placa de propulsão – um “pistão” – localizada dentro deste duto de ar. Esse mastro atravessa uma ranhura longitudinal selada com abas de borracha. Ventiladores elétricos estacionários



Aeromovel de Porto Alegre

Fonte: Trensurb

estão localizados ao longo da linha para soprar ar no duto e criar pressão positiva ou para retirar o ar do duto e criar um vácuo parcial. Um conceito muito simples, baseado no diferencial de pressão atuando nas placas de propulsão do veículo que o faz mover-se ou freiar.

O sistema de propulsão através dos ventiladores estacionários, localizados em geral nas estações de passageiros, reduz o consumo de energia por passageiro de 30% a até duas vezes quando comparado com os sistemas convencionais, dependendo do regime de operação. A propulsão por ar também tem a vantagem de eliminar a necessidade de tração nas rodas para mover o sistema. Isso permite o uso de rodas de aço em trilhos de aço em vez de pneus de borracha no concreto, que tem dez vezes mais atrito (figura 2).

Ao contrário das rodas de aço e trilhos que sem a função de tração duram muitos anos, os pneus de borracha têm que ser substituídos frequentemente com um custo significativo. Por outro lado, o atrito no concreto guia danifica a superfície do concreto que exige manutenção frequente, além de ser fonte de partículas poluidoras do ar. Enquanto a maioria dos sistemas APM usa pneus de borracha ao longo de guias de

concreto, existem alguns APMS que, como o Aeromovel, se movem sobre rodas de aço em trilhos de aço.

Mas esses sistemas também sofrem o atrito em função de sua função tratora, o que exige reparo caro e complexo e até sua substituição, com a exceção de veículos traçados por motores lineares de indução elétrica, como é o caso do SkyTrain no Canadá.

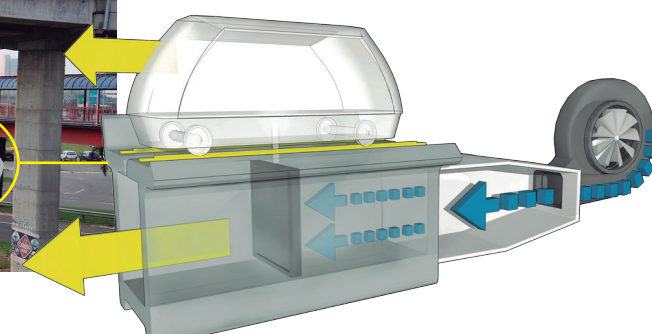
Os trilhos do Aeromovel duram, pode-se dizer, indefinidamente. Em Jacarta na Indonésia, por exemplo, não foram substituídos após mais de 30 anos de operação. Por fim, sistemas traçados com rodas de aço sobre trilhos de aço têm baixa capacidade de vencer rampas devido ao atrito, enquanto que os veículos do Aeromovel, pelo fato da tração não estar limitada pela aderência roda X trilho, podem vencer rampas de 7,5% ou mais.

Além disso, as rodas do Aeromovel são independentes, o que lhe dá mais flexibilidade para inscrição em curva, comparado com os sistemas tradicionais montados em eixos rígidos. Isso possibilita traçados que evitam obstáculos pré-existentes, como foi o caso com o sistema Aeromovel em Porto Alegre, que foi construído contornando autoestradas pré-existentes, pontes e pas-



Figura 2 - O sistema de propulsão

Sem risco de colisão entre os veículos, devido a compressão de ar dentro do duto de propulsão



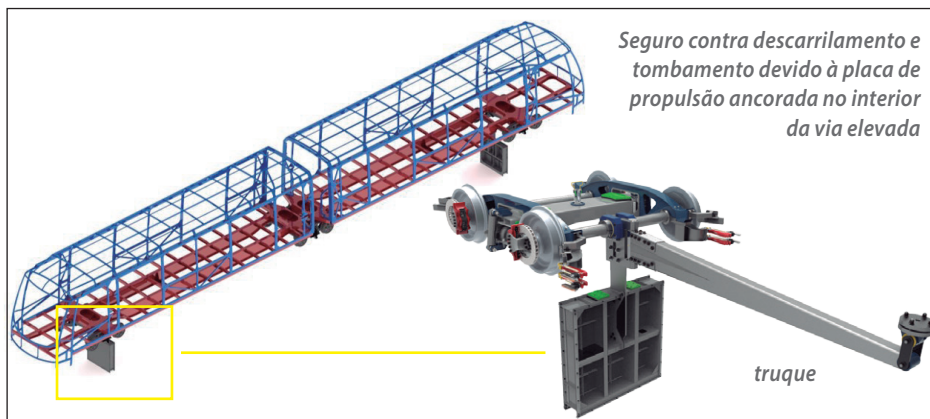


Figura 3 - Rodas independentes, maior flexibilidade

sarelas de pedestres, o que exigiu raios de curvatura operacional de 35 metros com longo desenvolvimento. A tecnologia do Aeromovel é capaz de operar em raios ainda menores, de até 25 metros (figura 3).

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (TERRENOS E DESAPROPRIAÇÕES)

A aquisição de terrenos para implantação de um sistema de transporte pode facilmente custar milhões de reais por quilômetro e pode complicar o projeto em função de ações judiciais, ambientais e de direito de passagem por causa das desapropriações. Nesse sentido, o Aeromovel pode trazer enormes vantagens em termos de necessidade de áreas, em comparação com o sistema de ônibus BRT ou o VLT e até mesmo outras tecnologias em elevado como monotrilhos. Por ser instalado em elevado esbelto, que pode realizar curvas de raios pequenos, o Aeromovel se insere de forma mais harmoniosa no tecido urbano, utilizando muitas vezes canteiros centrais e áreas onde já está implantado o sistema viário. Os pilares das vias elevadas têm seção transversal substancialmente menor, pelo fato dos veículos serem mais leves.

Todas essas características reduzem também o impacto ambiental do sistema Aeromovel.

CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DAS VIAS E ESTAÇÕES

Devido ao peso muito leve dos veículos, o Aeromovel tem estruturas elevadas menos custosas que outros APMs. Requer entre 20% e 60% menos concreto para as vias e pilares, reduzindo substancialmente os custos de construção e impacto ambiental. Seu traçado flexível permite que ele adentre os prédios, simplificando e reduzindo os custos das estações. Além disso, o sistema permite uma distância entre pilares e fundações estruturais que o faz contornar obstáculos. Os pilares e vias podem ser pré-fabricados e sua instalação é muito rápida comparada a outros sistemas APM.

Seguro contra descarrilamento e tombamento devido à placa de propulsão ancorada no interior da via elevada

truque

CUSTOS DE EQUIPAMENTOS

Como os equipamentos elétricos do sistema de propulsão estão no solo, o Aeromovel não possui motores elétricos e outros dispositivos mecânicos pesados a bordo. Os ventiladores e outros equipamentos elétricos necessários para a tração possuem características industriais padrão, sendo portanto muito robustos e muito confiáveis, produzidos em grandes quantidades e relativamente baratos para se manter ou substituir. Por estarem fora do veículo, os equipamentos não sofrem choques constantes, vibrações, mudanças abruptas de temperatura e poeira. O sistema de propulsão é instalado em abrigos no chão ou em compartimentos ao longo das vias e possuem adequada proteção térmica, contra interpéris e abafadores de ruídos. Trata-se de uma cadeia de equipamentos produzidos com qualidade pela indústria nacional, o que garante a continuidade do fornecimento de todos os seus componentes.

CUSTOS OPERACIONAIS

O Aeromovel, como outros APMs, por serem automáticos, têm uma vantagem de custo operacional que os sistemas VLT e BRTs não tem, pois exigem operadores a bordo. Ao contrário de outros APMs, entretanto, o Aeromovel também tem uma enorme vantagem em eficiência energética devido, ao seu sistema de propulsão pneumático e veículos extremamente leves. O Aeromovel usa pelo menos 30% menos energia do que outras tecnologias metroferroviárias, principalmente nas horas de vale. Se o sistema for suprido por fontes de ener-

gia renováveis, o Aeromovel tem emissões locais de poluição zero (figura 4).

CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Com um mínimo de peças móveis a bordo e utilizando ventiladores industriais para propulsão, o Aeromovel exige pouca manutenção e esta é de baixo custo. Além disso, como os produtos industriais são “de prateleira” e não proprietários, qualquer substituição ou correção de peças é mais barata do que sistemas com motores elétricos a bordo. A via permanente do Aeromovel tem uma vida útil extremamente elevada, visto que usa rodas de aço com trilhos de aço sem o desgaste do atrito das rodas provocados pela tração e frenagem. Outros APMs com pneus de borracha, cuja tração é baseada no atrito, têm substituições de pneus frequentes e dispendiosas. As vias de concreto têm também uma manutenção cara, ao contrário dos trilhos de aço. O sistema de vedação do ar é projetado para ser substituído a cada 15 anos, quando sujeito a uma operação de alta frequência.

A SEGURANÇA

A segurança do Aeromovel segue as normas de segurança dos outros sistemas automáticos motorizados, mas seu projeto tem recursos únicos de segurança inerente. A “vela”, presa ao fundo dos veículos dentro dos dutos guias, mantém os carros na via e garante que eles não possam descarrilar, exceto em circunstâncias absolutamente catastróficas. O sistema de propulsão do ar fornece um “colchão de ar” entre carros (ou conjuntos de carros conectados), que torna as colisões impossíveis. Além disso, se o sistema tiver falha de energia, os carros podem ser levados até a próxima estação, se necessário, através de uma fonte auxiliar a diesel. A segurança é reforçada pelo projeto

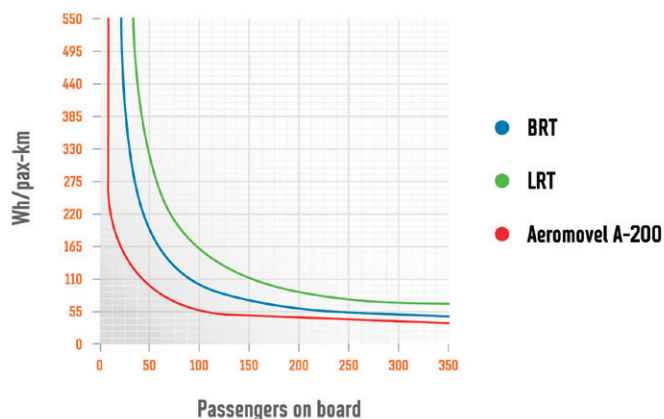


Figura 4 - Consumo de Energia do Aeromovel comparado ao VLT e ao BRT Consumo x Lotação dos Veículos (Fonte: Serguei Nogueira da Silva, PhD)



Construção modular

do sistema, com o controle do ar soprado dentro do duto. O sistema de controle consiste principalmente em controlar os ventiladores estacionários e as válvulas de controle usando equipamento industrial seguro, redundante e altamente confiável que é semelhante ao equipamento usado em gasodutos, refinarias e usinas nucleares. Há também freios de fricção a bordo para uma frenagem de segurança adicional.

O AEROMOVEL DE PORTO ALEGRE

A primeira linha da tecnologia Aeromovel em operação comercial no Brasil – aberta ao público em 10 de agosto de 2013 e funcionando com cobrança de passagem desde 7 de maio de 2014 –, interliga a Estação Aeroporto do metrô ao Terminal 1 do Aeroporto Internacional Salgado Filho, funcionando no mesmo horário dos trens (todos os dias, das 5h00 às 23h20). O projeto é totalmente desenvolvido no Brasil e usa tecnologia 100% nacional. Os veículos em via elevada, movidos a ar, permitem integração e acesso rápido e direto ao terminal aeroportuário sem custo adicional para os usuários do metrô. O trajeto de 814 metros, com duas estações de passageiros, é percorrido em 2 minutos e 35 segundos. A linha conta com dois veículos – um com capacidade para 150 passageiros, outro para 300 –, cujo funcionamento se dá conforme a demanda do período.


DADOS GERAIS

- Extensão: 814 metros de trajeto em via elevada (total de 1 010 metros de trilhos, considerando-se terminais de manobra e de manutenção).
- Terminais: dois (um na Estação Aeroporto da TRENURB, outro no Terminal 1 do Aeroporto Salgado Filho).
- Veículos: dois (um com capacidade para 150 passageiros e outro para 300).
- Tempo do percurso total: 2 min 35s.

- Demanda sistema: 7 000 passageiros por dia.
- Abertura ao público: 10 de agosto de 2013 (em fase de testes/operação assistida).
- Início da operação comercial: 7 de maio de 2014.
- Tecnologia “limpa”, com motores elétricos estacionários e sem a emissão de poluentes gasosos.
- Estruturas elevadas e menos espessas, com projeto moderno e sem poluição visual.
- Motores dispostos em casas de máqui-

nas acusticamente isoladas, evitando poluição sonora.

CONCLUSÃO

As tendências tecnológicas e sociais têm levado os urbanistas e planejadores a procurarem, cada vez mais, modos de transporte com tração elétrica, automáticos sem operadores. Assim para o transporte de massa, surgem os metrô que circulem sem condutores em UTO (Unattended Operation) e para o transporte de média capacidade surge o veículo automático em elevado, chamado APM, que se espalha em cidades através do mundo, principalmente atendendo aeroportos. Neste contexto, surge o Aeromovel, um sistema com muitas vantagens em relação a outros APMs, em função de ser uma tecnologia nacional, bem simples, com fornecimento garantido de peças e componentes de mercado e em função de seu baixíssimo teor de emissões poluentes, de seu baixo impacto urbano e de seu baixo custo. É sem dúvida o “People Mover” da atualidade. 

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COESTER, MARCUS – “O Aeromovel”.
- [2] COESTER – MARCOPOLO – “Transporte Sustentável”
- [3] GARRETT, BANNING – “The inherent economic and environmental advantages of Aeromovel technology.”

- [4] DELOITTE SERIES ON THE FUTURE OF MOBILITY – “Forces of change: The future of mobility”.
- [5] SITE DA TRENURB – “Desenvolvendo o Aeromovel”.



***Marcus Coester** é o CEO da Aeromovel Brasil S.A. e diretor do Grupo gaúcho COESTER. Graduado em Computação pela PUCRS e mestre em Administração de Empresas pela UFRGS. Possui sólida experiência internacional e amplo conhecimento e vivência em Mobilidade Urbana. Atua também no terceiro setor como atual presidente da Câmara de Comércio Brasil Alemanha, diretor da Federação das Indústrias do RS – FIERGS/CIERGS, diretor da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas – ABIMAQ e da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE. Também é Membro Consultivo das Escolas SENAI da Região Metropolitana de Porto Alegre e professor visitante do Pós-MBA de Administração da UNISINOS E-mail: marcus@aeromovel.com.br



****Peter Alouche** é engenheiro electricista, formado no Mackenzie, pós-graduado para mestrado em Sistemas de Potência na Poli-USP, com diversos cursos de especialização em transporte público em universidades de entidades do Brasil, Europa e Japão. Foi durante 35 anos metroviário, assessor técnico da presidência do Metrô de São Paulo para Projetos Estratégicos, representante da Companhia na UITP e no CoMET (Benchmarking de Metrô). Foi professor titular de linhas de transmissão na escolas de Engenharia da FAAP e do Mackenzie. Hoje é consultor independente de transporte nas áreas de tecnologia. Tem inúmeros artigos publicados em revistas especializadas do Brasil e do exterior E-mail: peter.alouche@uol.com.br