

PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE AEROPORTO COMO PÓLO GERADOR DE VIAGEM (PGV)

Patricia Ingrid de Souza Coelho

Licínio da Silva Portugal

Suzana Kahn Ribeiro

Programa de Engenharia de Transportes - COPPE/UFRJ

RESUMO

Aeropostos possuem características de PGVs e, atualmente, a segunda maior preocupação dos seus administradores em relação ao impacto ambiental, após o ruído, é a poluição atmosférica. Internacionalmente, já existem estudos que envolvem o monitoramento da qualidade do ar da região atingida por este tipo de pólo e como forma de mitigar este problema surgem propostas de multimodalidade com o setor. Este artigo sugere um procedimento de análise adequado para o sistema aeroportuário considerando o impacto deste a qualidade do ar, desenvolvido a partir da avaliação crítica das estruturas disponíveis na bibliografia para PGVs em geral e baseado em apropriadas ferramentas computacionais. Compreender as características que envolvem a área de estudo de um aeroporto e investigar os *softwares* mais indicados para a análise de seus impactos pode ser fundamental para o planejamento urbano e ambiental.

ABSTRACT

Airports have TGP (Traffic Generation Poles) characteristics. Actually, the second bigger concern of the airports managers in the environmental impact, after the noise, is the air pollution. Internationally, already studies exist that involve the monitoring of the air quality of the region reached for this type of polar region and as form to mitigate this problem appears proposals of multimodality with the sector. This article points at the use of procedure of analysis adequate for the airport system considering the impact in the air quality. This will be done through the bibliographic critical analysis of the available structures for TGPs and through appropriate computational tools. To understand the characteristics that involve the area of study of an airport and searching softwares for the analysis of its impacts could be the key path for the urban and environmental planning.

1. INTRODUÇÃO

Os Pólos Geradores de Viagens (PGVs) são empreendimentos de grande porte, que possuem a capacidade de atrair um número significativo de viagens terrestres, podendo causar impactos negativos na qualidade do ar. Contudo, verifica-se que poucos estudos são desenvolvidos focando o aeroporto como PGV e sua conseqüente influência na atmosfera da região em que está inserido.

Após a revisão bibliográfica, pode ser verificado que a maioria dos estudos sobre PGVs abordam o caso de *shopping centers*. Menezes (2000) agregou a esses estudos, exemplos de outros tipos de PGV para que se pudesse comparar os impactos das viagens geradas sobre o meio ambiente urbano (ver Tabela 1). Foi constatada a importância de determinar a área de influência de um PGV para a delimitação do espaço onde os impactos destes se manifestam. Contudo, ele alega que não foi observado semelhança entre o padrão de viagens de pólos com diferentes atividades e complementa:

“Mesmo pólos com a mesma atividade apresentam padrões de viagem discrepantes em função de diferenças entre eles, como seu porte, características socioeconômicas de seus usuários e atendimento de transporte público. Portanto, a aplicação de um determinado modelo de previsão de geração e distribuição de viagens deve ser feita apenas para pólos que tenham características semelhantes, observando-se as peculiaridades. Quando não houver modelos de geração e distribuição de viagens que representem o pólo que se pretende analisar, deve-se desenvolver modelos específicos para eles.”

Para Cavalcante (2002), a etapa de análise de impactos produzidos por PGVs compreende duas fases básicas:

- a) definição do problema – produtos que se espera obter ao final da aplicação da metodologia proposta e os conseqüentes resultados, e;
- b) especificação do modelo – escolhe-se, dentre os modelos existentes, quais são os parâmetros essenciais para a construção do modelo de previsão.

Portanto, o primeiro passo para estruturar um procedimento de análise é compreender a dinâmica aeroportuária como um PGV. Entender os impactos que um aeroporto gera, a magnitude de suas viagens e a influência de sua localização será o caminho proposto por este trabalho com a função de definir parâmetros para a análise deste procedimento.

Portugal e Goldner (2003) fizeram um levantamento de procedimentos para avaliação de impactos de PGV nos sistemas viários e de transportes, detalhado no item 3.1 deste artigo. As metodologias americanas investigadas são voltadas para novos empreendimentos e, os modelos espanhol e brasileiro estão voltados para *shopping centers*, com ênfase em estacionamentos.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é sugerir a utilização de elementos fundamentais, levantados a partir da revisão bibliográfica, para se analisar um aeroporto como PGV e seus prováveis impactos na qualidade do ar. Uma opção recomendável para analisar os efeitos na rede viária é a utilização de ferramentas computacionais. Estas possuem uma importância considerável entre os planejadores de transporte na busca de melhor representar a realidade facilitando o processo de tomada de decisão (Tolfo, 2006).

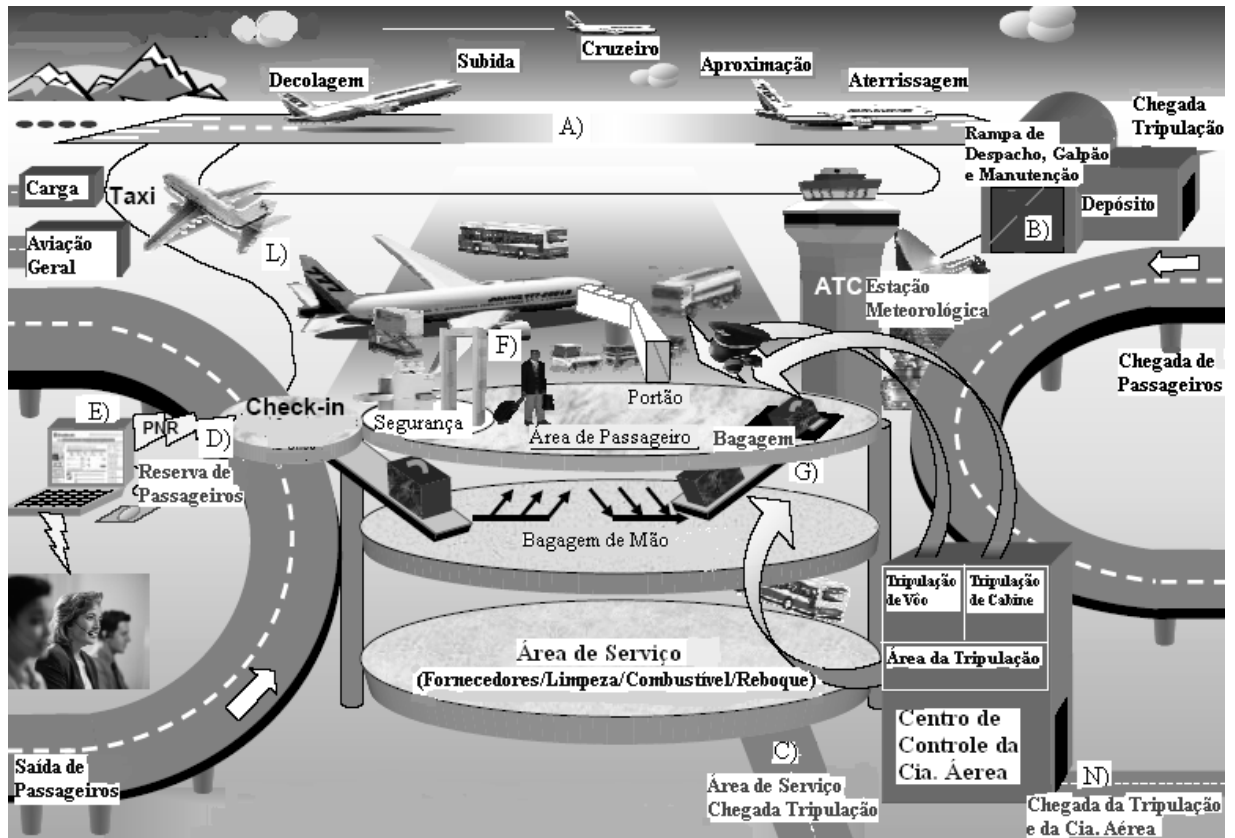
2. CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO

No Brasil, o acesso ao aeroporto é feito predominantemente pelo modal rodoviário - entre 60% e 75% de viagens em automóveis (Goldner e Andrade, 2001 e 2002). Além disso, os problemas relacionados à implantação ou expansão de PGVs somam-se ao crescimento desordenado das cidades; à falta de um processo integrado de planejamento urbano e de transportes e à ausência de implementação destes. Dessa forma, a implantação e a operação de empreendimentos geradores de viagens acabam por causar impactos negativos, com destaque para a saturação viária, com conseqüentes congestionamentos e deteriorização das condições ambientais urbanas (Kneib, 2004).

Internacionalmente, os aeroportos são servidos por sistemas de transporte de alta capacidade. Mesmo assim, como pôde ser notado em um estudo feito para o Aeroporto de Munique, existe uma quantidade significativa de viagens que ocorrem através da utilização dos automóveis (53%) e táxis (10%) (Munich Airport International, 2005).

Outro fator que pode impulsionar o aumento do fluxo de tráfego de automóveis no entorno de aeroportos, além do crescente aumento de viagens aeronáuticas, é a tendência mundial de olhar o aeroporto como negócio. Ou seja, este não é só um lugar frequentado por pessoas que viajam. Atualmente, há um objetivo de incrementar o ambiente aeroportuário com lojas, restaurantes e até hotéis, visando um impulso na renda deste empreendimento. Tal atitude pode trazer conseqüências diretas ao tráfego e a qualidade do ar.

Deve-se observar que um aeroporto, além de seu porte, tem uma natureza complexa (Figura 1) e envolve atividades geradoras de impactos, inclusive ambiental. A imagem do aeroporto, portanto, necessita de um novo planejamento para gerar certo grau de qualidade no seu entorno uma vez que as cidades-aeroporto se constroem com uma velocidade proporcional ao crescimento das taxas de tráfego aéreo (Teixeira e Amorim, 2005). Compreender os aspectos de tráfego das viagens terrestres é importante para se alcançar o objetivo deste artigo.



Fonte: Gordon, 2002.

Figura 1: Sistema de transporte aéreo

Bernardes (2006) afirma que o crescimento urbano das aerotrópolis (cidades-aeroporto), induzirá transformações urbanas e ambientais num raio de até quarenta km do aeroporto. Para se ter idéia da área de abrangência deste sistema, o diretor Yoshinaga (2002), do Núcleo de Estudos Urbanos de Guarulhos, São Paulo, cita que se um aeroporto possuir um fluxo de cerca de doze milhões de passageiros por ano, isto poderá afetar o tráfego rodoviário de uma cidade em um raio de até cinco quilômetros da sua vizinhança. Dependendo da concentração e do tipo dos poluentes, essa dispersão atmosférica pode alcançar um raio de até vinte quilômetros do aeroporto (Whitelegg e Cambridge, 2004).

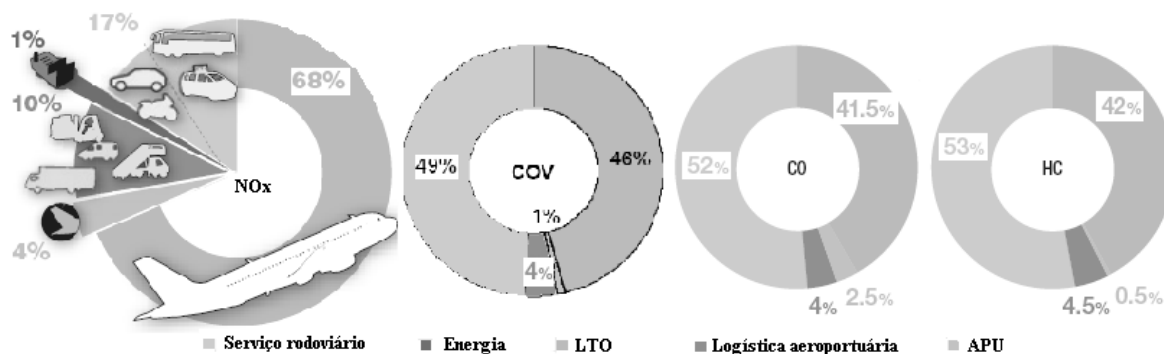
Sendo assim, as principais questões provenientes da produção de viagens em um aeroporto e seus impactos no tráfego podem ser abordados em dois níveis, análise adjacente (área crítica) e análise abrangente (área de influência). Em ambas as escalas espaciais, a partição modal influencia no impacto na qualidade do ar. Além disso, deve-se considerar a localização aeroportuária, incluindo a topografia da região. A possibilidade do aeroporto está no centro, na periferia ou no litoral e até se a região é montanhosa ou plana são critérios importantes que irão influenciar no nível de dispersão ou concentração dos poluentes atmosféricos.

Na área imediatamente próxima ao aeroporto, os conflitos e conseqüentes emissões de poluentes atmosféricos são mais visíveis e intensos, em função da maior quantidade de veículos concentrados na rede viária no entorno. Esta é considerada como área crítica onde os pontos relacionados são: os acessos, o estacionamento, o meio-fio para embarque e desembarque, as áreas de integração de modais, a natureza das viagens, e as necessidades de circulação principalmente de carros particulares e táxis.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversos estudos voltados para a emissão de poluentes atmosféricos consideram somente as aeronaves como uma única fonte do sistema aeroportuário, contudo, passageiros, companhias aéreas tanto no lado terra quanto no lado ar, áreas de manutenção de aeronaves, veículos de apoio, entre outros contribuem para os níveis de poluição do ar em um raio de até vinte quilômetros do aeroporto. É importante ressaltar que a ocupação do solo também interfere na qualidade do ar uma vez que há necessidade de disponibilizar área para a construção das pistas de pouso/decolagem, terminais, estacionamento, áreas de serviços diversos e rede de transportes (Whitelegg e Cambridge, 2004). Os aeroportos possuem dois tipos tradicionais de localização: um perto do centro e outro na periferia da metrópole; e quanto maior a demanda do aeroporto, maior será o seu potencial impacto não só aos habitantes mas também a biodiversidade local.

Para ilustrar a informação supramencionada, a Figura 2 mostra em proporção percentual as principais emissões aeroportuárias (NO_x – óxidos de nitrogênio, COV – compostos orgânicos voláteis, CO – monóxido de carbono e HC – hidrocarbonetos) por tipo de atividade. Este levantamento foi feito em Paris para o Relatório Ambiental da Air France em 2004/5.



Fonte: AIRFRANCE, 2005.

Figura 2: Contribuição das atividades da Air France

A multiplicação de empreendimentos classificados como PGVs podem contribuir negativamente com a questão dos transportes nas cidades brasileiras, além disso a demanda pode gerar um esgotamento da oferta do espaço viário e um conseqüente impacto na qualidade do ar no sítio onde o PGV está implementado. Como forma de avaliar as externalidades causadas por este tipo de empreendimento e oferecer subsídios técnicos para maximizar as de natureza positiva e minimizar as negativas, foram desenvolvidos procedimentos e criadas ferramentas computacionais que simulam a realidade e podem contribuir na avaliação deste tipo de PGV.

3.1 PROCEDIMENTOS

O levantamento feito por Portugal e Goldner (2003) resumido na Tabela 1, abordou PGVs em geral, mas nenhum especificamente aeroportos e qualidade do ar. Entretanto, quando o autor não identifica o PGV e generaliza, percebe-se que algumas etapas podem ser aplicadas em aeroportos.

Tabela 1: Etapas considerados nas estruturas de modelos disponíveis

Metodologia	Tipo de PGV	Etapas consideradas
Consultores (1984)	<i>shopping centers</i>	avaliação de desempenho do sistema viário; índice de desempenho e; dimensionamento do estacionamento.
Americana do Departamento de Transportes (1985)	novos empreendimentos	projeto de estudo; estimativa futura sem o PGV e do horário de pico do tráfego a partir do funcionamento do PGV; identificação e análise de alternativas de acesso ao PGV; negociação entre órgãos locais e planejadores e implementação de melhorias.
Grando (1986)	diversos	caracterização do problema; oferta; escolha modal; levantamento da situação atual; análise de desempenho; soluções alternativas e; tomada de decisão.
ITE (1991)	diversos	modelos de distribuição (o mais utilizado é o gravitacional) e dados circunvizinhos (base de dados sócio-econômicos e demográficos detalhados por zona).
Espanhola (década de noventa)	<i>shopping centers</i>	análise da situação atual; demanda de veículos e dimensionamento do estacionamento; análise e proposições.
Cybis et al. (1991)	diversos	prognóstico do crescimento do tráfego; caracterização da demanda por viagens e do sistema viário e; avaliação dos cenários.
Cavalcante (2002)	Uso misto	contexto e objeto de estudo; definição do modelo; coleta de dados; estimação e validação do modelo e; aplicação.
Menezes (2000)	diversos	determinação do fluxo de veículos nas vias; da capacidade e níveis de serviço da rede viária; da capacidade ambiental e proposta de níveis ambientais da rede viária; do número de viagens geradas pelo PGV; verificação dos níveis ambientais e de serviço para a situação anterior à implantação do PGV; distribuição e alocação das viagens geradas pelo PGV; níveis de serviço das vias incluídas na área de influência, determinação e verificação dos níveis ambientais do PGV após a implantação.
Vargas (2005)	-	início (necessidade identificada e transformada em um problema estruturado a ser resolvido); planejamento (detalhamento do que será realizado pelo projeto); execução (materialização do que foi planejado); controle e monitoramento (ocorre paralelamente ao planejamento operacional e à execução do projeto); encerramento (avaliação para que erros similares não ocorram novamente).

Fonte: adaptado de Portugal e Goldner, 2003.

Foi observado que as etapas supracitadas podem ser facilmente consideradas para o sistema aeroportuário, se alguns dados forem acrescentados, uma vez que se faz necessário considerar as especificidades do aeroporto e as características que envolvem o estudo de impacto na qualidade do ar. Partindo desta documentação, pode-se resumir as seguintes etapas fundamentais na estruturação de um procedimento para este tipo de estudo:

- a) característica do problema - delimitação espacial e temporal;
- b) demanda - engloba a geração e a distribuição de viagens, além da escolha modal;
- c) oferta - engloba transporte e armazenamento;
- d) desempenho –resulta da interação entre demanda de tráfego e oferta viária, bem como

estabelece os atores afetados e impactos considerados (normalmente o destaque é para os usuários e para a sua qualidade de serviço, expressa por indicadores como tempo de viagem e atrasos). Poucos trabalhos contemplam explicitamente os impactos ambientais e particularmente a qualidade do ar;

- e) geração e análise de cenários – ocorre através da análise de desempenho para os anos zero, cinco e dez. Tal análise será feita através de ferramentas computacionais considerando a comparação de níveis de serviço da situação atual sendo projetado para uma situação futura, levando em conta a existência ou não do aeroporto ou sua ampliação;
- f) recomendações - ocorre a validação do resultado do projeto, descartando as alternativas que não foram utilizadas arquivando para trabalhos futuros e discutindo as falhas cometidas para servirem de base para outros estudos.

3.2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Tratar um aeroporto como PGV é levar em conta que a sua demanda veicular pode gerar um esgotamento da oferta do espaço viário e um conseqüente impacto na qualidade do ar em sua área de influência. Uma forma de avaliar os prováveis impactos causados por este tipo de empreendimento e oferecer subsídios para a sua mitigação é através de ferramentas computacionais que simulam a realidade.

Segundo Portugal (2005), o propósito da simulação é representar ou modelar o comportamento próprio e as interações dos elementos de um sistema para permitir uma avaliação prévia do seu desempenho. Portanto, é uma técnica prática e orientada para a aplicação, na qual uma versão simplificada de um sistema real é codificada e transferida para o computador de maneira que o mesmo é capaz de simular o conjunto real.

Os simuladores podem ser classificados através do nível de representação do tráfego na rede. Sendo assim, tem-se: macroscópicos (em geral, determinísticos, permitindo a descrição de toda uma área), mesoscópicos (geralmente utilizados para a simulação de redes semaforizadas) e microscópicos (consideram os veículos individualmente ao se deslocarem pela rede em intervalos de tempo muito pequenos e suas trajetórias em tempo e espaço podem ser determinadas a cada segundo) (Tolfo, 2006).

Para se alcançar a seleção dos *softwares* foi feito, primeiramente, um levantamento das ferramentas considerando os seguintes pontos:

- Disponibilidade de se obter informação sobre a ferramenta em questão;
- Foco ou disponibilidade para a previsão de poluentes atmosféricos e;
- A utilização, a aplicabilidade e a divulgação da ferramenta não só no meio acadêmico mas também na prática.

Portanto, na Tabela 2 estão descritos, em ordem alfabética e de forma resumida, os tipos de simuladores existentes que correspondem aos critérios estabelecidos anteriormente e as características pertinentes a cada uma destas ferramentas.

Tabela 2: Levantamento das ferramentas computacionais existentes

Tipo	Nome	Definição
Microscópico	ALAQS (Airport Local Air Quality Studies)	Aplicação GIS para capturar as fontes de emissão aeroportuárias.
	CORSIM (Corridor Simulation)	Modelo norte-americano com 2 módulos: NETSIM para redes e FRESIM para vias expressas.
	DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation)	Modelo de alocação de tráfego urbano.
	INTEGRATION	Modelo que integra a alocação e a simulação de tráfego.
	HCM/CINEMA (Highway Capacity Manual)	Programa de animação gráfica.
	PARAMICS (Parallel Microscopic Traffic Simulator)	Simulador de redes de tráfego que considera as características de cada veículo.
	TRANSYT (Traffic Network Study Tool)	Simulador de tráfego de uma rede viária semaforizada.
	VISSIM	Modela o tráfego em redes e vias expressas
Mesoscópico	SIDRA (Signalised and Unsignalised Intersection Design and Research Aid)	Programa analítico para sinalizar interseções e desvios.
	CONTRAM (Continuous Traffic Assignment Model)	Modelo britânico desenvolvido para redes e vias expressas.
	DYMOS (Dynamic Models for Smog Analysis)	Sistema que permite a predição da difusão de partículas tanto em função de parâmetros meteorológicos quanto de condições de emissão e absorção.
Macroscópico	SIRI (Simulador de Redes de Semáforos)	Modelo brasileiro de programação semafórica.
	EMME/2 (Equilibre Multimodal / Multimodal Equilibrium)	Programa para planejamento de transportes multi-modal com ferramentas para modelagem, demanda, análise e avaliação da rede.
	FREQ	Ferramenta determinística.
	SATURN (Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks)	Simulador para alocação de tráfego
	SIGNAL97	Baseado na otimização do HCM em 1997
	SYNCHRO (Windows que contem: HCS, CORSIM, PASSER II e TRANSYT-7F)	Modelo simplificado de simulação da quantidade de poluentes emitidos pelos veículos.
TRANSCAD (Traffic Network Stud Computer Aided Design)	SIG para aplicações como gerenciamento, instalações, transporte público e logística.	

Fonte: adaptado, DUCHENE et al., 2005; JACONDINO, 2005; PORTUGAL, 2005; SABRA et al., 2000; VILANOVA, 2006 e TOLFO, 2006.

Após a análise, algumas ferramentas apresentaram aplicações mais amplas e outras mais específicas para o estudo em questão. O critério para esta seleção prévia foi considerar que estes instrumentos possuem requisitos para a análise de emissão de poluentes atmosféricos (diretos – próprios, ou seja, já embutido na ferramenta; ou indiretos – combinação de dois instrumentos ou mais que serviram como base de análise das emissões). Alguns exemplos podem ser citados:

- Duchene et al. (2005) apresentou o ALAQS como ferramenta que captura as diversas fontes de poluição do ar interna e externa ao aeroporto e processa os diferentes tipos de emissão em um formato padrão para um modelo de dispersão;
- Gunnarson (2000) recomendou o CONTRAM como o mais usual em sistema dinâmico de simulação, possibilitando o controle do fluxo de tráfego e o monitoramento, uma vez que, a demanda por movimento cresceu e “na sociedade industrializada os meios de transportes mais utilizados são: trens de alta-velocidade, aeronaves e automóveis”;
- TransSolutions (2002) apresentou o CORSIM como um modelo base para análise interna e externa do lado terra dos seguintes aeroportos: Intercontinental Houston George Bush (IAH), Internacional de São Francisco (SFO) e Aeroporto Internacional de Dallas Fort Worth (DFW).
- SEA (2006) aplica DYMOS como auxiliar na análise de PGVs. O elemento de estudo em questão era a ampliação do Aeroporto de Malpensa na Itália no ano de 2000.
- Silva (2006) apresenta o TRANSCAD como o único produto do mercado que contempla as

quatro fases da modelagem de planejamento de transportes urbanos (geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego).

- Reymond (2003) desenvolveu um estudo para o transporte urbano e a poluição do ar em Bogotá utilizando o EMME2 como ferramenta de análise.

- Ariotti e Cybis (2002) utilizaram o SATURN para avaliar a acessibilidade a uma instituição de ensino e o impacto no tráfego que esta traz à sua área de abrangência.

- A empresa de consultoria em engenharia e planejamento SIMCO (2005) cita os seguintes *softwares*: HCM-CINEMA para análise de tráfego, e FREQ, CORSIM, SYNCHRO, para estudos de planejamento de corredores. Vale destacar dentre os vários projetos representativos estão: redimensionamento, reabilitação e melhorias de estacionamento em aeroportos.

Sendo assim, a partir das informações consultadas, aqueles que se mostraram mais diretamente aplicáveis estão na Tabela 3.

Tabela 3: Classificação dos simuladores em função do tipo de intervenção

Intervenção	Simulador
âmbito da cidade e regional (de médio a longo prazo)	EMME2, TRANSCAD, SATURN e SYNCHRO (Macroscópico) CONTRAM e DYMOs (Mesoscópico)
âmbito de bairro (curto prazo)	ALAQS, CORSIM, FREQ, SIDRA, HCM-CINEMA e PARAMICS (Microscópico)

4. PROPOSTA DE UM NOVO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

O Manual de Modelagem de Transporte Regional Prático para Análise de Qualidade do Ar preparado pela DHS (1993) afirma que a legislação local pode ser uma importante base para a criação de procedimentos. Contudo, algumas etapas importantes devem ser consideradas: dados; validação dos recursos obrigatórios; tempo para as melhorias; o tamanho da área e a natureza do problema da qualidade do ar; a dinâmica do crescimento regional; as alternativas modais; a variedade de políticas alternativas; veículo por quilômetro rodado; velocidade; características do veículo; viagens veiculares; estabelecimento da geração de viagens em pelo menos cinco propósitos (casa-trabalho, casa-*shopping*, casa-escola, casa-outros e partir de qualquer outro lugar), distribuição de viagens e hora-pico; ocorrência de aceleração e atrasos; tempo ocioso; zoneamento; rede de auto-estradas; uso do solo; indicação de tráfego; inventário/estimativa das emissões atmosféricas; controle de zoneamento e desenho urbano; modelos de rede e dados sócioeconômicos.

A partir das etapas supracitados e da análise crítica dos procedimentos disponíveis deriva-se uma proposta que considera as especificidades do setor aeroportuário e as características que envolvem o estudo de impacto na qualidade do ar.

Na etapa vinculada a caracterização do problema está: a delimitação espacial, que é subdividida em área de influência e área crítica; delimitação temporal e impacto ambiental. O dinamismo das atividades humanas influencia diretamente na variabilidade espacial, temporal e ambiental do meio urbano. O conhecimento contínuo desta dinâmica tem papel fundamental na gestão eficiente e eficaz do tráfego urbano (Meneses e Loureiro, 2003).

Na delimitação espacial, a área de abrangência tende a ser maior do que um *shopping*, por exemplo - neste caso, a área de influência é configurada quando encontra um outro

concorrente, ou seja, outro centro comercial. No sistema aeroportuário este fato não ocorre, a não ser quando há aeroportos com características semelhantes próximos um do outro. Caso contrário a área de influência tende a cobrir a metrópole, uma vez que capta passageiros de toda uma região que necessita da utilização deste empreendimento. Já na área crítica, a região do entorno aeroportuário sofre as influências diretas da variação da demanda da sazonalidade turística, de negócios, dos múltiplos usos que este PGV possui.

Na delimitação temporal, busca-se definir o(s) dia(s) e a(s) hora(s) de projeto que melhor estime(m) a produção de viagem, o que desdobra no dimensionamento dos componentes internos do empreendimento, como o estacionamento, área de carga e descarga, área de embarque e desembarque, acessos, entre outros (Frenkel, 2006).

Em seguida há duas etapas relacionadas, que devem ser consideradas - demanda e oferta:

- Demanda: geração de viagens, distribuição e escolha modal (Goldner e Goldner, 2006). Nesta última etapa deve-se dar destaque a intensa participação dos táxis, tendo a preocupação de dimensionar os acessos;
- Oferta: de transportes e de armazenamento (paradas de ônibus, de táxis, de carga/descarga e estacionamento) (Goldner e Andrade, 2001).

Com base na interação entre os elementos de demanda e oferta se define o desempenho que se traduz nos efeitos nos usuários do sistema viário e de cada modalidade de transportes, seja na circulação, seja no estacionamento, bem como as repercussões na fluidez do tráfego, na segurança e na qualidade do ar. Tal desempenho e a compreensão dos fatores causais, possibilita gerar e analisar alternativas, a serem avaliadas e selecionadas as mais indicadas, que devem ser implementadas e monitoradas. Neste ponto também se define a necessidade de usar uma ferramenta computacional como instrumento de análise. Para tal, Freitas (2004) sugere seguir alguns critérios para embasar a escolha. Estes são: “habilidade” do aplicativo (tamanho da rede, capacidade de representação e saídas do modelo); disponibilidade de dados (lista de itens a considerar, localização dos elementos conhecidos do sistema, conjunto de instalações candidatas à abertura, demanda, taxas e custos de transporte, tempos de trânsito, custos em geral, capacidades dos modos de transporte e padrão atual); facilidade de uso (pré-requisitos em aplicativos de qualquer natureza); recursos necessários (bases de dados georeferenciadas, otimizadores capazes de solucionar os modelos embutidos e consultorias para implantar o aplicativo); histórico de implantações; bem como validação e calibração.

A análise do impacto da qualidade do ar acontecerá através de fluxos atuais, determinação dos locais críticos (acesso ao estacionamento, vias adjacentes e rede em geral), taxas de crescimento do tráfego veicular e, alocação qualitativa do tráfego gerado.

Sendo assim, para o caso de análise do aeroporto como PGV pode se ter a Figura 3.

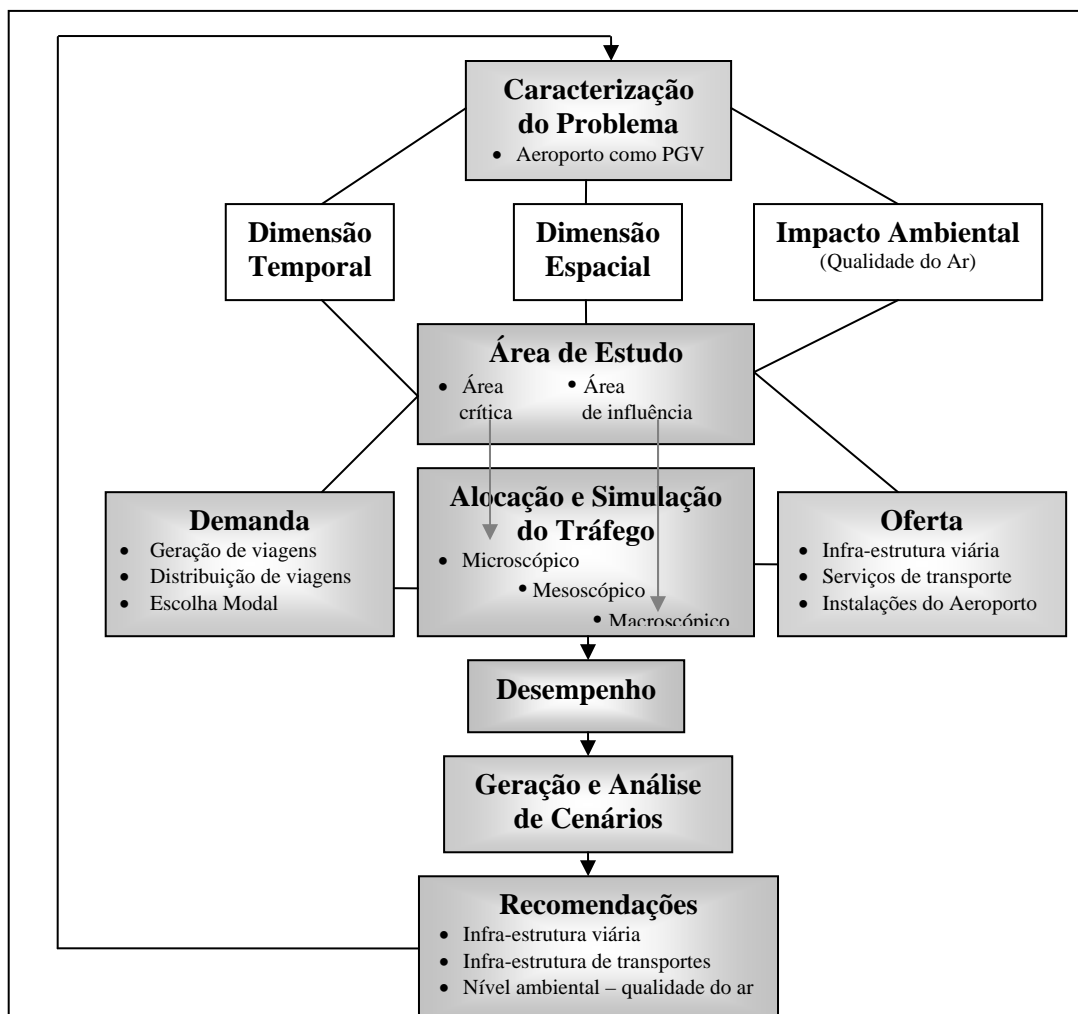


Figura 3: Esquema de procedimento de análise

É importante destacar que para traçar e definir um esquema específico para análise de aeroportos cinco etapas foram observadas como fundamentais: delimitação temporal, demanda, oferta, determinação da área crítica e da área de abrangência. Embora abordadas em estudos de dimensionamento de estacionamento e expansão de aeroportos, não foi observado o uso destas em conjunto. Contudo, pode se dar destaque a alguns autores já citados: Menezes (2000) afirma que alguns estudos podem ser estendidos para outros PGTs sendo utilizados na quantificação da poluição atmosférica relacionadas com as viagens produzidas; o trabalho de Cavalcante (2002) se diferencia por abordar o tema de pólos compostos por diferentes atividades; Goldner e Andrade (2001) que aborda os aeroportos como PGV, entre outros. Entretanto, do ponto de vista metodológico, pode-se dizer que existem escassas aplicações para empreendimentos de usos mistos (Cavalcante et al., 2003). Além disso, não foi verificado, após a revisão bibliográfica, nenhum estudo considerando a interferência da movimentação aeroportuária no tráfego rodoviário e seu provável impacto na qualidade do ar.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos de aeroportos como um PGV sob a ótica da engenharia de tráfego é bastante complexo, devido ao comportamento diversificado de seus usuários (passageiros, funcionários de companhias aéreas e da administração de aeroporto, a tripulação, os visitantes, os

acompanhantes, entre outros) em relação às suas viagens de acesso e agressão ao aeroportos (Goldner e Goldner, 2006).

Definir critérios para a análise de um empreendimento aeroportuário não é um trabalho fácil. Este artigo não tem a pretensão de esgotar o assunto, nem tão pouco colocar como padrão as etapas aqui sugeridas. A intenção precípua é contribuir com dados relevantes referentes ao tema. Afinal, a bibliografia nacional sobre aeroportos tratados como PGVs é incipiente (Goldner e Goldner, 2006).

Diante deste contexto, espera-se disponibilizar uma referência capaz de orientar e promover reflexões. A conversão de um grande volume de dados em informações úteis para os gestores requer procedimentos aliados a um conjunto de ferramentas de análise que permitam uma visualização dos resultados de uma forma mais perceptível.

Sendo assim, a importância deste estudo foi ressaltar quais os parâmetros que precisam ser alterados em função das especificidades do aeroporto e da preocupação com a qualidade do ar. Ou seja, pode ser fundamental para a análise de um empreendimento deste porte estabelecer a delimitação espacial-temporal, e que esta deve ser definida em dois níveis:

- a) área crítica - caracterizada através da localização aeroportuária (centro, periferia, litoral); da topografia, que possui influência direta na dispersão dos poluentes atmosféricos e; a concentração de veículos da rede viária no entorno dos aeroportos (acessos, estacionamento e meio-fio de embarque e desembarque);
- b) área de influência – caracterizada pelo número de viagens geradas e pela distribuição espacial destas, ambas influenciadas e proporcionais aos índices de crescimento do tráfego aéreo.

Compreendendo a abrangência das áreas supramencionadas já é possível analisar de maneira mais segura as etapas que envolvem os aeroportos e a sua influência na geração de viagens. Além disso, a utilização de ferramentas computacionais para análise de projetos pode trazer ganhos significativos na tomada de decisão e é fundamental no planejamento urbano e ambiental. Propor implementações que ajudem o setor aeroportuário crescer de maneira sustentável é afetar de maneira positiva o sistema de transporte como um todo.

Agradecimentos

Ao CNPq e a Capes - pelo apoio no fornecimento através de bolsa de Produtividade - e à Rede Ibero-americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens (<http://redpgv.coppe.ufrj.br>).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRFRANCE (2005) *Sustainability report 2004/5*. France.
- ARIOTTI, P, CYBIS, H. B. B. (2002) Estudo do tráfego e acessibilidade para a implantação de um pólo atrator de viagens. Disponível em: <<http://seberi.propesq.ufrgs.br/salao2002/eng02.pdf>> Acesso em: 05/04/2007.
- BERNARDES, C (2006) Urbanização dispersa novas formas de tecido urbano – papel do empresário imobiliário. Disponível em: <<http://www.secovi.com.br/claudiobernardes.pdf>> Acesso em: 10/05/2007.
- CAVALCANTE, A. P. H. (2002) *Metodologia de previsão de viagens a pólo gerador de tráfego de uso misto: estudo de caso para a cidade de Fortaleza*. Tese M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- CAVALCANTE, A. P. H., ARRUDA, J. B. F., RATTON NETO, H. X. (2003) *Metodologia de previsão de viagens para edifício de uso misto: aplicação ao caso da cidade de Fortaleza*. ANPET.
- DHS (1993) *Manual of Regional Transportation Modeling Practice for Air Quality Analysis*. The National Association of Regional Councils. Washington, D.C.
- DUCHENE, N., CELIKEL, A., FULLER, I., FLEUTI, E., HOFMANN, P. (2005) *Airport Local Air Quality*

- Modelling: Zurich airport emissions inventory using three methodologies*. IX Air Transport Research Society World Conference. Rio de Janeiro, Brasil, 3-7 Julho.
- FREITAS, A. A. M. (2004) *Análise Crítica do Projeto de Cadeias de Suprimento: Modelagem e Estudo de Caso*. Tese M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- FRENKEL, D. B. (2006) *A Expansão de Aeroportos Brasileiros e os Possíveis Impactos no Sistema Viário e de transportes*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- GOLDNER, L.G. e ANDRADE, L.G. (2001) *Uma Análise do Aeroporto Salgado Filho com um Pólo Gerador de Tráfego*. ANTP. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 05/05/2006.
- _____, (2002) *Estudo do Estacionamento de Automóveis em Aeroportos: o caso do Aeroporto Internacional de Florianópolis – Hercílio Luz*. ANTP. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 05/05/2006.
- GOLDNER, L. G. e GOLDNER, N. (2006) *Estudo dos padrões das viagens terrestres em dois aeroportos do sul do Brasil*. V SITRAER – Simpósio de Transporte Aéreo. Avanços do Transporte Aéreo Brasileiro – Trabalhos Apresentados. Brasília, DF, Out. pp.213-223. EPUSP, São Paulo.
- GORDON, M. Jr. (2002) *Air Travel Market Outlook – Shaping the Future*. BOEING, USA.
- GUNNARSON, S. O. (2000) Studies in travel behaviour and mobility management need a special scientific discipline: “mobilistics”. In: IATSS Research Vol.24 n°1, pp69-75. Disponível em: <<http://www.fot.se/admin/editor/files/Rapporter/mobilistics.pdf>> Acesso em: 31/03/2007.
- JACONDINO, G. B. (2005) *Quantificação das Emissões Veiculares Através do Uso de Simuladores de Tráfego*. Tese M. Sc., PPGEP/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- KNEIB, E. C. (2004) *Caracterização de Empreendimentos Geradores de Viagens: Contribuição Conceitual à Análise de seus Impactos no Uso, Ocupação e Valorização do Solo Urbano*. Tese M. Sc., ENC/FT, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- MENESE, H. B. e LOUREIRO, C. F. G. (2003) *Modelagem e Análise de Dados Dinâmicos do Tráfego Urbano: uma revisão conceitual e aplicada*. UFC/PETTRAN.
- MENEZES, F. S. S. (2000) *Determinação da capacidade de tráfego de uma região a partir de seus níveis de poluição ambiental*. Tese M. Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.
- MUNICH AIRPORT INTERNATIONAL (2005) *Perspectives – Environmental Statement*. Disponível em: <<http://www.munich-airport.de>> Acesso em: 31/03/2007.
- PORTUGAL, S. L. e GOLDNER, L. G.. (2003) *Estudo de pólos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. RJ. Editora Edgard Blucher Ltda.
- PORTUGAL, L. S. (2005) *Simulação de tráfego – Conceitos e Técnicas de Modelagem*, Ed. Interciência, RJ.
- REYMOND, Y. (2003) Urban transport and air pollution in Bogotá, Colombia. In: 3rd Swiss Transport Research Conference. Monte Verità/Ascona, March 19-21. Disponível em: <http://www.mobility-bovy.ch/yves_strc03.pdf> Acesso em: 05/04/2007.
- SABRA, Z., WALLACE, C. E., LIN, F. (2000) Traffic Analysis Software Tools. Transportation Research Board/National Research Council. U. S.
- SEA - Strategic Environmental Assessment (2006) The SEA Manual – a sourcebook on strategic environmental assessment of transport infrastructure plans and programs. European Comission, DG Tren. Disponível em: <<http://www.transport-sea.net/docs/SEA20Manual20-%2021-10-05c.pdf>> Acesso em: 01/04/2007.
- SILVA, D. F. P. (2006) *Sistemas de Informação Geográfica para Transportes – uma aplicação aos transportes urbanos de Guimarães*. Tese M. Sc. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.
- TEIXEIRA, M. A e AMORIM, C. N. D. (2005) Avaliação ambiental para edifícios aeroportuários: elaboração de indicadores ambientais. Disponível em: <<http://www.unb.br/avaliambien.pdf>> Acesso em: 10/05/2007.
- TRANSSOLUTIONS (2002) TRACS – Terminal, Roadway, and Curbside Simulation: airport landside analysis tools. Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec042.pdf>> Acesso em: 31/03/2007.
- TOLFO, J. D. (2006). *Estudo Comparativo de Técnicas de Análise de Desempenho de Redes Viárias no Entorno de Pólos Geradores de Viagens*. Tese M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- VILANOVA, L. M. (2006). SIRI – um novo simulador para redes de semáforos. ANTP.
- WHITELEGG, J. e CAMBRIDGE, H. (2004) *Aviation and Sustainability*. Jul. SEI - Stockholm Environment Institute.
- YOSHINAGA, M. (2002) *Meio Ambiente: Guarulhos e Macaé, ou Infraero e Petrobrás?* Minha cidade 040. (Jan). Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/minhacidade/texto.asp>> Acesso em: 26/08/2005.