

PROJETO DE SISTEMA DE VEÍCULOS COMPARTILHADOS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Marcelo Alencar Preto

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

alencar.preto@gmail.com

Resumo. Este trabalho discute o projeto de um sistema de veículos compartilhados (car sharing) na cidade de São Paulo. A pesquisa tem o objetivo de determinar os locais para a instalação de estações, quantificar e qualificar o mercado potencial, determinar as características básicas do serviço e selecionar o veículo a ser utilizado. A metodologia adotada para determinação dos locais das estações e da demanda pelo serviço é baseada na análise estatística da localização destas estações e da disponibilidade de veículos em cidades onde já existem sistemas de veículos compartilhados. A escolha dos veículos é feita através de uma matriz de decisão que pondera características dos veículos como desempenho, segurança, conforto, investimento, consumo e autonomia, e dimensões. Os resultados mostram que as zonas da cidade mais adequadas para a instalação do sistema estão localizadas nas regiões centrais, onde variáveis importantes para a determinação das estações do serviço – número de moradores por área, o percentual de moradias que possuem nenhum ou um veículo próprio e a forma de locomoção – são mais favoráveis. Por fim, é realizada uma análise econômica e financeira da companhia responsável por instalar e operar o sistema de veículos compartilhados proposto.

Palavras chave: car sharing, transporte, compartilhamento, mobilidade, projeto, veículo

1.Introdução

A crescente população urbana implica no aumento do tráfego nas grandes metrópoles e novas soluções para o trânsito de indivíduos devem ser desenvolvidas para melhorar a qualidade de vidas nestes centros. O objetivo deste trabalho é propor uma nova solução para o transporte a fim de melhorar a qualidade da mobilidade dos indivíduos.

2.Contexto

O projeto deve ser realizado na cidade de São Paulo, Brasil. A região metropolitana possui em 2010, segundo dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, quase cinquenta por cento da população de todo o Estado de São Paulo. Além disso, o número veículos cadastrados na cidade de São Paulo duplica a cada 20 anos e, hoje, existem 7 milhões de veículos, conforme dados da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) em 2010.

A atual rede de transporte possui 14,8 mil ônibus cadastrados na cidade de São Paulo e o transporte metropolitano também é composto por 69 estações de metrô com um total de 78,1 km de extensão, incluindo a nova Linha 4 – Amarela, além de mais 89 estações de trem da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) que atende a 22 municípios ao longo de seus 260,8 quilômetros distribuídos em seis linhas operacionais.

Isto posto, a cidade possui uma deficiência em termos de qualidade de mobilidade, dada a análise da evolução da velocidade média no trânsito e dos quilômetros de lentidão nos picos a manhã e da tarde. Em 2008, a velocidade média no pico da manhã e da tarde eram, respectivamente 17,3 km/h e 14,8 km/h. Neste mesmo ano, os quilômetros de lentidão na manhã e na tarde eram, respectivamente, 90 km e 138 km.

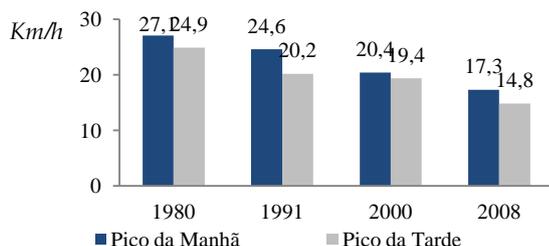


Figura 1. Velocidade média no trânsito. Fonte: CET.

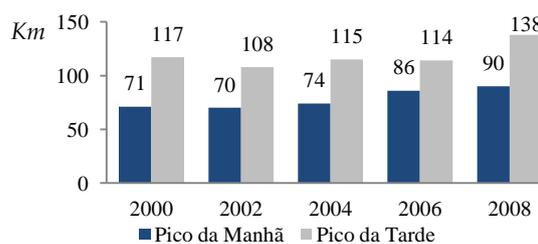


Figura 2. Quilômetros de lentidão. Fonte: CET

3.Veículos compartilhados (car sharing)

Compartilhamento de veículos é o pilar mais importante de sistemas de mobilidade voltados para o usuário e que também tragam benefícios tanto ecológicos quanto econômicos, é o meio mais eficaz em integrar mobilidade.

Custos crescentes relacionados ao uso de veículos, principalmente aqueles exteriorizados como a poluição do ar, perigos no tráfego, tempo no trânsito e degradação das ruas e rodovias viabilizam políticas de transporte para promover o desenvolvimento sustentável com o aumento das redes de metrô, linhas extras de ônibus, ciclovias e estratégias de transporte integrado que aumentem a mobilidade com menos tráfego.

A solução proposta neste trabalho é a de compartilhamento de veículos. Na realidade, não se pretende criar um sistema que permita as pessoas compartilharem seus carros oferecendo caronas ou dividindo com colegas ao ir trabalhar, mas um sistema de veículos compartilhados.

Deste modo, pretende-se criar uma rede de veículos espalhados por diversos pontos da cidade onde se pode retirar um carro e devolvê-lo em outro ponto após o uso, assim possibilitando a utilização do mesmo veículo por diversas pessoas.

4. Características do sistema

Sejam as diretrizes de projeto de que o sistema deve ser composto por diversos locais de retirada de veículos espalhados pela cidade, que o usuário encontre e retire o veículo no próprio local, que não haja necessidade de reserva e também que a devolução do veículo não necessite ser no mesmo local de retirada. Este tipo de sistema de veículos compartilhados é conhecido por *mobility-on-demand* [1].

Os veículos estarão dispostos em estações prontas para a retirada, o usuário acessa, através de um terminal disponibilizado no local ou do *website*, informações de custo e de quais veículos encontram-se disponíveis em cada estação. O acesso ao interior do veículo é realizado através de cartão individual que destrava as portas e pode servir como chave de ignição ou, simplesmente, a chave para partida do veículo encontrar-se-á disponível no interior do carro.

A determinação das características do sistema e das especificações, englobando tanto as estações quanto os veículos, pode ser realizada através da abordagem de análise do valor. Esta metodologia busca determinar as funções esperadas no produto/serviço e, por fim, determinar as especificações a partir das necessidades identificadas.

Dividindo a abordagem do sistema de veículos com compartilhados em quatro grupos, Usuário, Serviço, Estação e Veículo, podem ser listadas as seguintes funções e especificações para cada grupo.

4.1. Funções e especificações do grupo Usuário

- **Ir e vir:** Deve responder às necessidades de uso como deslocamento ao trabalho, uso noturno e nos finais de semana, acesso a metrô, trem, aeroportos e rodoviárias, realização de compras, entretenimento e lazer.

4.2. Funções e especificações do grupo Serviço

- **Acessar *website* e realizar cadastro:** o *website* deve conter páginas que expliquem o uso do serviço, mostrem o mapa das estações com os veículos disponíveis e tarifas e uma seção para a realização do cadastro do usuário.
- **Obter chave:** corresponde ao cartão de acesso do usuário. Deve permitir o desbloqueio do veículo e ainda a identificação do usuário no sistema da companhia quando este acessar um veículo.
- **Assistir ao usuário, auxiliar retirada, auxiliar devolução auxiliar uso:** canais de atendimento ao cliente via telefone e pela internet para prestar assistências e esclarecimentos quanto à utilização, cadastro, retirada e devolução do veículo, no caso de acidentes e pane no veículo.
- **Assegurar contra acidente, oferecer troca, rebocar e consertar veículo:** a companhia é responsável pelo conserto e deve também assegurar o usuário e prover atendimento no local em caso de acidente ou defeito.
- **Conservar, abastecer e revisar o veículo:** a companhia deve lavar, abastecer e realizar as manutenções periódicas assim como a troca de peças. O nível de combustível mínimo é de um quarto do volume do tanque. Haverá também postos cadastrados os quais o usuário pode realizar o abastecimento sem custos, caso necessite.

4.3. Funções e especificações do grupo Estação

- **Localizar e acessar estação:** a localização pode ser realizada através do *website*. Estabelece-se o mínimo funcionamento de 18 horas por dia durante todos os dias da semana, a depender do local escolhido.
- **Retirar e acionar veículo:** o cartão de acesso deve permitir o desbloqueio do veículo enquanto a chave de ignição do está no interior. Assim, o acionamento do veículo é feito com a chave comum do veículo.
- **Disponibilizar veículo:** os veículos devem estar disponíveis para serem retirados a qualquer momento em cada estação (dependendo apenas do horário de funcionamento da estação). Não existe a possibilidade de reserva.
- **Incentivar devolução e informar preço de retirada:** Propõe-se uma solução monetária que *incentive a devolução* em locais onde há maior demanda. Portanto, na devolução é necessário *informar os custos de devolução* em cada estação, menor nas estações com maior demanda e maior naquelas com menor demanda.
- **Disponibilizar estacionamento:** Os veículos devem possuir locais exclusivos para serem estacionados.
- **Incentivar retiradas e informar preço de devolução:** análogo ao caso de *incentivar devolução e informar preço de retirada*. Locais com menor demanda por veículos terão menores tarifas para retirada e locais com maior demanda maior tarifa.
- **Devolver e desligar veículo:** o usuário desliga o carro com a própria chave do automóvel, bloqueia o veículo com seu cartão de acesso (a chave do automóvel permanece guardada no interior) e confirma a devolução através do reconhecimento de seu cartão de acesso em um terminal.
- **Faturar o uso:** o cálculo do preço final a ser faturado é função de três elementos: custo de retirada, custo pelo tempo de uso e custo de devolução.

4.4. Funções e especificações do grupo Veículo

- **Controlar veículo:** O veículo deve ser conduzido pelo usuário. Deve possuir um sistema de direção que controle o movimento das rodas a fim de permitir a realização de curvas e manobras e deve também possuir controle de velocidade e sistema de frenagem.
- **Informar rota:** o veículo deve conter um navegador que indique a rota, a localização das estações, os preços para devolução do veículo em cada estação e o número de vagas disponíveis em cada estacionamento.
- **Aumentar conforto:** o veículo deve ser ergonômico para ao menos 95% da população.
- **Regular temperatura:** deve ser capaz de manter a temperatura no interior do veículo entre 15°C a 25°C.
- **Facilitar direção:** deve possuir sistema de auxílio na direção (hidráulico ou elétrico).
- **Entreter usuário, proporcionar rádio e tocar música:** deve possuir rádio e tocador de música.
- **Respeitar normas:** As características dos veículos, suas especificações básicas e configuração devem respeitar condições para registro, licenciamento e circulação estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito.
- **Assegurar veículo, restringir uso e rastrear veículo:** O veículo deve possuir um sistema que trave e destrave as portas através do cartão de acesso do usuário além de sistema que localize o veículo para o controle da frota.
- **Locomover-se:** o veículo deve ser capaz de manter uma velocidade constante de 100 km / h em uma reta e deve ser capaz de vencer uma inclinação de 20° ao partir sem velocidade inicial.
- **Transportar pessoas:** Capacidade mínima de quatro pessoas confortáveis no interior do veículo.
- **Transportar objetos:** O veículo deve possuir espaço específico para armazenar objetos. Volume mínimo equivalente a um carrinho de compras de supermercado ou bagagens para viagens.

5. Determinação dos locais

Em trabalho publicado no *2007 Annual Meeting of the Transportation Research Board*, C. Celsor e A. Millard-Ball [2] discutem ferramentas para encontrar mercados potenciais para sistemas de veículos compartilhados em regiões urbanas. Neste trabalho mostra-se que características do bairro e do transporte na região são indicadores mais relevantes do que características individuais de usuários de veículos compartilhados.

Até o presente, poucos trabalhos trataram de modo quantitativo para identificar as principais características de bairros que suportam compartilhamento de veículos. Assim, muitos dos projetos de sistema ocorreram de modo experimental.

5.1 Principais indicadores para implantação do serviço de veículos compartilhados

As características do bairro e de transporte são indicadores mais relevantes para veículos compartilhados do que fatores puramente demográficos. Celsor e A. Millard-Ball [2] propõem sugestões onde veículos compartilhados podem ser atrativos. Estes orientações não são requisitos precisos, mas sim aproximações de características dos bairros onde serviços de veículos compartilhados tendem a ter maior sucesso.

Dois grupos de disponibilidade de veículos foram estabelecidos, “baixo” e “alto”. O nível “baixo” representa locais onde o serviço de veículos compartilhados pode ser viável, mas pouco crescimento é esperado. E disponibilidade de veículos “alto” indica locais onde se espera que compartilhamento de veículos cresça. Os resultados dos limites para cada disponibilidade de veículos estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Limites para disponibilidade de veículos compartilhados.

Disponibilidade de veículos	Baixo	Alto
Demografia		
% Moradias de uma pessoa	30%	40% - 50%
Meio de Transporte para o trabalho		
% Dirigem sozinhos	55%	35% - 40%
% Caminham	5%	15% - 20%
Veículos Próprios		
% Moradias sem nenhum veículo	10% - 15%	35% - 40%
% Moradias com 0 ou 1 veículo	60%	70% - 80%
Características do bairro		
Número de moradias por km ²	1200	1200

Holtzclaw et al. [3] encontrou que a densidade demográfica conveio como o melhor indicador para a previsão de viagens em Chicago, Los Angeles and San Francisco e representa a base de clientes potenciais para à noite e fins de semana.

A densidade de emprego, por outro lado, é um indicador de uso durante o dia e em dias da semana. Infere-se que, além da densidade populacional e de emprego, a disponibilidade de transportes também deve ser considerada, definida como a porcentagem de pessoas que utilizam outros meios de transporte que não seja o carro para ir trabalhar.

Baseado em estudo para projeto de sistema de veículos compartilhados para cidade de San Diego, Estados Unidos [4], os limites para serviço baixo e alto para a densidade demográfica, disponibilidade de transporte e densidade de empregos estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Outros Limites para disponibilidade de veículos de veículos compartilhados.

Disponibilidade de veículo	Baixo	Alto
Densidade Populacional Habitantes por km ²	3700	7400
Densidade de Empregos Empregos por km ²	6400	14800
Disponibilidade de Transporte Porcentagem de pessoas que usam outros transportes para trabalhar (comum, a pé, bicicleta, etc.)	30%	60%

5.2 Determinação da disponibilidade de veículos e quantidade de veículos, estações e usuários

A metodologia demonstrada aborda não apenas as regiões mais atrativas como também a disponibilidade de veículos estimada. Assim, Celsor e A. Millard-Ball [2] propõem, pela análise estatística das regiões que tipicamente contam com serviços de veículos compartilhados, um modelo de regressão baseado nas variáveis discutidas anteriormente.

A disponibilidade de veículos é definida pelo número de veículos disponíveis dentro de um círculo de raio 800 metros, ou seja, a máxima distância que se dispõe a caminhar para acessar uma estação.

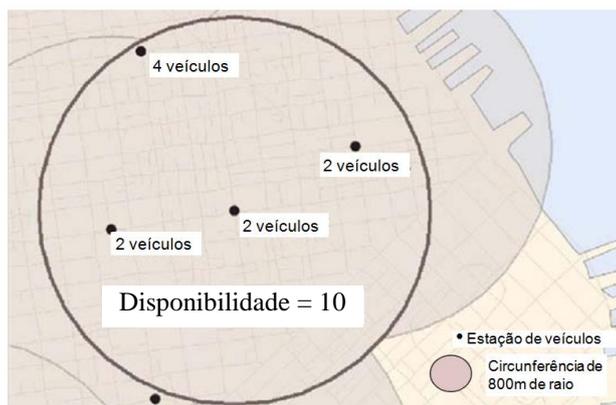


Figura 3. Cálculo da disponibilidade de veículos.

Baseados na correlação entre as variáveis apresentadas, C. Celsor e A. Millard-Ball propõem que o melhor modelo para determinar a disponibilidade de veículos leva em conta a taxa de veículos próprios e a proporção de modo de transporte a pé.

$$\text{Disponibilidade} = 11,305 - 6,564 * (\text{veículos}) + 0,00213(\text{a pé}) \quad (1)$$

Onde, “disponibilidade” é o número de veículos compartilhados por circunferência de 800m de raio, “veículos” é a média de veículos por moradia dentro da circunferência e “a pé” é o número de pessoas que andam para o trabalho dentro da região delimitada pela circunferência.

Utilizando a Equação (1) e os dados Obtidos na Pesquisa Origem-Destino 2007 [5], pode-se determinar os níveis de serviço em cada uma das zonas que apresentaram potencial de mercado.

Entretanto, o número de circunferências (n_{circ}) será estimado pela divisão da área total da região da zona pela área de um círculo de raio 800 m.

Da hipótese de que as características são uniformes, a média do número de veículos em uma circunferência de 800 m é igual ao número de veículos totais na região dividido pelo número de circunferências, n_{circ} .

O número de pessoas que andam a pé em uma circunferência também pode ser calculado da mesma maneira, razão entre total de pessoas que caminham e o número de circunferências na zona (n_{circ}).

Para determinar o total de veículos compartilhados em cada região, n_{comp} , basta multiplicar a disponibilidade de veículos pelo número de circunferências de raio 800 m.

O número de estações, n_{est} , é estimado a partir do número de veículos da região e admitindo que cada estação possui, em média, 2 veículos.

Sistemas de veículos compartilhados possuem uma média de 12,5 usuários por veículos por dia. Assim, multiplicando-se o número de veículos por 12,5 tem-se o total de pessoas que utilizarão os veículos, n_{us} .

5.3 Resultados

As regiões foram determinadas de forma que regiões com alta disponibilidade de veículos apresentaram todos os indicadores acima do limite “alto” de disponibilidade de veículos. Regiões com baixa disponibilidade de veículos foram determinadas se possuíam pelo menos um dos indicadores dentro da faixa “baixo” e nenhum indicador abaixo deste limite. Os resultados podem ser visualizados na Figura 4.

Para o projeto do sistema de compartilhamento de veículos, somente serão consideradas regiões que sejam adjacentes e que, quando não adjacentes, sejam ligadas por algum transporte de trilho (Metrô ou Trem).

Algumas regiões estão resumidas na Tabela 3, onde estão disponíveis as informações de zoneamento e nome da zona, valor da disponibilidade de veículos, quantidade de veículos compartilhados, estações e total de usuários por dia.

Tabela 3 – Disponibilidade de veículos, total de veículos compartilhados, estações e usuários por dia em algumas zonas.

Zona	Nome da Origem Zona	Disponibilidade	Estações	Veículos	Usuários por dia
5	República	110	21	42	525
7	Luz	69	26	53	650
81	Pinheiros	44	22	45	550
164	Tatuapé	32	13	26	325
318	Butantã	25	13	27	325

Considerando as zonas de disponibilidade de veículos “alto” e de disponibilidade de veículos “baixo”, porém excluindo zonas fora da cidade de São Paulo (por exemplo, Osasco) e excluindo também pontos que apresentaram resultados superiores a três desvios padrões da média de todas as zonas, o total de veículos, estações e de usuários por dia que o sistema completo deve possuir são, respectivamente, 1.408, 2.969 e 36.600.

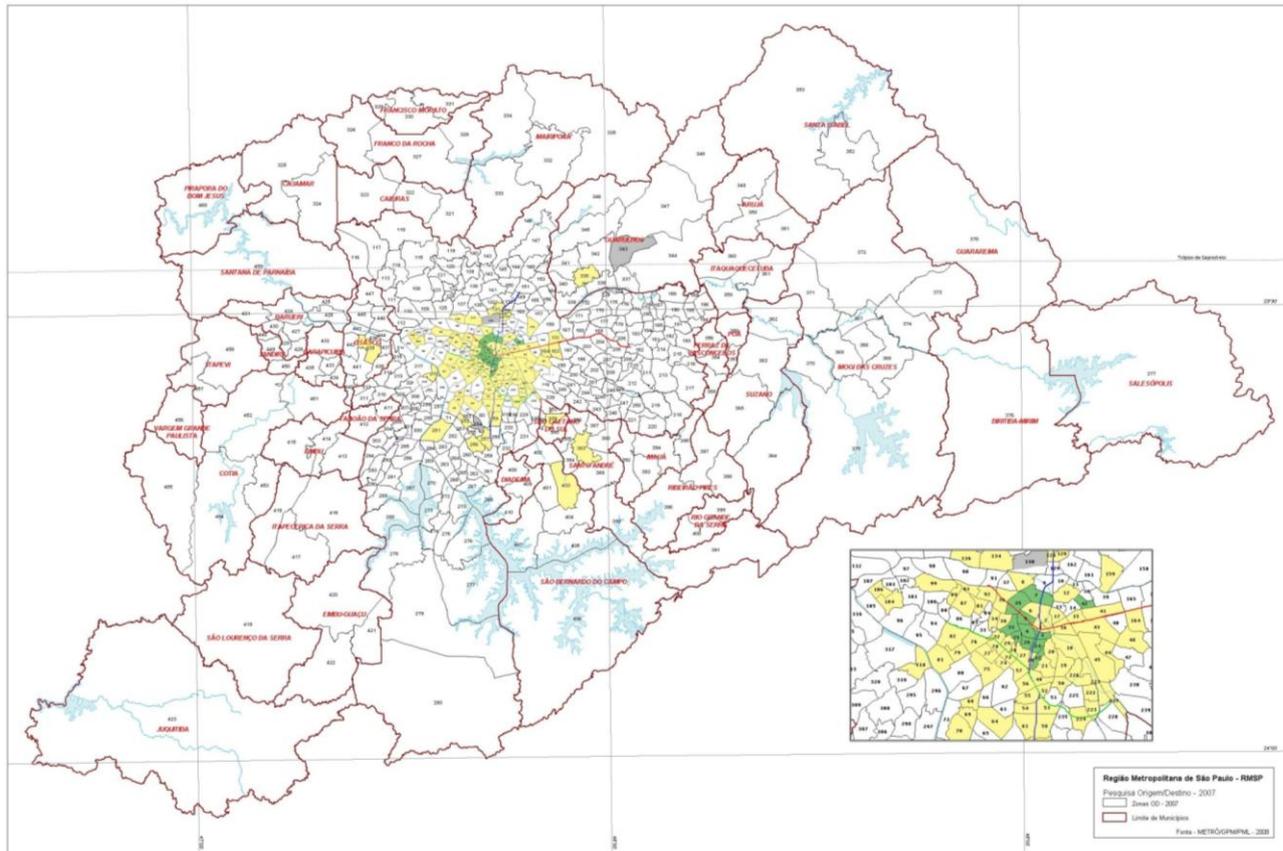


Figura 5. Regiões atrativas para o sistema de veículos compartilhados. Em verde disponibilidade de veículos nível “alto” e em amarelo “baixo”.

6. Seleção do veículo

A escolha do veículo é feita ponderando-se os critérios de investimento, consumo e autonomia, desempenho, segurança, conforto, dimensões.

6.1. Veículos disponíveis

O total de veículos projetados para o funcionamento do sistema é de 2969 veículos. As montadoras nacionais de veículos, Volkswagen, Fiat, General Motors, produziram em 2010, respectivamente, 727 mil, 576 mil e 531 mil veículos – segundo a ANFAVEA. Assim, mesmo em um cenário extremo onde há a reposição anual da frota, a produção de 3 mil veículos é insuficiente para atingir os ganhos de escala para redução dos custos fixos de produção.

Além disso, dada a tecnologia disponível atualmente para veículos automóveis no Brasil, propõe-se a utilização de veículos de combustão interna, excluindo-se veículos elétricos.

Outra consideração importante é sobre a diferenciação dos veículos. Na situação em que não existem diferentes modelos, ou em que os modelos são equivalentes, o usuário haverá sempre o conhecimento prévio do veículo a ser encontrado e do preço a ser pago pelo serviço, não havendo quebra de expectativa.

Por fim, os veículos de passeio produzidos pelas montadoras são de multiuso (uso na cidade, estrada, fora de estrada) e, dado o uso estritamente urbano, todos os veículos superam em muito os limites projetados.

Outro critério de projeto é a capacidade de transportar quatro pessoas de maneira confortável. Veículos tipo picape possuem no máximo três lugares, e não estão de acordo com a especificação da capacidade de pessoas. Devem ser excluídos dos possíveis veículos a serem utilizados pelo sistema.

6.2. Critérios para a escolha

A seleção dos modelos de veículos a serem utilizados será realizada através de uma matriz de decisão. As notas variam de 1 a 5, sendo 1 a pior nota e 5 a melhor nota. Os valores numéricos obtidos das fichas técnicas dos veículos foram normalizados de forma que os piores valores seja mais próximos de 1 e os melhores mais próximos de 5.

- **Desempenho:** considera parâmetros de aceleração, frenagem e retomada de marchas. O peso do grupo é 1, uma vez que todos os veículos respeitam as especificações mínimas de torque e potência projetadas para o uso estritamente urbano.
- **Segurança:** considera a presença de opcionais como freios ABS, controle de tração e estabilidade além da presença de airbags, cinto de 5 pontos para os passageiros e alarme contra roubo. O peso deste grupo na nota final é 1. As notas foram dadas da seguinte forma: 1 se o veículo não possui o item, 3 se é opcional e 5 se é item de série.
- **Conforto:** composto pelos itens opcionais de conforto como ar-condicionado, direção assistida, CD player, vidros e travas elétricas, entre outros. O peso do grupo é 2 na nota final devido ao valor percebido nos veículos que possuem estes opcionais de conforto, porém cada item possui peso diferente conforme a relevância. O parâmetro ruído foi normalizado e os outros parâmetros foram notados 1 se não possui, 3 se é opcional e 5 se é item de série.
- **Investimento:** o investimento correspondente à aquisição e manutenção do veículo é o principal critério para a escolha do veículo. Portanto, o peso deste grupo é 5 na nota final.
- **Consumo e autonomia:** É composto por tipo de combustível, consumo na cidade, consumo na estrada tamanho do tanque e autonomia. O peso do grupo é de 5 na nota final.
- **Dimensões:** veículos menores possuem melhores notas, justificado pelo interesse do uso estritamente urbano do veículo. Além destas, outras informações como tamanho do porta-malas e peso do veículo também foram consideradas. O peso geral deste grupo é 1.

Logo, dos critérios descritos nesta seção calculados com base nas informações técnicas dos veículos, selecionar-se-á os veículos com nota superior a 3,5, resultando em sete modelos de carros diferentes. Os veículos escolhidos são: Chery QQ (nota 3,9), Jac J3 (nota 3,7), Chery Face (nota 3,6), VW Gol (nota 3,6), Fiat Mille (nota 3,6), Renault Clio (3,5) e GM Celta (nota 3,5).

Tabela 4 – Resultados normalizados dos veículos escolhidos.

Montadora	Veículo	Desempenho	Segurança	Conforto	Investimento	Consumo e Autonomia	Dimensões	Nota Final
Chery	QQ	2,4	2,7	4	4,6	3,9	2,5	3,9
Jac	J3	3	2,3	4,1	4,1	3,9	2,6	3,7
Chery	Face	2,5	2,7	4	3,7	3,9	2,8	3,6
VW	Gol	2,2	1,8	2,7	4	4,4	2,5	3,6
Fiat	Mille	1,8	1,5	2,3	4,2	4,4	2,6	3,6
Renault	Clio	2,1	1,5	2,5	4,2	4	2,4	3,5
GM	Celta	2,4	1,7	2,5	3,9	4,2	2,2	3,5

7.Preços e tarifas

O sistema de precificação tem a finalidade de ajustar a oferta e a demanda por veículos nas estações. Dado o fato de que veículos podem ser retirados e devolvidos em qualquer uma das estações, é necessário um mecanismo que ajuste a disponibilidade dos veículos e das vagas de estacionamentos ao longo do dia e tendências viciosas de retirada de veículos em certa estação e de devolução em outra.

Segundo Mitchell, W. J. et al. [1], pode-se ter uma solução para o ajuste de oferta e demanda de veículo tomando vantagem da elasticidade da origem e do destino da viagem, combinado com incentivos no preço. Portanto, o mecanismo que regula a disponibilidade dos veículos e das vagas de estacionamento é o preço pago para a retirada em um local e para a devolução em outro local.

Logo, origens e destinos menos convenientes podem se tornar mais atrativos se incentivados com preços menores de retirada e devolução do veículo, caso haja mais estações ao redor.

Da perspectiva do operador, busca-se minimizar a quantidade de estacionamentos e veículos (estacionamentos e veículos representam maiores custos) de modo a prover níveis de serviço suficientes para atender a demanda.

Da perspectiva do usuário, pretende-se minimizar o custo da viagem. Isto é alcançado retirando o veículo no ponto de retirada mais barato, realizando o trajeto mais rápido e devolvendo no ponto de devolução mais barato.

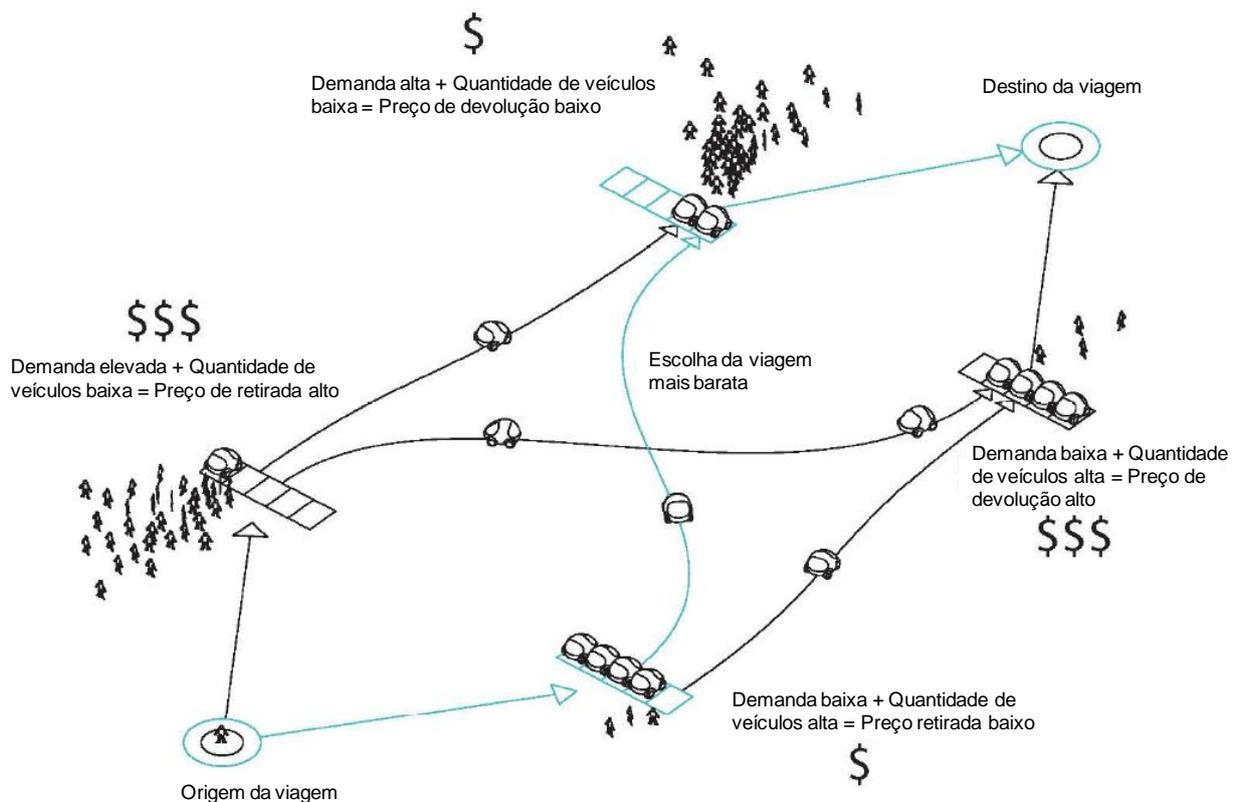


Figura 6 – Precificação dinâmica para ajustar a oferta e a demanda de veículos. Fonte: MITCHELL, W. J. et al. [1].

Embora, o sistema de precificação seja significativo para o funcionamento do sistema de compartilhamento de veículos, o seu detalhamento e dinâmica esta fora do escopo deste trabalho. Limita-se, portanto, à determinação de um custo médio de retirada e outro de devolução, além da tarifa por hora de uso de veículo.

Considerando-se uma viagem a qual não é possível ser realizada a pé ou de bicicleta e ignorando outras formas e transporte como fretados, restam quatro formas de transporte: transporte comum, veículo particular, taxi e veículos compartilhados.

Como exemplo, seja um indivíduo que deseja deslocar-se da região da Vila Madalena em São Paulo para o Aeroporto de Congonhas. Em transporte comum, propõe-se a utilização do metrô mais um ônibus, com duração total de 1h e 8 minutos, de acordo com o Google Maps [8]. Utilizando veículo taxi, o caminho proposto possui 11,6 km de extensão, segundo o Google Maps e dada a informação da CET, em 2008, a velocidade média no pico da tarde é de 14,8 km/h, o que leva a um tempo de viagem de 47 minutos.

Assim, para o trajeto proposto, considerando a tarifa vigente em 2011 para o metrô de R\$ 2,90 e para o ônibus de R\$ 1,50 (realizando integração com o cartão Bilhete Único) o custo total de para transporte comum é de R\$ 4,40.

Para o mesmo trajeto realizado de taxi comum em bandeira 1, o preço total é de R\$ 33,10, considerando R\$ 4,10 de bandeirada e mais R\$2,50 por quilômetro rodado.

Portanto, baseado nos custos de viagem utilizando serviços substitutos, transporte comum e taxi, o custo total da viagem utilizando o serviço de veículos compartilhados deve ser entre R\$ 4,40 e R\$ 33,10.

Logo, seja a disposição a pagar pelo uso do serviço de veículos compartilhados de R\$ 6,00 por meia hora de uso e adotando-se um custo médio de retirada do veículo de R\$ 4,50 e outros R\$ 4,50 de devolução, o mesmo trajeto da Vila Madalena até o Aeroporto de Congonhas custará o usuário R\$ 21,00, representando uma economia de R\$ 12,10 ou 37% sobre o valor do uso de taxi.

Então, os preços adotados para a tarifa do sistema de veículos compartilhados são: (i) R\$ 6,00 para cada 30 minutos de uso, (ii) R\$ 4,50, em média, para a retirada do veículo e (iii) R\$ 4,50, em média, para a devolução.

8. Análise econômico-financeira

Para avaliar a empresa, apresenta-se o Demonstrativo de Resultado de Exercício – DRE – dos cinco primeiros anos de existência da companhia, Figura 7.

Os preços e custos utilizados no modelo da companhia crescem à taxa da inflação (IPCA – Índices de Preços ao Consumidor Amplo) projetada para cada período. As estimativas do IPCA para os anos futuros utilizadas neste trabalho foram obtidas com o banco de investimento Goldman Sachs.

Em relação à frota de veículos, admite-se um crescimento constante até que os 2969 veículos projetados para o sistema sejam atingidos no final do primeiro trimestre do quinto ano de operação. A renovação da frota ocorre a cada quatro anos.

O número total de usuários projetados por dia vem da hipótese de que cada veículo atenda, em média, a 12,5 usuários por dia. Porém, do fato de ser início das operações da companhia e de que o serviço proposto é inovador, adota-se uma taxa de utilização do serviço abaixo do projetado até que a empresa esteja completamente implantada. Assim, inicia-se com uma taxa de utilização de 40% no primeiro trimestre acrescida de 5 pontos percentuais a cada período durante o primeiro ano e um acréscimo de 10 pontos percentuais na virada dos outros anos subsequentes até atingir 90%.

A receita da companhia é proveniente das tarifas e foram admitidos que cada usuário utilize o serviço por uma hora, em média. Outra fonte de receita é a venda dos veículos usados, no modelo considera-se a venda por 60% do preço de um veículo novo no final do terceiro ano de uso.

Os custos utilizados foram preço de estacionamento, preço de limpeza, IPVA, custo de revisão e de seguro. Em relação às despesas, adotou-se 8% da receita líquida para vendas e atendimento, 25% para despesas gerais e administrativas, além de mais 2% para pesquisa e desenvolvimento.

Quanto à depreciação dos ativos da empresa, admite-se a taxa de depreciação de 20%. Os investimentos de manutenção foram admitidos de tal forma que sejam iguais as perdas de depreciação dos ativos. Os investimentos de expansão consideram a necessidade de aquisição de veículos a cada trimestre para o aumento da frota.

As despesas financeiras são obtidas através da hipótese de que 40% da necessidade de investimento seja realizada tomando dívida. Os custos de financiamento são proporcionais a 150% da taxa básica de juros, Selic. As receitas financeiras foram calculadas admitindo que a companhia consiga investir 30% da receita líquida a 100% da taxa de referência de juros, Selic.

Os resultados da análise econômico-financeira encontram-se disponíveis na Figura 7. Os resultados mostram que a companhia passa a ter resultado positivo a partir do quarto ano de operação e, no quinto ano, apresentará lucro líquido de R\$ 2,2 milhões.

Apesar dos resultados positivos, diversas premissas foram adotadas no modelo econômico e financeiro, as mais relevantes são a taxa de penetração do serviço, o número de usuários por dia e o preço do serviço. Procura-se, portanto, abordar a influência destas variáveis no resultado de exercício da empresa que prestará o serviço de veículos compartilhados proposto.

Utilizando o modelo financeiro proposto, um choque de 50% na demanda afetará consideravelmente o desempenho da companhia, pois a alta necessidade de investimento e os elevados custos fixos com os veículos tornam a companhia negativamente exposta a variações na demanda pelo serviço. Desta forma, caso a demanda não seja conforme a projetada a companhia será adversamente afetada e seus resultados operacionais serão extremamente negativos.

O resultado da companhia também é altamente sensível à variação no preço. Uma redução de 10% dos preços resulta em enormes prejuízos à companhia. Desta forma, o preço representa outro risco elevado, dada à alta sensibilidade dos resultados com pequenas variações no preço.

Assim, a conclusão é de que o projeto de veículos compartilhados proposto é viável e que a cidade de São Paulo comporta tal serviço. Em outras palavras, possui quantidade de usuários suficientes para a operação do sistema de car-sharing e a quantidade de estações e também sua distribuição geográfica viabiliza a criação de uma rede de veículos os quais podem ser retirados em um local e devolvidos em outro. Entretanto, vale lembrar a importância das premissas adotadas, pois quantidades de usuários e preços de tarifas diferentes do projetado podem afetar de modo extremamente negativo os resultados da companhia proposta no sistema de car-sharing.



DRE Veículos Compartilhados

R\$ milhões

	2012E	2013E	2014E	2015E	2016E
Receita Bruta					
Uso	12	41	82	136	178
Retirada	5	15	31	51	67
Devolução	5	15	31	51	67
Total Receita de Tarifa	21	72	143	239	312
Receita venda de carro	-	-	-	15	16
Total Receita Bruta	21	72	143	254	329
Impostos sobre Receita	(1)	(3)	(6)	(11)	(14)
Impostos efetivos	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Receita Líquida	21	69	137	243	314
Crescimento		+235%	+99%	+77%	+29%
Taxas de crescimento					
Receita uso		+235%	+99%	+67%	+30%
Receita retirada		+235%	+99%	+67%	+30%
Receita devolução		+235%	+100%	+67%	+31%
Receita total de tarifa		+235%	+99%	+67%	+31%
Receita venda de carro					+9%
Custo aluguel de carros	(10)	(32)	(60)	(95)	(119)
Custo venda de carros	-	-	-	(14)	(15)
Custo dos bens e serviços	(10)	(32)	(60)	(108)	(133)
Lucro bruto	10,1	37,1	77,1	134,7	180,6
Margem bruta	49,4%	54,0%	56,3%	55,4%	57,5%
Despesas operacionais					
Vendas, atendimento	(2)	(6)	(11)	(20)	(26)
% receitas	8,0%	8,0%	8,0%	8,0%	8,0%
Gerais e administrativas	(5)	(18)	(36)	(64)	(82)
% receitas	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%
P&D	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)
% receitas	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Depreciação e amortização	(4)	(9)	(14)	(24)	(30)
Total despesas operacionais	(11,8)	(34,2)	(64,0)	(113,1)	(144,6)
EBIT	(1,7)	2,9	13,0	21,6	36,0
Depreciação e amortização	(4)	(9)	(14)	(24)	(30)
EBITDA	2,6	11,9	27,0	45,8	65,6
margem EBITDA	12,8%	17,4%	19,7%	18,8%	20,9%
Despesas financeiras	(4)	(13)	(23)	(29)	(44)
Receitas financeiras	1	2	5	9	11
Outras receitas não operacionais	-	-	-	-	-
Lucro antes de IR	(5,2)	(7,9)	(5,0)	1,6	3,5
Total Imposto de Renda	-	-	-	(0,5)	(1,0)
Taxa efetiva de IR	30%	30%	30%	30%	30%
Lucro líquido	(5,2)	(7,9)	(5,0)	1,2	2,4
Margem líquida	-25,5%	-11,5%	-3,6%	0,5%	0,8%

Figura 7. Demonstração de resultado do exercício para a companhia do serviço de veículos compartilhados proposto.

9. Conclusões

Os resultados apresentados indicam que a companhia projetada para o sistema de compartilhamento de veículos é economicamente viável, dados os resultados positivos nos anos seguintes a sua implantação apesar do prejuízo acumulado nos primeiros anos de operação.

Vale lembrar que uma análise mais profunda da viabilidade econômico-financeira, incluindo o fluxo de caixa e o balanço da empresa, é necessária no caso da criação real da companhia e, ficam, portanto a cargo de trabalhos subsequentes ou de empreendedor responsável. Além disso, ficou fora do escopo deste trabalho a análise da estrutura ótima de capital da companhia. Uma análise de sensibilidade sobre a necessidade de capital para investimento pode levar a companhia a níveis de endividamento que não suportem o negócio, por exemplo no caso de se financiar 100% das necessidades de investimento.

Os riscos inerentes das premissas de utilização do serviço e da previsão de demanda são elevados. Uma taxa de utilização 50% inferior ao projetado, implica em prejuízos superiores a R\$50 milhões no quinto ano de operação. Há também forte sensibilidade quanto aos preços das tarifas: uma redução em 10% na tarifa implica em prejuízo no quinto ano de R\$17 milhões, ante o lucro de R\$2,2 milhões no cenário base.

É importante ressaltar que os resultados apresentados neste trabalho utilizam a formulação para a determinação das estações e da quantidade de veículos baseada em regressão de dados estatísticos de cidades nos Estados Unidos que possuem o serviço de veículos compartilhados. Portanto, é necessária a hipótese de que esta mesma formulação seja válida para São Paulo, o que não é comprovado.

Assim, dadas as ressalvas, conclui-se que a cidade de São Paulo é viável para a implantação do sistema de compartilhamento de veículos.

10. Referências

1. Mitchell, W. J., Borroni-bird, C. E., Burns, L. D., 2010, “Reinventing the automobile: Personal urban mobility for the 21st century”, Cambridge, MA: The Massachusetts Institute of Technology Press.
2. Celsor, C. e Millard-Balls, A., 2007, “Where does car-sharing work? Using GIS to assess market potential”, Annual Meeting of the Transport Research Board.
3. Holtzclaw, J., Clear, R., Dittmar, H., Goldstein, D., e Haas, P., “Location Efficiency: Neighborhood and Socio-Economic Characteristics Determine Auto Ownership and Use – Studies in Chicago, Los Angeles and San Francisco”, 2002, Transportation Planning and Technology.
4. IBI Group, 2009, “On-Street Parking Carshare Demonstration Project”, San Diego Association of Governments, San Diego.
5. Companhia do Metropolitano de São Paulo, Metrô- SP, “Pesquisa Origem Destino/OD”, 2007. Disponível em <http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/>.
6. Thomas D. Gillespie, “Fundamentals of Vehicle Dynamics”, SAE.
7. ROBERT BOSCH GmbH. BOSCH AUTOMOTIVE HANDBOOK. 7. ed. 2010
8. Google Inc., “Google Maps”. Disponível em <http://maps.google.com.br/>. Acesso em outubro de 2011.

CAR-SHARING SYSTEM FOR THE CITY OF SÃO PAULO

Marcelo Alencar Preto

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
alencar.preto@gmail.com

Abstract. The project discusses the design of a car-sharing system in the city of São Paulo, Brazil. It has the objective to determine the more relevant places for the stations, to quantify and to give the characteristics of the service and to select the vehicle to be used in the system. The methodology used to determine the places for stations and the demand for the service is based on statistical analysis of the location of existing stations and the number of vehicles in cities where car-sharing has succeed. The selection of the vehicles is made through a decision matrix which includes criteria such as performance, security, comfort, fuel consumption and autonomy, investment, and dimensions. The results show that the central zones are the most adequate for installing the car sharing stations. This is explained by the fact that most of the variables used to determine rather a region is convenient or not for car-sharing – such as number of inhabitants per area, the percentage of households with zero or one owned vehicle and the mean of transport - are favorable in those areas. Finally, it is also presented an economic and financial analysis regarding the company responsible for installing and operating the car-sharing system designed.

Keywords. Car sharing, Transport, Mobility, Project, Vehicle