

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

LÍVIA MARIA NICOMEDES CONCEIÇÃO

**ANÁLISE LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE ALUNOS DA REDE PÚBLICA NO
MUNICÍPIO DE SÃO MANUEL-SP**

Botucatu-SP
Dezembro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

LÍVIA MARIA NICOMEDES CONCEIÇÃO

**ANÁLISE LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE ALUNOS DA REDE PÚBLICA NO
MUNICÍPIO DE SÃO MANUEL-SP**

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antônio Sleiman

Trabalho de Conclusão do Curso Superior de
Tecnologia em Logística, da Faculdade de
Tecnologia de Botucatu.

Botucatu-SP
Dezembro – 2011

Aos meus pais e irmãs, pelo incentivo, apoio, compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só pode ser concluído porque contei com o apoio e compreensão das pessoas a mim tão queridas e que me cercam. Família, amigos, colegas, professores, não somente os que estão aqui, na FATEC, mas todos que passaram por minha vida e me deixaram algo de importante para ser lembrado.

Agradeço ao meu orientador professor Eduardo Antônio Sleiman por aceitar o convite para orientar este trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o transporte dos alunos da rede pública no município de São Manuel e, com base nos dados coletados, mapear a cidade e gerar uma representação gráfica para as rotas realizadas pela Prefeitura. Um estudo de qualidade para as crianças em idade escolar depende de fatores familiares e estruturais da escola. A distância não pode ser o motivo para que crianças em idade escolar deixem de frequentar uma instituição de ensino, nesse momento em que o Governo proporciona a todos o direito de estudar em escolas públicas. O convênio estabelecido entre Estado e município tem o objetivo de repassar dinheiro federal e estadual para que sejam providenciados veículos, motoristas, monitores, enfim, tudo o que for necessário para a locomoção dos alunos que não possuem uma Unidade Escolar nas proximidades de sua residência. O método utilizado foi o dedutivo, com coleta dos dados relativos ao transporte realizado pela Prefeitura Municipal de São Manuel por meio de entrevistas, e os dados foram analisados e tratados com o uso de técnicas de pesquisa operacional. Conclui-se que a elaboração dos mapas facilita a visualização do contexto, pois é possível verificar pontos de conflito e analisar-se facilmente novas opções de trajeto. Foram realizados também cálculos dos tempos de viagem para criar um parâmetro razoável de quanto tempo o aluno fica dentro do veículo até a escola, e comparar os valores.

PALAVRAS-CHAVE: Alunos. Município. Mapeamento. Transporte.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 - Faixa obrigatória	16
Figura 2 - Tacógrafos digital e analógico	17
Figura 3 - Roteirização	20
Figura 4 - Abordagem clássica de problemas de Pesquisa Operacional	21
Figura 5 - Abordagem atual de problemas de Pesquisa Operacional	22
Figura 6 - Mapa da cidade	31
Figura 7 - Mapa da cidade com as rotas	32
Figura 8 - Legenda do mapa da Figura 7	33
Figura 9 - Gráfico dos tempos de viagem (1º estágio)	37
Figura 10 - Gráfico dos tempos de viagem (2º estágio)	37

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1 - Valor investido no PNATE (anual)	19
Tabela 2 - Tipos de veículos e suas capacidades	26
Tabela 3 - Rotas pré-definidas	28
Tabela 4 - Rotas pré-definidas com as distâncias	34
Tabela 5 - Tempo de viagem no modelo atual	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo	9
1.2 Justificativa e relevância do tema	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Logística	10
<i>2.1.1 Logística dos transportes</i>	11
2.2 Transporte público urbano	13
2.3 Transporte escolar	14
<i>2.3.1 Tipos de veículo</i>	17
<i>2.3.2 Recursos destinados ao transporte escolar</i>	18
2.4 Roteirização	19
<i>2.4.1 Pesquisa Operacional</i>	21
3.1 Material	23
3.2 Métodos	23
3.3 Estudo de caso	24
<i>3.3.1 Características do Município de São Manuel</i>	24
<u>3.3.1.1 Histórico</u>	24
<u>3.3.1.2 População</u>	24
<u>3.3.1.3 Aspectos físicos e localização</u>	25
<i>3.3.2 Setor da Educação do Município de São Manuel</i>	25
<i>3.3.3 Setor de Transporte do Município de São Manuel</i>	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Definição do mapa do município	30
4.2 Localização das fazendas	32
4.3 Análise do modelo	35
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43
ANEXO I	45

1 INTRODUÇÃO

O ensino fundamental e o ensino médio são obrigatórios para todas as crianças e adolescentes, como está previsto na Constituição Federal de 1988 e ratificado pelo Estatuto da Criança e do Adolescente. Uma escola de qualidade, com professores capacitados, material escolar disponível para todos os alunos, merenda escolar e o apoio dos pais são fundamentais para que o aluno desenvolva suas atividades escolares. Ocorre que, para algumas crianças, chegar à escola é a parte mais difícil de toda a sua jornada escolar, pois reside longe da escola.

O governo do Estado de São Paulo realiza um convenio com as Prefeituras Municipais, onde repassa uma verba anual à prefeitura, e esta se responsabiliza por oferecer o veículo e cuidar de todo o sistema de transporte dos alunos.

Para que o Governo do Estado possa repassar esta verba a cada município, é preciso saber a quantidade de alunos, suas residências, a escola onde estudam e o período. Estas informações são importantes para que todos os alunos sejam atendidos com qualidade e pontualidade, e assim colaborar com seu desenvolvimento.

O veículo mais comumente utilizado é o ônibus. Mas, de acordo com o número de alunos transportados por determinada rota, o veículo pode ser também uma van ou perua.

A logística insere-se nesta realidade no momento em que visualiza-se a determinação das rotas que cada veículo deve tomar para atender a todos os alunos que precisam deste atendimento. Sua função é otimizar o transporte, reduzir custos e tempos, proporcionar a melhor condição e o veículo mais adequado para isto, pois pessoas são transportadas, e estas possuem características individuais muito relevantes, como idade, necessidades especiais - deficientes físicos ou mentais - , além do que muitos pais procuram incentivar seus filhos a comparecer à escola, para desfrutarem de algo que eles, os pais, não tiveram em seu tempo,

pois não havia o incentivo e a disponibilidade que o Governo hoje implantou para a socialização da Educação.

1.1 Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo analisar o transporte de alunos da rede pública no Município de São Manuel-SP e mapear a cidade, gerando uma representação gráfica para as rotas realizadas pela Prefeitura.

1.2 Justificativa e relevância do tema

Devido às grandes distâncias entre a casa e o local de estudo, faz-se vital a criação de meios de transporte que façam a locomoção do aluno até o destino final, e no fim das aulas seu retorno a casa. Muitos alunos moram em fazendas, e as distâncias entre elas são grandes ou de difícil acesso. O governo proporciona a condução dos alunos até à escola, uma frota é reservada para este fim e motoristas designados para dirigir cada um destes veículos.

Para um atendimento total daqueles que necessitam dele, há que se desenvolver um sistema de transporte diferenciado, pois o terreno, a localização das casas, o número de alunos, as idades deles e o horário de entrada na aula têm que ser atendidos da melhor forma, com segurança e qualidade.

Com este trabalho, pretende-se, com base nos dados coletados, criar um mapa de toda a movimentação dos veículos, pois a representação gráfica pode auxiliar a coordenação da Prefeitura no planejamento dos roteiros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Logística

No mundo globalizado de hoje, muitos foram os ramos da Administração que surgiram para auxiliar os empresários em geral na busca pela eficiência e excelência, no ganho de competitividade e de lucros cada vez mais altos.

Um dos ramos que mais tem ganhado destaque, mas que ao mesmo tempo não tem a devida importância em empresas de menor porte é o da Logística. Muitos autores acadêmicos definem a área de logística como essencial na empresa (BALLOU, 2011). A logística empresarial, conduzida pelo nível estratégico da empresa, busca otimizar o fluxo de produtos dentro da empresa, e posteriormente fora dela, no momento em que distribuirá para seus clientes o produto final. Esta trajetória envolve planejar, organizar e controlar efetivamente esta movimentação, sua armazenagem e transporte. É evidente que, desde os primórdios da existência humana, na formação das comunidades nômades e posteriormente das comunidades com vida sedentária, a logística esteve presente, mas não possuía denominação. Planejamento de como seria feita a caçada em busca do alimento, o trajeto a ser seguido para alcançar um território melhor, quanto seria destinado para cada família: tudo isso já é logística.

Mais à frente na linha do tempo, temos a formação das cidades e o comércio entre elas. Quanto produzir? Quanto será gasto? Quantas pessoas são necessárias para essa produção? Para onde e como enviar o produto feito? A sobrevivência ainda era o foco principal da logística nesse período.

As guerras entre nações deram espaço para o desenvolvimento da logística estratégica. As grandes marchas na busca por ampliar o território, como de Roma no século IV e III a.C., foram bem sucedidas em grande parte pela estratégia criada pelos generais no sentido de conquistar o território, onde o critério de escolha inicial era sempre para onde houvesse melhores condições de comércio e portos marítimos. Organizaram seus territórios conquistados de tal forma que nenhum tivesse a ideia de unir-se com outros para atacar Roma, criaram redes de estradas para o rápido deslocamento das tropas e transporte de produtos para suas províncias (ARRUDA, 1998).

A logística é uma área tão abrangente que pode ser utilizada tanto no setor de produtos como no de serviços, já que não está amarrada somente a bens físicos, mas também na gestão. Para Taboada (2006, citado por MUKAI et al., 2007, p. 3) a logística é “O processo de coordenar o fluxo, material e de informações, do ponto fornecedor ao ponto de consumo, de forma eficiente e efetiva, em correspondência às necessidades dos clientes”. Estes clientes são o ponto principal de qualquer empreendimento, pois sem eles nada faria sentido.

Já Ballou (2011, p. 24) define, quase que igualmente, mas chamando de logística empresarial “[...] todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação [...] com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável”.

Evidencia-se, portanto, que a função da logística é a coordenação dos fluxos de trabalho, seja dentro de uma empresa, numa entidade filantrópica ou na residência de cada pessoa.

2.1.1 Logística dos transportes

Para Cardoso (2004, p. 1), “Relativamente aos transportes, à escolha dos modais (rodoviário, marítimo, ferroviário e aeroviário) dependerá das características da mercadoria, do tempo exigido e, principalmente dos custos”. Além destas, outras características como terreno, infraestrutura e distâncias também influenciam na escolha do modal. Quando existem várias opções de modal e caminhos para se chegar a um mesmo local, os itens citados por Cardoso são os mais relevantes. Para cargas, o transporte, independentemente do modal, podem ser acondicionados de forma unitizada, a granel, em lotes econômicos, etc., adequando-se ao veículo quando não existem muitos tipos de restrição, como no caso de

alimentos ou produtos perigosos. Importa que o produto seja entregue ao destino no tempo combinado, e com o mínimo de perda possível, adequando também ao menor custo.

A opinião de Castells (1977, p. 201, citado por VASCONCELLOS, 2001, p. 27) é que “As condições históricas para a existência e funcionamento dos meios de transporte são uma função da lógica do trânsito [...]”, sugerindo que a palavra trânsito corresponde à circulação, ao fluxo.

Na procura pela definição da palavra trânsito, o Código de Trânsito Brasileiro (1997, p. 8): dita que “Considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga”. Ou seja, o fluxo de pessoas, veículos como carros, caminhões, motos, bicicletas e carroças, por exemplo, em vias públicas, em movimento ou em repouso temporário é o trânsito. No linguajar comum, considera-se trânsito somente o movimento de veículos nas vias, porém, à vista do texto legal, verifica-se que os pedestres também fazem parte do trânsito.

Sendo parte da logística agir de forma eficiente e efetiva, fica claro que as condições do veículo, do motorista, e até mesmo da via pública por onde passará também são integrantes desse setor. Vasconcellos (2001) divide estas condições em dois sistemas: a estrutura de circulação, que define como sendo as vias, calçadas e terminais, e os meios de circulação, que são as pessoas e os veículos, independente de serem motorizados ou não. A responsabilidade pela organização da oferta, operação e uso destes sistemas, de acordo com Vasconcellos, é do Estado, agentes privados, grupos, classes sociais e indivíduos de forma cooperativa ou conflituosa, para atender a uma demanda exigente.

Verifica-se com frequência que, quanto maior é o crescimento do território urbano nas cidades, maior é a distância que o pedestre precisa percorrer. Muitas vezes por residir em local afastado do centro da cidade, outras vezes porque o destino seja em lado oposto ao da residência. Faz-se necessário o uso de meios de transporte que facilitem a locomoção, como carros, motos, bicicletas, ou o transporte público urbano. Este último é o mais utilizado nas cidades, pois transporta várias pessoas ao mesmo tempo, de maneira segura e acessível a todos os níveis sociais.

Inicialmente, o transporte era realizado no intuito de levar produtos de um ponto a outro, em épocas onde não existiam estradas bem definidas, mas a necessidade de produto era evidente. A base de troca era a barganha, e quando um produto específico não era encontrado nos arredores, era preciso sair dos locais conhecidos e buscar territórios distantes.

Mayerle (2008) explica que existem várias modalidades de transporte de passageiros, e que a cada uma delas possui características operacionais que diferem uma das outras. Estas características estão relacionadas com o público que será atendido, o veículo utilizado (que muitas vezes é o ônibus), a quantidade de viagens que este veículo realiza por dia e a distância a ser percorrida.

Assim, percebe-se que as características do público, seu nível de desenvolvimento econômico e social é que definem o modo de transporte e a regularidade com que este será utilizado. Ferraz e Torres (2001, p. 1) salientam que “[...] a mobilidade é, sem dúvida, o elemento balizador do desenvolvimento urbano”, pois quanto maior é a possibilidade de deslocamento humano, maior será este deslocamento, pois a natureza humana a impele sempre para o novo e desconhecido, ampliar seus horizontes e descobrir territórios. Se é cada vez mais fácil deslocar-se, não há motivo para não fazê-lo.

2.2 Transporte público urbano

A necessidade do ser humano de percorrer grandes distâncias gerou a necessidade de criar e posteriormente aperfeiçoar os meios de transporte coletivo. Inicialmente movidos por tração animal, os transportes coletivos foram cada vez sendo mais utilizados. O número de passageiros a ser transportado aumentou, surgindo então veículos para transportá-los, como bondes, carros, trens, ônibus. “Os meios de transporte coletivo são, portanto, ao mesmo tempo, efeito e causa do crescimento das cidades.” (GADRET, 1969, p. 94), pois o aumento dos bairros em direção à periferia aumenta a necessidade do transporte, e a presença do transporte proporciona a expansão da cidade, como citam Ferraz, Fortes e Simões (1999). Morando na periferia, a população precisa deslocar-se até o centro da cidade pra trabalhar, estudar, fazer compras, ir ao banco, etc. Em relação à população rural, a vida nas cidades proporciona mais oportunidades de crescimento econômico e até mesmo social, pois as famílias moram muito próximas umas das outras.

É claro que o crescimento desordenado da cidade cria situações difíceis de controlar e, com o aumento da população, é cada vez mais caro viver nos grandes centros. Este crescimento pode ser corretamente dimensionado e controlado com a implantação do plano diretor nas cidades, e dentro dele também se faz fundamental o planejamento do sistema viário, como esclarecem Ferraz, Fortes e Simões (1999, p. 12): “O planejamento do sistema

viário de uma cidade deve ser parte presente do plano diretor de desenvolvimento urbano, uma vez que transporte e ocupação e uso do solo são atividades intimamente relacionadas.”.

Na Constituição Federal (BRASIL, 1988), existe um artigo determinando que a competência de legislar sobre trânsito e transporte é da União. Em seu artigo 30º, determina que “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, inclusive o de transporte coletivo [...]” é dos municípios.

Portanto, a responsabilidade sobre o transporte é dos municípios, que são unidades administrativas da união, e que realmente decidem sobre o uso do território.

O uso do transporte público tem muitas vantagens para as cidades se for bem organizado e se forem respeitadas todas as leis acerca dele. Algumas das vantagens, citadas por Ferraz e Torres (2001) são a ocupação e uso mais racional do solo urbano, redução do uso do automóvel, e conseqüentemente a redução da poluição ambiental, congestionamentos, acidentes, investimentos em obras caras de infraestrutura, condução segura e econômica e alternativa para quem não sabe dirigir.

Valente, Passaglia e Novaes (2001) dizem que é preciso definir, de acordo com o número de habitantes da cidade, se esta terá um conselho de Trânsito e Transporte (cidades de pequeno porte), uma Coordenadoria de Transporte e Trânsito (cidades de médio porte) ou uma Secretaria de Trânsito (cidades de grande porte), para que órgãos públicos, representantes do governo municipal tenham uma visão clara da cidade, e busquem sempre melhorias para o fluxo constante e cada vez mais crescente de pedestres e veículos.

2.3 Transporte escolar

É imprescindível o direito das crianças e adolescentes o acesso à escola pública de qualidade. O estudo dentro e fora da sala de aula, com o empenho do mesmo para aprender e tornar-se um cidadão respeitável e conhecedor das leis, tudo isso realiza-se com apoio familiar e dos órgãos públicos, estes últimos no sentido de organizarem a escola e materiais para que cada aluno seja acolhido.

A Constituição Federal define em seu artigo 205 que:

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 2002, p 128)

Ou seja, não só é garantido o acesso à escola, mas principalmente recursos para o desenvolvimento da pessoa em todos os sentidos. Para que esta condição seja atendida, é também definido pela Constituição que Estado deverá garantir “[...] atendimento ao educando, no ensino fundamental, através de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde (BRASIL, 2002, p. 129)”.

Em 1990, quando foi instituído o Estatuto da Criança e do Adolescente, o artigo 54 cita novamente o artigo 205 da Constituição Federal.

São variados os tipos de transporte de passageiros, e esta variedade deve-se ao fato de que existem nichos de público diferenciados. Há o transporte público de passageiros, o de pessoas com necessidades especiais, o particular que atende a domicílio, o escolar.

Sobre o transporte rodoviário escolar, Mayerle (2008) diz que:

[...] essa modalidade é específica para o transporte de estudantes, da casa para a escola, e vice versa [...]. Sendo flexível em relação ao roteiro, o plano de operação deve garantir que cada passageiro seja transportado de sua casa para a escola satisfazendo as janelas de tempo previamente acordadas entre as empresas transportadoras e os usuários. (MAYERLE, 2008, p. 44)

Os alunos que utilizam o transporte escolar o fazem porque a escola fica distante de sua casa, ou existem obstáculos, como pontes, terrenos arenosos, de difícil acesso, ou muito perigosos. Nas pequenas cidades, com população predominantemente rural, as dificuldades e distâncias são ainda maiores. Elevam-se ainda mais devido geralmente às condições econômicas da família, que não pode levar o aluno até a escola, pois os pais vão trabalhar e os horários de entrada e saída não são os mesmos. O Poder Público, exercendo seu dever, proporcionando o transporte, o faz, e em alguns casos e cidades, precariamente, apesar do repasse de verba do Governo Federal.

Mas em muitos casos também este transporte é feito com muita responsabilidade e respeito. A presença de monitores nos veículos é de grande importância, pois permite que o motorista concentre-se no trajeto e os alunos tenham um responsável por eles. O próprio trajeto do ônibus, que para os alunos do período da manhã começa muito cedo, geralmente às 4 horas da manhã, é desgastante, devido às grandes distâncias e muitas paradas, para somente chegar à escola entre seis e meia, 7 da manhã. Faz-se necessário encontrar a melhor rota para estes deslocamentos, adequando-se horários e itinerários às residências dos alunos. Na Cartilha do Transporte Escolar (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS ANÍSIO TEIXEIRA, 2005), convencionou-se que os pontos de parada de ônibus não podem estar distantes mais do que 3 km da residência do aluno, e que para os estudantes de até 8 anos o percurso deve ser de, no máximo 30 minutos; para os demais, 60 minutos. Esta

distância, na maioria das vezes, não é atingida, pois o objetivo do transporte especial destes alunos é justamente diminuir trajeto que ele deve realizar caminhando, evitar a fadiga e o desgaste, para que chegue à escola em plenas condições para se concentrar nas aulas e participar de todas as atividades propostas.

De acordo com o trecho a ser percorrido e o número de alunos que serão transportados é escolhido o melhor veículo disponível, que atenda às duas necessidades citadas. Na maioria das vezes, o veículo escolhido é o ônibus, porque transporta maior quantidade de alunos e consegue atravessar praticamente qualquer tipo de terreno. Uma das desvantagens é o desconforto gerado, pois os bancos são muitas vezes largos, e se o aluno é muito pequeno, acaba por ficar “solto” no assento, e precisa se apoiar em um colega. Micro-ônibus é uma alternativa melhor quanto ao conforto, porém conduz menos passageiros.

Outros veículos utilizados são as vans, Kombi ou barcos (em locais onde o acesso é feito por rios). Em municípios com condições muito precárias de estradas, pode-se adaptar outros tipos de veículo, como caminhonetes, porém estas devem também seguir as normas de adequação, que incluem a colocação de assentos adaptados, cinto de segurança, cobertura para proteção contra os raios solares.

O Código Brasileiro de Trânsito especifica em que condições podem ser transportados os passageiros, e quais documentos e equipamentos devem estar presentes no veículo para que esteja em ordem. Estes itens são fundamentais para que a condução dos alunos dentro dos veículos seja realizada de maneira segura e eficiente, tanto para os passageiros quanto para o motorista.

Seguindo as normas estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (1997), os itens obrigatórios do veículo são:

- Deve ser registrado como “Veículo de transporte de passageiros” e possuir a autorização especial emitida pelo DETRAN e CIRETRAN
- Ser inspecionado a cada semestre no Departamento de Trânsito da cidade
- Ter pintada nas laterais uma faixa na cor amarela e a inscrição “Escolar” em tinta preta;

Figura 1 - Faixa obrigatória



- Possuir um equipamento que registre a velocidade (tacógrafo), seguro e cinto de segurança para todos os passageiros.

Figura 2 - Tacógrafos digital e analógico



FONTE: Diagra, 2011

- Um assento para cada passageiro.
 - No caso das embarcações, existem também normas que regulamentam seu uso.
- Para o motorista, a lei (BRASIL, 1997) determina que ele deve:
- Ter carteira de habilitação categoria D;
 - Ter mais de 21 anos;
 - Não ter cometido nenhuma infração grave ou gravíssima, ou ser reincidente em infração média durante os 12 últimos meses;
 - Ser submetido e aprovado em exame psicotécnico especial para transporte de alunos;
 - Realizar curso de Formação de Condutor de Transporte Escolar;
 - Possuir matrícula específica no DETRAN

Quanto ao aluno, este também deve seguir algumas normas de segurança em relação a si mesmo e aos colegas, como manter-se sentado durante o trajeto e utilizar o cinto de segurança, não falar com o motorista, seguir as determinações do monitor e comunicar aos pais ou diretores da escola caso ocorram situações estranhas durante a viagem.

2.3.1 Tipos de veículo

Os veículos, seguindo a definição dada pelo Código de Trânsito Brasileiro (2006, p. 103-105), são classificados de acordo com a lotação, ou seja, a quantidade de passageiros que podem ser transportados de uma vez, sentados. São eles:

- Micro-ônibus: veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até 20 passageiros.
- Ônibus: veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para mais de vinte passageiros, ainda que, em virtude de adaptações com vista à maior comodidade destes, transporte número menor de passageiros.

Verifica-se que é necessária a escolha por parte do administrador do transporte, do veículo que atenda às necessidades da rota e dos passageiros.

2.3.2 Recursos destinados ao transporte escolar

A parcela de recurso federal e estadual destinada aos municípios para o atendimento de seus estudantes no transporte de sua residência até o local de estudo é repassada de acordo com a necessidade do respectivo município. São dois os principais programas de repasse dessa verba: o Caminho da Escola e o Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar (PNATE), ambos do Ministério da Educação.

O programa Caminho da Escola, que foi instituído em 2007 pela Resolução nº 3 do Ministério da Educação foi criado para ampliar o acesso dos alunos residentes na zona rural à unidade de ensino. Neste programa, os municípios podem financiar a compra de ônibus, micro-ônibus e mini ônibus zero quilometro e embarcações fluviais novas pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

O número de veículos a ser financiado depende do número de alunos moradores da zona rural matriculados na rede estadual e municipal do referido município. A participação no Programa exige prévia adesão do município, e aqueles que forem contemplados precisam encaminhar um projeto ao Ministério da Educação no prazo de 90 dias da concessão do benefício.

O objetivo do PNATE é “[...] oferecer transporte escolar aos alunos da educação básica pública, residentes em área rural, por meio de assistência financeira, em caráter suplementar, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios [...]” (BRASIL, 2004). A transferência de recurso é feita diretamente para os governos municipais para custear as

despesas com manutenção dos veículos e contratação de serviço terceirizado para o transporte. Este recurso é enviado às prefeituras em nove parcelas anuais.

Desde a implantação do programa, o valor investido vem aumentando, assim como o número de alunos atendidos, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 - Valor investido no PNATE (anual)

Ano	Recursos (em R\$)	Alunos atendidos	Investimento por aluno (em R\$)
2004	241 milhões	3,2 milhões	75,31
2005	246,9 milhões	3,2 milhões	77,16
2006	275,9 milhões	3,5 milhões	78,83
2007	292 milhões	3,4 milhões	85,88
2008	301,2 milhões	3,4 milhões	88,59
2009	418,5 milhões	4,7 milhões	89,04
2010	596,4 milhões	4,9 milhões	121,71
2011	644 milhões	Sem dados	Sem dados

FONTE: FNDE, 2011

Verifica-se que o valor investido, por aluno, teve um aumento de 78,75 %, pois em 2004, o valor era de R\$ 75,31 por aluno, e em 2010 esse valor foi de R\$ 121,71, aproximadamente, mesmo com o aumento do número de alunos matriculados e atendidos pelo transporte escolar. Este é um dado positivo, indicando a preocupação do Governo em proporcionar a melhor condição de serviço. É claro que o investimento nessa área aumentou proporcionalmente, pois ele acompanha os dados de matrículas.

2.4 Roteirização

Para atender a todos que precisam do transporte de maneira eficiente, é preciso definir o trajeto que cada veículo terá que percorrer no menor tempo possível. Se é necessário que o mesmo veículo percorra várias rotas, se cada veículo fará uma rota, quantos serão precisos; tudo isso pode ser definido por meio da roteirização.

Oliveira (2009) cita que roteirização ou roteamento são equivalentes, e “este termo costuma ser empregado como seu equivalente em inglês, *routing*, significando o processo de

construção de roteiros e a sequência de paradas a serem cumpridas por veículos de uma frota”, em que devem ser levados em conta também os aspectos geográficos, horários e pontos de atendimento.

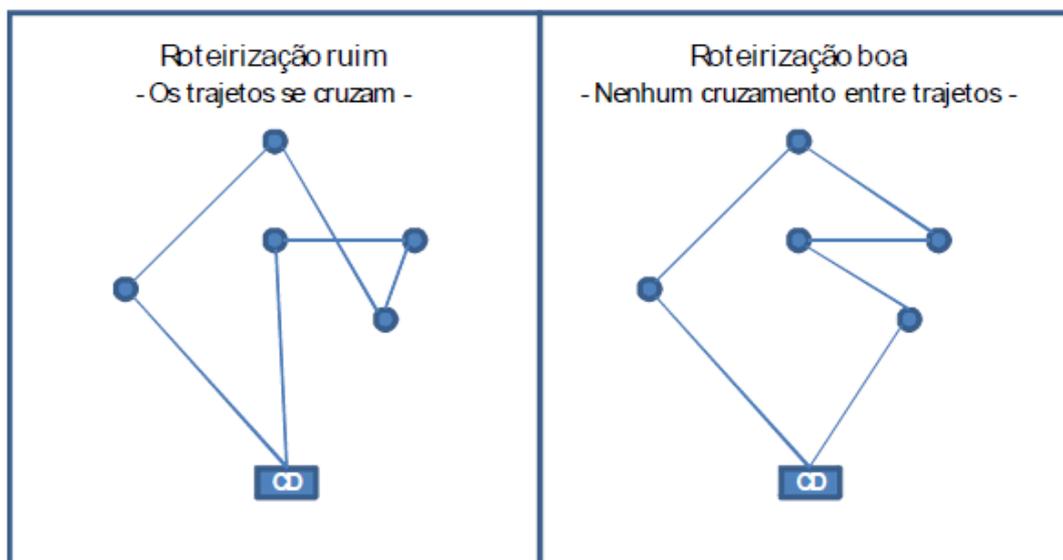
Existem muitos métodos e até mesmo programas computacionais específicos para a resolução deste problema, e são empregados em todas as empresas, de uma maneira ou de outra. A rota é definida para atender toda a demanda, e pode levar em consideração a menor distância ou o menor tempo de viagem, ou também aquela que consome menos combustível e pessoal.

Uma simulação de roteirização com dados matemáticos pode ser, em vista dos resultados obtidos, muito satisfatória, mas ao implementá-la na realidade pode sofrer mudanças que atendam à real situação e particularidades do sistema, pois os resultados matemáticos servem como base para melhorias.

Convenciona-se definir como problema de roteamento de veículos clássico aquele onde existe um depósito central de onde partem rotas de coleta/entrega para outros pontos distintos de demanda, e objetiva-se minimizar a distância total a ser percorrida pela frota. Mas, para a resolução do problema, é preciso levar em conta as restrições inerentes ao veículo (capacidade, quantidade) e inerentes ao tempo de trabalho (STEINER et al., 2000).

Para Ballou (2001), a determinação de roteiros visa melhorar a circulação, utilizando todo o potencial humano para a resolução de seus problemas de locomoção. Um formato de rota considerado “ótimo” é aquele onde as linhas não se cruzam, tomando um formato de “copa de árvore”.

Figura 3 - Roteirização



FONTE: PUC, 2011

2.4.1 Pesquisa Operacional

Durante a Primeira Guerra Mundial, em 1914, uma nova expressão começou a ser utilizada quando pesquisadores buscavam métodos e soluções para alguns problemas de operações militares. O nome dado a essa expressão foi “Pesquisa Operacional”. Seu objetivo é determinar, com a ajuda de equipes multidisciplinares, a melhor utilização e alocação dos recursos limitados e otimizar as operações da empresa. (ANDRADE, 2009)

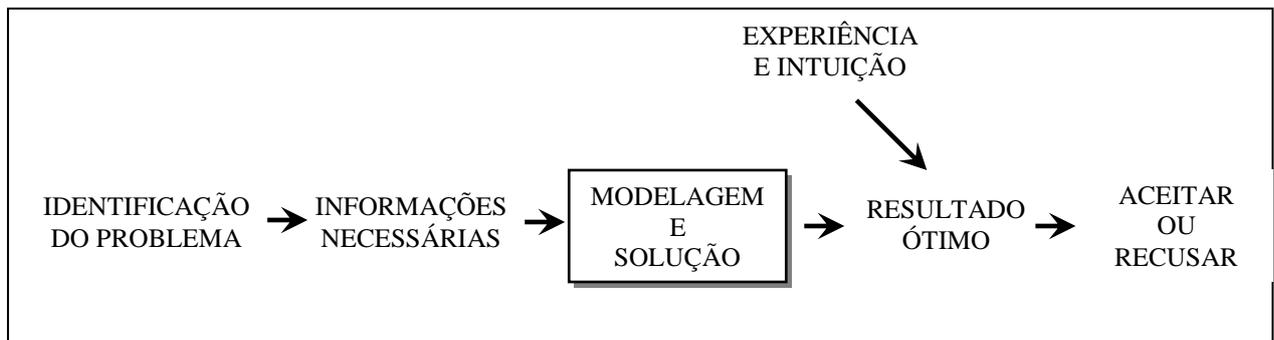
A utilização da Pesquisa Operacional na tomada de decisões é melhor visualizada quando utiliza-se de modelos. Assim como um engenheiro, no processo de criação e edificação de uma construção, projeta inicialmente a planta e em seguida uma maquete, na Pesquisa Operacional também é criada uma ilustração do problema em questão e dos possíveis resultados, para que, com a visualização das opções apresentadas, possa ser escolhida aquela que atenda às necessidades da questão. Com o modelo em mãos, é facilitada a experimentação das alternativas, é possível realizar testes e provar os resultados.

Os métodos de Pesquisa Operacional são divididos por alguns gerentes de grandes empresas em dois enfoques: o clássico e o atual.

No enfoque clássico, ou tradicional, o objetivo é encontrar a solução ótima, mais voltada para a técnica de solução. Porém, muitos administradores não a utilizam por entenderem que este sistema resolve somente alguns casos, e que os modelos apresentados, por serem simplificações da realidade, não se aplicam exatamente à realidade.

O fluxograma que pode representar a linha de estudo dessa abordagem da Pesquisa Operacional é o seguinte, de acordo com Andrade (2009):

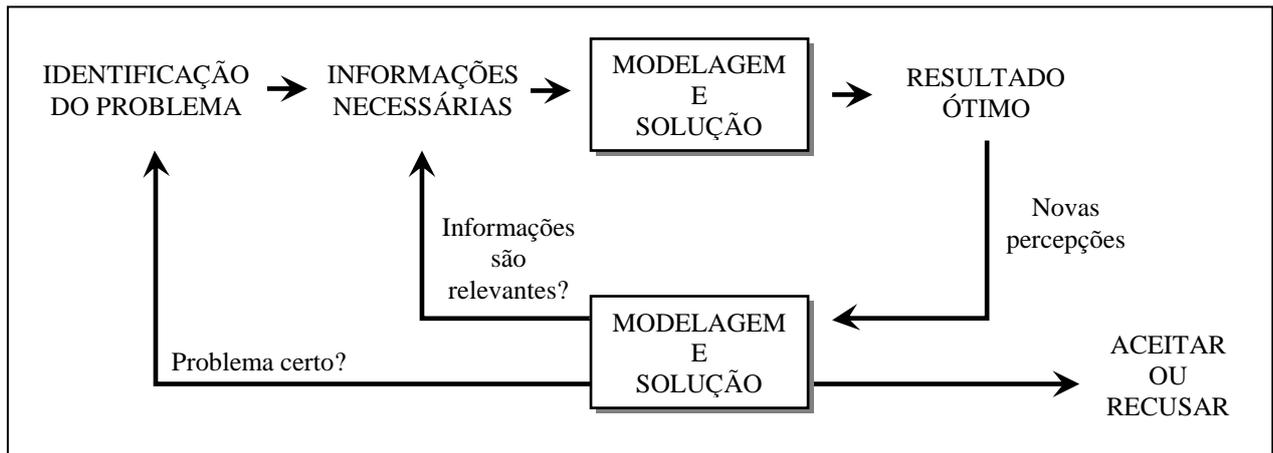
Figura 4 - Abordagem clássica de problemas de Pesquisa Operacional



FONTE: Andrade, 2009

A segunda abordagem, do enfoque atual, utiliza-se do modelo para identificar o problema correto. É uma abordagem qualitativa, que enfoca o diagnóstico do problema. O uso do modelo prediz um estudo mais aprofundado do problema, por isso os administradores o utilizam.

Figura 5 - Abordagem atual de problemas de Pesquisa Operacional



FONTE: Andrade, 2009

De acordo como o processo de decisão é analisado pelo administrador, e pela própria decisão, a literatura define três tipos de modelo de pesquisa operacional: o modelo conceitual, o simbólico (ou matemático) e o heurístico.

O modelo conceitual permite que se desenvolva o objetivo de maneira consistente.

O modelo simbólico ou matemático é baseado na quantidade, ou seja, de que todas as variáveis são numéricas ou podem ser contadas.

O modelo heurístico é utilizado quando há uma complexidade significativa no problema, e quando mesmo a matemática torna-se complicada para uso. Modelos onde utiliza-se a técnica da “inteligência artificial” são deste tipo. (ANDRADE, 2009)

Desenvolveram-se, ao longo dos anos, diversos programas computacionais para auxiliar os administradores no processo de decisão, e que utilizam-se das técnicas de Pesquisa Operacional. Por serem problemas em sua maioria matemáticos, uma ferramenta disponível facilmente e que também é capaz de resolver problemas deste tipo é utilização de planilhas eletrônicas. Desenvolvendo as fórmulas corretamente, esta ferramenta tem sido utilizada em muitas situações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

- Netbook Qbex, 320 GB de memória ROM, 2 GB de memória RAM, processador Intel Atom N450.
- Planilhas eletrônicas
- Editor de texto
- Software editor gráfico
- Dados coletados no setor de transporte da Prefeitura.
- Mapa do município de São Manuel

3.2 Métodos

A metodologia empregada teve como base a pesquisa bibliográfica, coleta de dados na Prefeitura Municipal de São Manuel, entrevista com os responsáveis pelo transporte de alunos e análise quantitativa da frota e número de alunos transportados.

No primeiro momento, foi definida a área de estudo, no caso a cidade de São Manuel, e gerado o mapa digitalizado do território da mesma. De posse do mapa, a área urbana da cidade foi delimitada, para facilitar a visualização do terreno.

O segundo passo foi elaborar o mapa com as rotas realizadas pelos veículos da Prefeitura responsáveis por transportar os alunos até suas respectivas escolas. Com um mapa da cidade, que contém as fazendas, estradas municipais, estaduais e limite do município, foi

possível traçar as rotas, iniciando-se na garagem, que é o ponto de início, até o ponto de destino, que seria cada uma das 16 fazendas consideradas como ponto de referência.

Para este passo, um software específico para a edição de imagens e mapas foi utilizado, com o qual as rotas foram traçadas.

Em seguida, com as tabelas contendo as rotas e distâncias foram feitos os cálculos de tempo de viagem, utilizando as planilhas eletrônicas e inserindo os resultados no trabalho. Os cálculos de tempo foram feitos para cada rota, para se tornar possível a comparação dos dados e sua interpretação.

3.3 Estudo de caso

O estudo de caso do presente Trabalho foi realizado no setor de Transporte da Prefeitura Municipal de São Manuel em conjunto com a Secretaria Municipal de Educação.

3.3.1 Características do Município de São Manuel

3.3.1.1 Histórico

Através de uma escritura pública de 19 de abril de 1870, lavrada no Tabelião Antônio César, de Botucatu, o alferes Manoel Gomes de Faria e dona Delfina Carolina Gomes, Antônio Joaquim Mendes e dona Sinhorinha Rosa da Conceição, fizeram a doação dos primeiros 13 alqueires, no local denominado Água Clara, para o patrimônio da Capela de São Manuel. O povoado do atual território de São Manuel deu-se antes de 1850, e suas terras eram, em geral, provenientes de posses registradas de acordo com a lei de 1850, havendo também algumas sesmarias.

A data de sua fundação é registrada como a mais próxima doação de terras, ou seja, 17 de junho de 1870.

3.3.1.2 População

A população é constituída por descendentes de imigrantes europeus, sobretudo italianos, formadores de mão-de-obra na cafeicultura, e mais recentemente migrantes de varais regiões do Brasil, atraídos pela indústria canavieira. Segundo o Censo do Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (2004) a população geral é de 38.448 habitantes, sendo 2.465 na zona rural e 35.983 na zona urbana.

3.3.1.3 Aspectos físicos e localização

O município de São Manuel localiza-se na região centro-sul do Estado de São Paulo, distante 284 km da cidade de São Paulo. Pertence à mesorregião do sudoeste paulista e à microrregião da Serra de Botucatu. Situada a altitude média de 700 metros, a cidade ocupa uma área aproximada de 666 km², representando 10,4% da Região de Governo de Botucatu, na qual faz parte. Limita-se ao norte com Igarauçu do Tietê, Barra Bonita e Mineiros do Tietê; ao sul com Pratânia; a leste com Botucatu e Dois Córregos e a oeste com Lençóis Paulista.

A Rodovia Marechal Rondon é a principal via de acesso a São Manuel, proporcionando uma ligação direta com a capital paulista, a centros regionais (Botucatu e Bauru), aos Estados do Mato Grosso do Sul e Paraná, dentre outras localidades. As vias principais de transportes do município são as Rodovias Chico Landi, Rodovia João Mellão (SP 255) e Rodovia Geraldo Pereira de Barros, além de 34 km de estradas vicinais e estradas de ferro, atualmente usada pela concessionária FERROBAN/S.A. Dista 18 km da hidrovia Tietê-Paraná e 50 km do Porto Intermodal de Pederneiras. Conta ainda com um aeroporto com 1.000 metros de pista pavimentada a 5 km do centro da cidade.

3.3.2 Setor da Educação do Município de São Manuel

A Rede Municipal de Ensino conta com 01 escola especial (APAE), 03 creches, 09 pré-escolas, 09 escolas de ensino fundamental. Complementam-se a esta, 06 escolas estaduais de ensino fundamental e médio. A cidade dispõe de 08 escolas particulares de pré-escola a ensino fundamental. Ainda possui 01 escola técnica e 01 faculdade municipal e 01 faculdade particular, oferecendo grande variedade de cursos de nível superior e pós-graduação.

Todas as escolas encontram-se na região urbana da cidade. O setor de Educação é responsável por gerenciar a distribuição dos alunos em cada escola de acordo com seu setor e modalidade de ensino. O setor é definido pelo entorno de cada escola, e os alunos matriculados são encaminhados então para a respectiva escola. É responsável também por administrar as verbas enviadas para a Educação e destiná-las á compra de materiais de consumo e materiais permanentes para uso das escolas, propor a contratação de professores e diretores das escolas, e todos os outros casos pertinentes à educação na cidade.

3.3.3 Setor de Transporte do Município de São Manuel

O setor de transporte é responsável por toda a parte operacional do transporte da Prefeitura. Responsável pelos veículos e motoristas, organiza a alocação dos veículos para atender os funcionários da prefeitura, alunos, atletas que representam a cidade em campeonatos, entrega de alimentos e ferramentas nos outros setores da prefeitura.

Em relação ao transporte de alunos, é enviada uma verba especificamente para o transporte escolar, que é compartilhada com o Estado e o Governo Federal. Os veículos podem ser adquiridos de três formas:

- Aquisição própria: a prefeitura realiza a compra com recursos próprios, definidos no orçamento municipal;
- Programa Caminho da Escola: o governo Federal destina a verba necessária e o município realiza a compra, ficando com a posse do veículo;
- Seção de uso: convenio entre Estado e Município, onde o Estado tem a propriedade do veículo, mas concede ao município o seu uso por um tempo determinado; após tal prazo, o veículo pode ser passado para a Prefeitura.

Quanto à administração e condução dos veículos, são duas as modalidades de administração e condução do transporte em São Manuel: por frete (empresa terceirizada) e por frota própria (da Prefeitura). No início do ano é realizada a licitação para a empresa de frete.

Tabela 2 - Tipos de veículos e suas capacidades

Tipo de veículo	Frete	Frota própria
Ônibus (48 lugares)	1	2
Micro-ônibus (23 lugares)	1	2
Micro-ônibus (31 lugares)	1	2
Kombi (15 lugares)	1	2
Van (16 lugares)	1	-

A idade média da frota é de cinco anos, tanto para a frota própria quanto para a fretada. Atualmente, o veículo mais antigo é do ano 2000, e o mais novo de 2011. O tempo de uso e depreciação é de 10 anos. Os equipamentos em cada veículo atendem a todas as normas estabelecidas pela legislação de trânsito, sendo que os veículos produzidos até o ano de 2008

possuem tacógrafo analógico; após esta data são eletrônicos, sendo que este aparelho vem instalado obrigatoriamente desde a fábrica. Os tacógrafos analógicos necessitam de um disco, inserido no equipamento, onde são registradas as alterações de velocidade, e este disco precisa ser trocado semanalmente; os tacógrafos eletrônicos registram as alterações de velocidade em um banco de dados e, quando solicitado, emitem um relatório de todas estas alterações.

A prefeitura possui uma verba municipal destinada exclusivamente para a manutenção dos veículos, e recebe também uma parcela do Estado. Os motoristas são funcionários da prefeitura, nomeados por concurso público, e todos possuem os documentos exigidos para este tipo de transporte (carteira de habilitação para transporte de escolares). Caso o motorista não possua esta habilitação e foi chamado para o serviço, a prefeitura paga o curso para ele, evitando assim trafegar irregularmente.

Nos meses de janeiro e julho todos os veículos passam por uma vistoria na CIRETRAN e recebem um termo de vistoria, que é guardado no interior do veículo durante todo o uso.

Os veículos ficam estacionados na garagem da Prefeitura, que é localizada no centro da cidade, até o próximo horário de busca dos alunos, e durante os dias que não há expediente.

A velocidade máxima que os veículos podem atingir é de 70 km/h. Os veículos mais novos possuem um dispositivo que não permite que a velocidade exceda este limite; os mais antigos possuem um dispositivo que somente emite um som nessa situação. O tacógrafo, presente em todos os veículos, registra todas as alterações de velocidade, e o disco/relatório é conferido semanalmente e depois arquivado.

Aproximadamente 600 alunos são transportados diariamente, com destino às escolas públicas municipais e estaduais, além daqueles atendidos pela Associação dos Pais de Alunos Especiais (APAE).

Existem no município 16 rotas fixas, pré-determinadas, utilizadas pelo setor de transporte há aproximadamente 10 anos. Os trajetos sofrem constante alteração devido à migração que ocorre das famílias para outras fazendas no município, outras cidades ou estados, mas seguem a mesma roteirização básica. A convenção é definir os trajetos e a frota a ser utilizada no início do ano, e adaptá-la às situações que ocorrerem durante o curso (extinção ou criação de rotas). A demanda da linha é que determina o tipo de veículo, para que a capacidade seja sempre máxima, mas nunca excedida, já que oferece risco à integridade física dos alunos e está previsto em lei que todos os ocupantes do veículo devem estar

sentados. Os veículos partem vazios do ponto de origem e seguem até a fazenda destino, que é o ponto mais distante possível da garagem. De lá, ele parte para as fazendas que são partes da rota, lotando assim o ônibus, até que retorna à cidade e faz a distribuição dos alunos por escola.

Tabela 3 - Rotas pré-definidas

Nome	Origem	Fazenda de destino
Rota 1	São Manuel	Distrito de Aparecida
Rota 2	São Manuel	Estação Toledo
Rota 3	São Manuel	Faz. Monte Belo
Rota 4	São Manuel	Faz. Lageado
Rota 5	Distrito de Aparecida	Faz. Bom Sucesso
Rota 6	Distrito de Aparecida	Faz. Água da Rosa
Rota 7	São Manuel	Faz. São Miguel
Rota 8	São Manuel	Faz. Santa Terezinha (Barra Bonita)
Rota 9	São Manuel	Faz. São João do Araquá
Rota 10	São Manuel	Faz. Banharão
Rota 11	São Manuel	Faz. Conceição
Rota 12	São Manuel	Faz. Belo Horizonte
Rota 13	São Manuel	Bairro Campinho
Rota 14	São Manuel	Fazenda Alcides
Rota 15	São Manuel	Chácara Água Clara
Rota 16	São Manuel	Faz. Estação FEPASA

FONTE: Prefeitura Municipal de São Manuel, 2011.

O veículo chegará o mais próximo possível da residência. Neste município, os alunos percorrem, no máximo, 300 metros a pé, que corresponde à distância entre a sua residência e a entrada da fazenda, mas isso só ocorre quando o veículo não tem condições de chegar próximo à casa do aluno. Isto acontece raras vezes, quando há obstáculos temporários na entrada da fazenda. A primeira linha parte da garagem às 4h30min, para buscar os alunos residentes na fazenda mais distante do centro da cidade.

Cada rota possui um motorista fixo, para que os alunos e até mesmo os pais tenham conhecimento de quem leva seus filhos, e mesmo para o motorista é uma boa opção, pois ele fica conhecendo a rota e suas peculiaridades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se que o setor de transporte da Prefeitura não dispunha de recurso gráfico para expor os trajetos realizados pelos veículos de transporte de alunos, foram seguidos alguns passos para a realização desta proposta.

4.1 Definição do mapa do município

O primeiro passo foi encontrar o mapa da cidade, com os limites de município, as ruas principais e rodovias que a cortam, e rios, e delimitar a região que compreende o centro comercial e principais bairros.

Figura 8 - Legenda do mapa da Figura 7

A simples visualização da Figura 7 dá a ideia de que as estradas municipais realmente alcançam todo o território da cidade. Verifica-se também que existe demanda de alunos em todas as extremidades do mapa, e é lógico que o atendimento a esses pontos será mais demorado. Apesar da distância, não se justifica a criação de uma escola em cada ponto do território, pois a demanda para este empreendimento não é suficiente, pois existem alunos residentes nas fazendas de todas as faixas etárias, além de a migração das famílias ser constante. Então, a alternativa realmente é transportá-los até a cidade.

A elaboração dos mapas auxilia na visualização das distâncias de cada fazenda em relação ao centro da cidade. Mesmo não contendo a quilometragem de cada estrada, verifica-se que a fazenda Santa Terezinha (Barra Bonita) encontra-se a uma distância considerável, e fica claro que será uma rota extensa, e dependendo do número de alunos residentes nesta região, também será lotada ou necessitará de vários veículos para seu atendimento. Nesta fazenda, apesar da proximidade com a cidade de Barra Bonita (considerando-se somente a quilometragem), não seria conveniente que os alunos estudassem nessa cidade, pois precisariam utilizar um barco para atravessar o rio Tietê.

Rotas menos extensas, como a que se destina ao Distrito de Aparecida requerem menos tempo de viagem, em tese, já que existem outras fazendas, sítios e chácaras que também fazem parte de cada uma das rotas. Esta rota segue do Distrito para a cidade somente porque os alunos residentes nele tem suas matrículas registradas em escolas do centro de São Manuel; se não ocorresse esta situação, eles estudariam na escola situada no próprio Distrito, ainda que precisassem do transporte escolar.

Com base nas pesquisas e coletas de dados, foi elaborada a Tabela 4, com todas as rotas executadas e as respectivas distâncias, levando-se em consideração que a origem é a garagem da prefeitura e o destino é a fazenda mais distante (exceto nas rotas 5 e 6, onde a origem é a entrada do Distrito de Aparecida).

Tabela 4 - Rotas pré-definidas com as distâncias

Nome	Origem	Fazenda de destino	Distância
Rota 1	São Manuel	Distrito de Aparecida	8 km
Rota 2	São Manuel	Estação Toledo	22 km
Rota 3	São Manuel	Faz. Monte Belo	21 km
Rota 4	São Manuel	Faz. Lageado	16 km
Rota 5	Distrito de Aparecida	Faz. Bom Sucesso	16 km
Rota 6	Distrito de Aparecida	Faz. Água da Rosa	10 km
Rota 7	São Manuel	Faz. São Miguel	32 km
Rota 8	São Manuel	Faz. Santa Terezinha (Barra Bonita)	50 km
Rota 9	São Manuel	Faz. São João do Araquá	24 km
Rota 10	São Manuel	Faz. Banharão	22 km
Rota 11	São Manuel	Faz. Conceição	14 km
Rota 12	São Manuel	Faz. Belo Horizonte	32 km
Rota 13	São Manuel	Bairro Campinho	21 km
Rota 14	São Manuel	Fazenda Alcides	13 km
Rota 15	São Manuel	Chácara Água Clara	10 km
Rota 16	São Manuel	Faz. Estação FEPASA	11 km

As linhas definidas na Figura 7 somente ilustram cada rota. Como foi explanado anteriormente, os veículos saem vazios da garagem, seguem até à fazenda de destino e então recolhem os alunos nas fazendas intermediárias. Sendo assim, as rotas ramificam-se em direção às entradas das fazendas que situam-se no trajeto de retorno ao centro urbano e em direção às escolas. Observa-se que cada estrada se encerra na entrada das fazendas, o que impossibilita ao gerente de transporte planejar a rota em forma de “copa de árvore”, que é o modelo de roteirização mais utilizado, pois não há saída ou rotatória para o retorno. Portanto, o motorista precisa ir até a entrada da fazenda e voltar pela mesma estrada por onde veio e seguir a rota traçada.

A disposição das fazendas no território da cidade, e devido à questão de a maioria do terreno ser ocupado pelas plantações ou criação de animais, é que impossibilita que a estrada atravesse as fazendas e crie uma malha rodoviária integrada, unindo todas elas.

4.3 Análise do modelo

No modelo atual, as 16 rotas são independentes e distintas entre si. Cada uma é servida por um veículo diferente - com exceção das rotas 1 e 15, que utilizam o mesmo veículo, porém uma no período da manhã e outro à noite -, e algumas cruzam-se, devido justamente ao fato de que as estradas rurais interligam-se por meio de uma estrada principal, e não possuem saídas por entre as fazendas. No retorno à cidade, o cruzamento dos veículos ocorre, mas já que nem todos os ônibus seguem para as mesmas escolas, cada um chega a elas em um horário diferente, dependendo do trajeto feito e o tempo necessário para realizá-lo. No caminho de volta, segue-se o mesmo trajeto, e desta vez os alunos são deixados cada um em sua residência.

Considerando-se que a velocidade máxima que o veículo pode atingir é de 70 km/h, e que existem trechos em que a estrada seja de terra, esteja em más condições de uso ou outros veículos cruzem o caminho, obrigando o veículo escolar a parar, considerou-se para efeito de cálculo deste trabalho, que a velocidade média seja de 55 km/h. Tomando por base que o veículo deve voltar ao local de origem “São Manuel”, o aluno seguirá o trajeto “Fazenda de destino – São Manuel”, que tem a mesma quilometragem da ida até a fazenda, é possível calcular-se o tempo de viagem de cada rota, excetuando-se o fato de que o veículo deve chegar à entrada das fazendas intermediárias.

Com estes resultados possibilita-se uma visualização de quanto tempo as diferentes rotas gastam para entregar cada aluno em sua escola. Será utilizado o cálculo médio, apenas para efeito de estudo e comparação entre cada uma das rotas. Sendo assim, o tempo de viagem dos alunos, para cada rota, seria de:

Tabela 5 - Tempo de viagem no modelo atual

Nome	Origem	Fazenda de destino	Distância	Tempo de viagem
Rota 1	São Manuel	Distrito de Aparecida	8 km	8,73 min
Rota 2	São Manuel	Estação Toledo	22 km	24,00 min
Rota 3	São Manuel	Faz. Monte Belo	21 km	22,91 min
Rota 4	São Manuel	Faz. Lageado	16 km	17,45 min
Rota 5	Distrito de Aparecida	Faz. Bom Sucesso	16 km	17,45 min

Continuação da Tabela 5 – Tempo de viagem no modelo atual

Rota 6	Distrito de Aparecida	Faz. Água da Rosa	10 km	10,91 min
Rota 7	São Manuel	Faz. São Miguel	32 km	34,91 min
Rota 8	São Manuel	Faz. Santa Terezinha (Barra Bonita)	50 km	54,55 min
Rota 9	São Manuel	Faz. São João do Araquá	24 km	26,18 min
Rota 10	São Manuel	Faz. Banharão	22 km	24,00 min
Rota 11	São Manuel	Faz. Conceição	14 km	15,27 min
Rota 12	São Manuel	Faz. Belo Horizonte	32 km	34,91 min
Rota 13	São Manuel	Bairro Campinho	21 km	22,91 min
Rota 14	São Manuel	Fazenda Alcides	13 km	14,18 min
Rota 15	São Manuel	Chácara Água Clara	10 km	10,91 min
Rota 16	São Manuel	Faz. Estação FEPASA	11 km	12,00 min

Foi escolhido, com valores calculados pela média aritmética, um intervalo de tempo considerado razoável de permanência do aluno no veículo até a chegada à escola, para que seja possível estabelecer um parâmetro de definição de quais valores estão acima ou abaixo dele. Porém, as distâncias das fazendas em relação ao centro da cidade são muito diferentes, o que impossibilita o cálculo de valores médios utilizando-se todos os dados.

Por isso, optou-se por dividir as distâncias em dois estágios diferentes, agrupando os valores próximos para que se obtenha a média mais ajustada com a realidade.

Assim sendo, utilizando-se das rotas disponíveis, calcularam-se os valores médios de distância, e em seguida foi feito o cálculo de quanto tempo seria necessário para o trajeto.

1. Para distâncias entre 1 km a 20 km:
 - a. Distância média: 12,55 km
 - b. Tempo médio: 13,36 min.
2. Para distâncias entre 21 km e 40 km:
 - a. Distância média: 24,86 km
 - b. Tempo médio: 27,12 min

Agrupando-se as rotas de acordo com as distâncias, foi possível gerar dois gráficos: a Figura 9, com os valores de tempo das rotas do 1º estágio e a linha definindo o valor de tempo médio, e gerar a figura 10, com os valores do 2º estágio:

Figura 9 - Gráfico dos tempos de viagem (1º estágio)

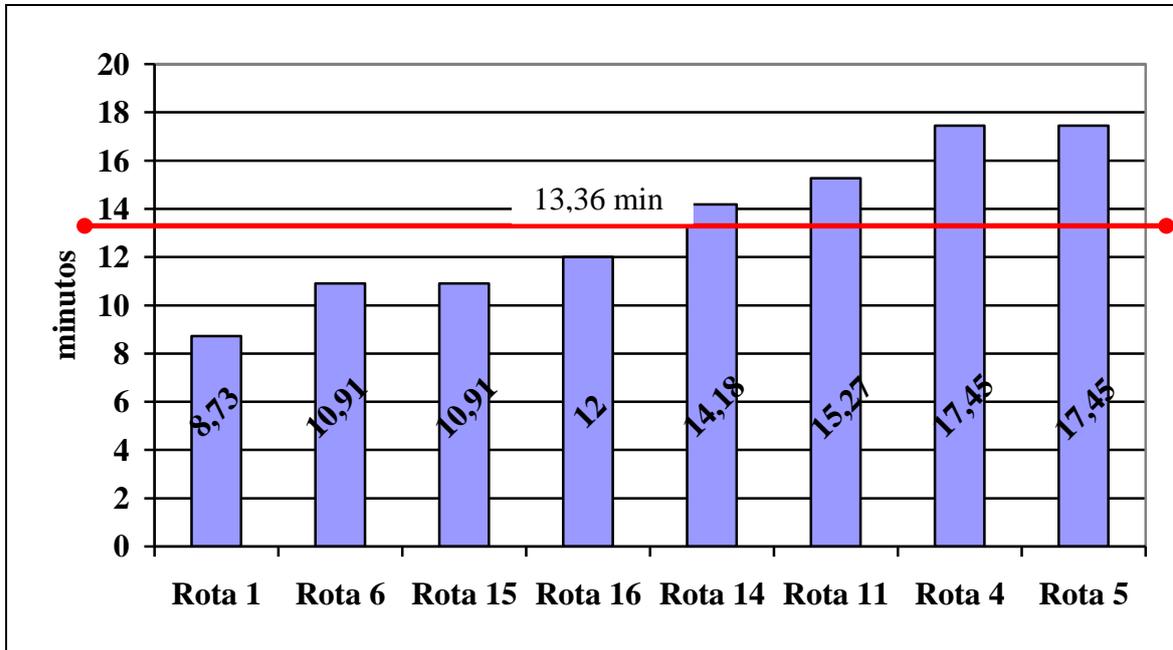
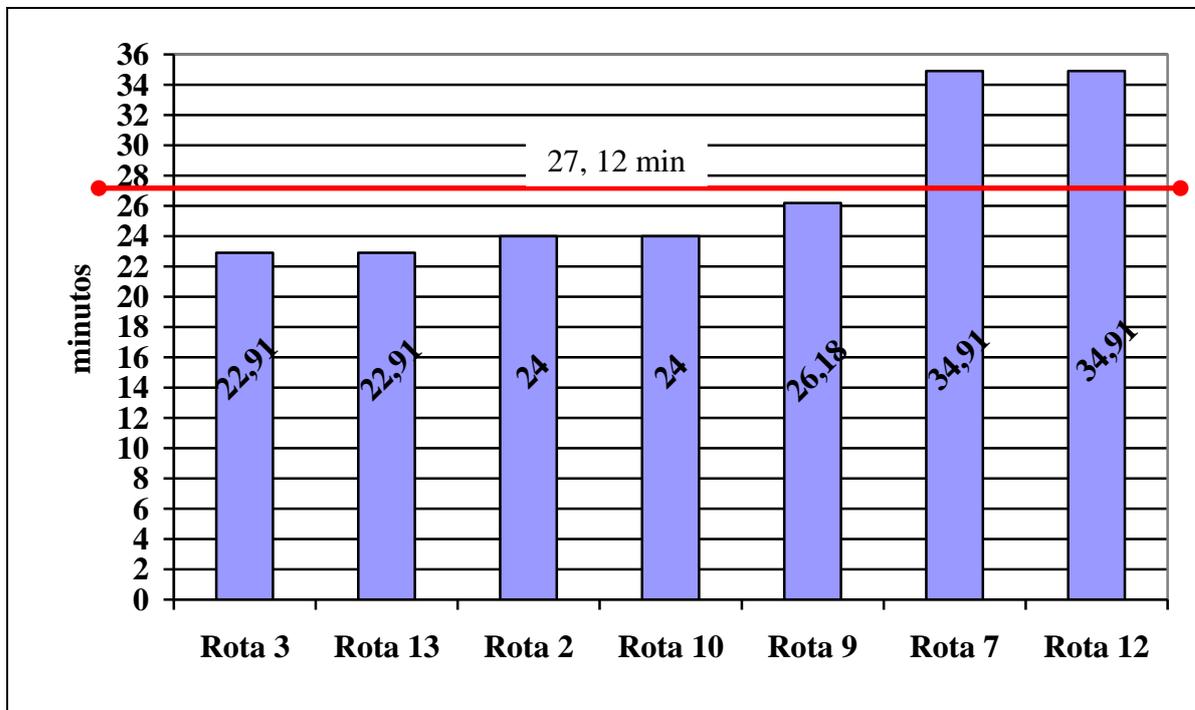


Figura 10 - Gráfico dos tempos de viagem (2º estágio)



Uma análise do gráfico nos mostra que as rotas 16, 14 e 9 são as que mais se aproximam dos resultados de tempo definidos como satisfatórios (13,36 min e 27,12 min) para cada intervalo de tempo. Portanto, de 16 rotas disponíveis, somente em três delas os

alunos permanecem um tempo razoável dentro do veículo; verifica-se também que existem valores abaixo da média, que conseqüentemente são confortáveis para os alunos. Somente valores acima da média são insatisfatórios, no ponto de vista deste trabalho. Porém, como as distâncias das fazendas não podem ser alteradas, não há opção que diminua estas distâncias e tempos de viagem.

A rota 8 somente não foi incluída nos cálculos por apresentar uma distância muito grande em relação aos outros valores, o que influenciaria no cálculo das médias aritméticas, fazendo com que os resultados ficassem muito divergentes, pois elevaria o valor de todas as médias. Considerado isoladamente, ele não é um parâmetro relevante, pois somente esta rota possui a distância de 50 m, sendo ela mesma o valor médio.

É fato que as condições meteorológicas influenciam no tempo de viagem. Quando chove, a estrada torna-se de difícil acesso, pois há possibilidade do veículo atolar ou derrapar, portanto é necessário que o motorista diminua a velocidade no trajeto. Para compensar este tempo, haveria a necessidade de sair mais cedo da garagem e assim a chegada à primeira fazenda seguiria o mesmo cronograma corrente.

O método de sair da garagem vazio e depois retornar cheio é satisfatório porque não força o aluno a passar muito tempo dentro do veículo, assim como no retorno à residência, onde o veículo sai das escolas cheio e distribui os alunos em suas casas, até o último, para então retornar vazio à garagem. Portanto, esta condição de bem estar do aluno durante o trajeto é atendida.

No trabalho realizado por Steiner et. al. (2000) na cidade de Curitiba, tomou-se como base uma região da cidade, onde foi proposta uma melhoria da roteirização utilizando-se as técnicas da Pesquisa Operacional. Naquele estudo, os autores seguiram cinco fases:

1ª Fase: Localização das residências dos alunos em um mapa digitalizado da cidade de Curitiba obtendo-se, desta forma, as coordenadas geográficas para cada um dos pontos de demanda.

2ª Fase: Obtenção da quantidade e respectivas capacidades ótimas dos veículos necessários para atender a demanda.

3ª Fase: Determinação dos clusters ótimos de atendimento, ou seja, definição de quais pontos de demanda serão atendidos por cada um dos veículos da frota. Numa 1ª etapa, sem considerar as capacidades dos ônibus e em uma 2ª etapa, fazendo esta consideração;

4ª Fase: Obtenção dos roteiros em cada cluster de atendimento, ou seja, obtenção da sequência em que os pontos de demanda devem ser atendidos;

5ª Fase: Aplicação de melhorias nos roteiros obtidos na 4ª Fase, evitando-se cruzamentos entre rotas e cruzamentos dentro de uma rota.

É claro que a situação desta região estudada em Curitiba é diferente da situação de São Manuel, mas uma análise das duas indica que foram utilizados os mesmos parâmetros na criação das rotas em São Manuel, adaptando-se à realidade do Município e da demanda de alunos.

No presente trabalho, a 1ª fase pode ser atendida da mesma maneira. De posse do mapa digitalizado do município, que continha as estradas municipais e seus pontos finais, foram localizadas as fazendas de destino disponibilizadas pelo setor de transporte municipal durante a coleta de dados. O único fato divergente foi que as coordenadas geográficas não foram inseridas.

A 2ª fase, iniciada pela administração do Transporte foi respondida com a tabela dos veículos disponibilizados pela frota própria da prefeitura e pela empresa terceirizada. A diferença entre os dois casos é que em São Manuel existem ônibus de reserva. Sabendo-se quantos veículos estão disponíveis, a próxima fase torna-se consequência.

Sobre a 3ª fase também seguiu a mesma linha de raciocínio, sendo que, para rotas com mais alunos optou-se por definir ônibus para seu atendimento, e rotas com menos alunos, optou-se por micro-ônibus e vans. Os dados de residência dos alunos são coletados nas escolas, e elabora-se uma lista para cada veículo, seguindo a sua rota, para saber quantos alunos devem ser encontrados em cada fazenda.

A 4ª fase foi atendida, levando-se em consideração que o aluno deve passar o menor tempo possível no interior do veículo. Sendo assim, especificou-se que o veículo chegue até a última fazenda e recolha os alunos nas fazendas intermediárias, como foi explicado anteriormente. Cada rota, tendo já definidas as fazendas de destino, seguirá como prioridade buscar os alunos da fazenda mais distante, e em seguida os demais; e no retorno, entregar primeiro os alunos da fazenda mais próxima cidade e seguir a rota até a mais distante.

Somente a 5ª fase não foi atendida da mesma maneira que em Curitiba, pois no município de São Manuel, as rotas seguem o mesmo trajeto na ida e na volta, já que se trata de estradas municipais que terminam nas entradas das fazendas. Portanto, mesmo que sejam alteradas as rotas, num mesmo trajeto sempre haverá o cruzamento, pois os caminhos disponíveis serão sempre os mesmos.

A conclusão daquele caso foi obtida com cálculos baseados na Pesquisa Operacional. Estes cálculos realizados ofereceram opções de rotas satisfatórias em tese, pois, assim como

em São Manuel, a migração dos alunos dentro da própria cidade também é grande, e as rotas também sofrem constantes alterações.

A criação das rotas no município de São Manuel é baseada na demanda das fazendas e não utilizou as técnicas da Pesquisa Operacional. Baseou-se nela indiretamente, pois a tomada de decisão, que é o resultado final da Pesquisa Operacional, teve parâmetros que seguem esta linha, porém não se utilizaram de cálculos matemáticos complexos ou fórmulas pré-definidas.

5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados permitiu concluir que:

- O modelo de roteirização utilizado pela Prefeitura de São Manuel no transporte de alunos atende à necessidade de transportá-los até as escolas de maneira eficiente, quando consideramos os obstáculos e a realidade do município.
- A elaboração de mapas facilita a visualização do contexto, e mesmo uma pessoa analfabeta consegue interpretar um recurso gráfico. Torna-se simples encontrar os pontos de conflito entre rotas, as áreas distantes, e com base nos dados de quilometragem e situação do terreno, definir quantos e quais tipos de veículo são necessários.
- Mesmo quando surgir a necessidade de incluir uma nova rota pelo surgimento de demanda ou criação de uma nova fazenda, excluir uma já existente ou alterar o trajeto se acontecer de criarem-se novas estradas, o mapa pode ser facilmente alterado, utilizando-se um software editor de gráficos, e o mapa atualizado poderá ser disponibilizado para consulta quando for necessário.
- O cálculo dos tempos de viagem foi feito para comparação entre as distâncias e para que se tenha ideia de quanto tempo o aluno passa, diariamente, no trajeto de sua residência para a casa. Verificou-se que o tempo, em algumas rotas, é elevado, porém as condições inerentes à disposição das fazendas impossibilita alterações muito significativas.
- Observa-se que cada estrada se encerra na entrada das fazendas, o que impossibilita ao gerente de transporte planejar a rota em forma de “copa de árvore”, pois não há saída ou rotatória para o retorno. Portanto, o motorista precisa ir até a entrada da fazenda e voltar pela mesma estrada por onde veio e seguir a rota traçada.

- Os valores de tempo de viagem satisfatórios definidos para este trabalho, com base na média aritmética, foram de 13,36 min para distâncias entre 1 e 20 km, e de 27,12 min para distâncias entre 21 e 40 km. Somente uma das rotas não pode integrar os cálculos por ser muito alta sua quilometragem em relação às outras. Os dois valores de tempo estabelecidos serviram para ilustrar o intervalo de tempo que os alunos passam no trajeto até a escola, e verificou-se que três rotas atendem os valores médios: a rota 16 (12 min), a rota 14 (14,18 min) e a rota 9 (26,18 min).

- A otimização dos tempos de viagem e das rotas realizadas pelos veículos podem ser abordadas de diversas maneiras, mas acabam por seguir um roteiro básico que deve ser adaptado para a situação de cada município, suas peculiaridades e demanda.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4. Ed.
- ARRUDA, José Jobson de Andrade. **História integrada: da pré-história ao fim do império romano**, v. 1. São Paulo: Ática, 1998. 7ª ed.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais, distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em cinco de outubro de 1988. São Paulo: Saraiva, 2002. 29 ed. Atual. e ampl.
- BRASIL. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8069.htm>. Acesso em 17 nov. 2011.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 2006.
- CARDOSO, L. C. S. **Logística do petróleo: Transporte e armazenamento**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 1.
- CAVALCANTI, B. S. **Reformas e políticas regulatórias na área de transportes**. In: Congresso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, VII. Lisboa, Portugal, 2002. Disponível em:
- CRUZ, J. A.; CARVALHO, N. A. Transporte urbano de passageiros. In: VARIOS AUTORES. **Qualidade e produtividade nos transportes**, 2008. São Paulo: Cengage Learnig, 2008. Cap.1, p.1-20.
- FERRAZ, A. C. C. P, FORTES, F. Q., SIMÕES, F. A. **Engenharia de tráfego urbano: fundamentos práticos**. Universidade de São Paulo. Departamento de Transportes. Edição preliminar. ago. 1999, p. 12.
- FERRAZ, A. C. C. P; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. São Carlos: Rima, 2001.
- FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE): **Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE)**: instituído pela Lei nº 10.880, de nove de junho de 2004. Disponível em: <www.fnde.gov.br>. Acesso em: 05 out. 2011.
- GADRET, Hilton J. **Trânsito: Superfunção Urbana**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Instituto de Documentação, 1969.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Cartilha do transporte escolar**. Brasília: O Instituto, 2005. 36 p. disponível em: <<http://www.tricor.com.br/seduc/portal/downloads/PREVEN%C3%87%C3%83O%20DE%2>

0ACIDENTES%20NO%20TR%C3%82NSITO%20-%20CARTILHA%20DO%20TRANSPORTE%20ESCOLAR.pdf>. Acesso em 07 out. 2011.

MAYERLE, S. Transporte rodoviário de passageiros. In: VARIOS AUTORES. **Qualidade e produtividade nos transportes**, 2008. São Paulo: Cengage Learning, 2008. Cap.2, p. 42-44.

MUKAI, H. et al. **Logística urbana**: a proposta brasileira. In: Encontro nacional da Associação Nacional de pós-graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional, 11^a, XII, 2007, Belém.

OLIVEIRA, A. A. V. **Estudo comparativo entre o transporte próprio e o terceirizado no transporte escolar público**. 2009. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Logística e Transportes) – Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu, 2009.

STEINER, M. T. A., et al. O problema de roteamento no transporte escolar. **Pesquisa operacional**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Departamento: Matemática e desenho, vol. 20, n. 1, p. 84 - 85, junho de 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382000000100009&script=sci_arttext>. Acesso em 05 set. 2011.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. **Gerenciamento de transporte e frotas**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=eEq_VU9l1oC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 03 set. 2011.

VASCONCELOS, E. A. **Transporte urbano, espaço e equidade**: análise das políticas públicas. São Paulo: Annablume, 2001. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=fp7HJrZZ_qMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 15 ago. 2011.

WANKE, P. F. **Logística e transporte de cargas no Brasil**: produtividade e eficiência no século XXI. São Paulo: Atlas, 2010.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE): **Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE)**: instituído pela Lei nº 10.880, de nove de junho de 2004. Disponível em: <www.fnde.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2011.

ANEXO I

Autorização para uso dos dados da Prefeitura Municipal de São Manuel

REQUERIMENTO

Eu, LÍVIA MARIA NICOMEDES CONCEIÇÃO, RG 46223314-5, venho por meio deste requerer a V. S^a. Autorização para citar o nome da prefeitura Municipal de São Manuel – SP, especificamente o setor de transporte da Secretaria de Educação, no Trabalho de conclusão do curso de graduação em Logística da Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

O presente trabalho tem por objetivo analisar os procedimentos de transporte dos alunos da rede estadual no município de São Manuel, enfocando a área Logística de melhoria e otimização das rotas.

Pelo presente

Peço deferimento

Lívia M. N. Conceição
RG 46223314-5

Botucatu, 03 de Novembro de 2011.

Defiro:

Nome: LÍVIA MARIA NICOMEDES CONCEIÇÃO

Orientador: EDUARDO ANTONIO SLEIMAN

Título do projeto: ANÁLISE LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE ALUNOS DA REDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SÃO MANUEL-SP

Botucatu, 27 de Dezembro de 2011.

Lívia Maria Nicomedes Conceição

De Acordo:

Prof. Dr. Eduardo Antônio Sleiman
(orientador)

Profa. Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin
Coordenadora do Curso de Logística e Transportes