



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

David Javier Julio Orozco

UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA SIG PARA A CONCEPÇÃO DE ROTAS DE
TRANSPORTE COLETIVO

Passo Fundo, RS.

2014

David Javier Julio Orozco

UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA SIG PARA A CONCEPÇÃO DE ROTAS DE
TRANSPORTE COLETIVO

Orientador: Professor Francisco Dalla Rosa, Doutor.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo, RS

2014

David Javier Julio Orozco

UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA SIG PARA A CONCEPÇÃO DE ROTAS DE TRANSPORTE COLETIVO

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de Pós-Graduação em Engenharia ppgENG da Universidade de Passo Fundo como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, sob a orientação do professor Francisco Dalla Rosa, Dr.

Data de aprovação 05 de Maio de 2014

Os componentes da Banca examinadora abaixo aprovaram a Dissertação.

Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa

Orientador

Profa. Dra. Helena Beatriz Bettella Cybis

Universidade Federal de Rio Grande do Sul - UFRGS

Profa. Dra. Rosa Maria Locatelli Kalil

Universidade de Passo Fundo – UPF

Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto

Universidade de Passo Fundo - UPF

A mis padres, Fermín y Yamile.

Por todo el apoyo incondicional que siempre me brindaron.

A mi esposa Cindy.

Por el amor y la comprensión por todas las horas ausentes.

A mi hija Malena.

Motor fundamental de mi vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço de forma especial a Deus que me proporcionou a sabedoria necessária para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Fermín e Yamile pelo grande apoio e força incondicional recebido.

A minha esposa Cindy pela cumplicidade e excepcional apoio emocional que me dispensou ao longo desta árdua caminhada.

Ao apoio técnico recebido do meu orientador, professor Francisco Dalla Rosa, obrigado pela confiança, ensinamentos e amizade ao longo do trabalho.

Aos colegas de mestrado Engenheiros, Jorge, Iziquiel, Isadora, Patrícia, Marcos, entre tantos, pelos momentos de descontração. Engenheiro Rafael Timbola, pela parceria e ajuda no manejo de programa ArcGIS, tornando o desenvolvimento e elaboração deste trabalho mais prazeroso.

RESUMO

O transporte constitui o principal fator de desenvolvimento de uma região, por esta razão, a preocupação de garantir uma mobilidade eficiente na área urbana torna-se cada vez mais importante para os órgãos de transporte e tráfego que baseiam o planejamento dos sistemas de transportes na análise de dados relativos à oferta de serviços e à sua demanda. Fazendo necessário caracterizar a oferta com base em um conjunto, o mais abrangente possível, de informações sobre a infraestrutura urbana, bem como, sobre a rede de transportes e suas características operacionais. Com o crescimento da população nas cidades, os sistemas de transportes são cada vez mais complexos. Neste contexto, é necessário que haja uma evolução das ferramentas para desenvolvimento de soluções capazes de identificar, analisar e, na medida do possível, resolver os inúmeros problemas, causados pelos diversos tipos de agentes que influem em muitas das zonas urbanas. Tendo por base esta constatação e voltando-se apenas para uma área específica, o objetivo deste trabalho de pesquisa é Aplicar uma metodologia que compile o nível de informações espaciais sobre transporte público urbano, visando adequar o planejamento e gestão dos sistemas de transporte e que permita projetar rotas de transporte coletivo mais eficiente em cidades de médio porte, tendo como estudo de caso o sistema de transporte da cidade de Passo Fundo, RS, e usando a plataforma ArcGIS 10.1 como ferramenta de planejamento; onde foram projetadas duas rotas de transporte coletivo do município com o objetivo de apoiar e orientar os processos de tomada de decisões sobre o transporte urbano local da cidade de Passo Fundo. Através dos resultados encontrados com as diversas projeções realizadas foi possível concluir que se comparando o traçado preliminar apresentado pelas rotas e o traçado gerado pela função de caminho de menor custo é possível escolher a opção que melhor atende as necessidades do projeto, buscando os melhores resultados com o menor custo de implantação. Neste sentido, a metodologia de avaliação pode ser útil tanto para municípios que desejam aplicar soluções de geoprocessamento, como para empresas particulares, pois em ambos os casos pode contribuir para um máximo aproveitamento do SIG como uma ferramenta auxiliar na solução de problemas de transportes.

PALAVRAS CHAVE: Mobilidade urbana; Georreferenciamento; Infraestrutura; Planejamento; Transporte publico.

ABSTRACT

Transport is the main factor of development of a region, for this reason, the aim of securing efficient mobility in the urban area becomes ever more important for transport and traffic agencies, who base the planning of transportation systems in the analysis of data relating to the supply of services and their demand, being necessary to characterize the offer based on a set covering as much data as possible about the urban infrastructure and transport networks with their respective operational characteristics making necessary an evolution of the tools for the management and development of solutions able to identify , analyze and to the extent possible, resolve the many problems caused by different types of agents which influence the urban centers making inefficient the urban transport systems and generating environmental degradation, reduction of the built heritage, as well as changes in the structure of land use.

The overall objective of this work is get from a methodology based on a Geographic Information System the reinterpretation of a planning model for the estimating demands of mobility, being evaluated different scenarios of urban and enviromental mobility of Passo Fundo city in order to support and guide the decisions making processes on local transport, creating a way to improve decision making in municipal management, and planning of system of public Transportation - STP by bus.

Keywords: Geo statistics, Urban Infrastructure, GIS, Public Transport.

SUMARIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.1 Introdução	13
1.2 Problema da pesquisa	15
1.3 Questão da investigação	16
1.4 Justificativa	18
1.5 Objetivos	19
1.5.1 Objetivo geral	19
1.5.2 Objetivos específicos	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Transporte público e planejamento urbano	21
2.1.1 Função do transporte na sociedade	21
2.1.2 Transporte coletivo por ônibus e planejamento urbano	22
2.1.3 Empresas de transporte em Passo Fundo	23
2.1.3.1 Coletivo Urbano Ltda.....	24
2.1.3.2 Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo	26
2.2 Tráfego urbano e sistemas de informações geográficas – SIG	27
2.2.1 Sistemas de informações geográficas SIG	28
2.2.2 Áreas de aplicação dos SIG	30
2.3 Aplicação de SIG em transportes	31
2.4 Exemplos de tomadas de decisão com base em SIG	32
3. METODOLOGIA	36
3.1 Caracterização do objeto de estudo	36

3.2	Seleção das linhas a serem estudadas	38
3.2.1	Linhas no sentido Norte / Sul	39
3.2.2	Linhas no sentido Leste / Oeste	40
3.3	Ferramentas utilizadas	42
3.3.1	Software	42
3.3.2	Equipamento	42
3.3.3	Fontes de informação	42
3.3.4	Trabalho de campo	44
3.4	Construção da base de dados geográfica das rotas de transporte coletivo	46
4.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	48
4.1	Percepção do serviço do sistema de transporte coletivo	48
4.2	Análise espacial da cidade	51
4.3	Análise espacial das rotas	53
4.3.1	Rota Jerônimo Coelho – Universidade	53
4.3.1.2	Vínculo de menor custo	56
4.3.2	Rota São Cristóvão – Vera Cruz	63
4.3.2.1	Proposta de menor custo	64
5.	CONCLUSÕES	71
6.	REFERÊNCIAS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução populacional Passo Fundo	13
Figura 2: Percentagem de gastos familiares no transporte individual e transporte urbano..	15
Figura 3: Engarrafamento urbano no centro de Passo Fundo	18
Figura 4: Paradas sistema coletivo de Passo Fundo na Av. Brasil	18
Figura 5 ^a e 5b: Ônibus urbanos da cidade de Passo Fundo	24
Figura 6: Vista aérea da Empresa Coleurb	25
Figura 7: Componentes atuais de um SIG	28
Figura 8: Componentes estruturais de um SIG	29
Figura 9: Localização de Passo Fundo no Rio Grande do Sul	36
Figura 10: Mapa das linhas de ônibus de Passo Fundo	39
Figura 11: Rota L 04 Jerônimo coelho via Jardim América – Universidade	41
Figura 12: Rota L 01 Vera Cruz - São Cristóvão	41
Figura 13: Rotas escolhidas para o projeto piloto	43
Figura 14: Quadras caminhadas até o ponto de ônibus	48
Figura 15: Quadras caminhadas até o destino	49
Figura 16: Tempo de espera no ponto de ônibus	50
Figura 17: Qualificação do tempo de espera investido na espera pelo serviço	50
Figura 18: Ordem de importância das possíveis mudanças	51
Figura 19: Sistema viário principal e altimetria da área de estudo	53
Figura 20: Traçado de rota L04 existente	54
Figura 21a: Matriz Origem Destino em horário de baixa movimentação Linha L04	55
Figura 21b: Matriz Origem Destino em horário de alta movimentação Rota L04	56
Figura 22: Vínculo de menor custo, Rota Projetada, e Rota estabelecida L04	57

Figura 23: Início da rota L04 no Lot. Jardim América (Setor 8)	59
Figura 24: Projeção da rota no Setor 9 bairro Vila Xangrilá	60
Figura 25: Projeção da rota no Setor 2 Boqueirão	60
Figura 26: Projeção da rota no Setor 1 Centro	61
Figura 27: Projeção da rota no Setor 4	62
Figura 28: Projeção da rota no Setor 11 setor do bairro São José e campus da UPF	62
Figura 29: Traçado de rota L01 existente	63
Figura 30a: Matriz Origem Destino Rota L01 Horário de baixo fluxo	64
Figura 30b: Matriz Origem Destino Rota L01 Horário de alto fluxo	64
Figura 31: Vínculo de menor custo, rota L01 existente e Rota projetada.	66
Figura 32: Início de rota L01 proposta no Setor 12 Loteamento Via Sul	67
Figura 33: Rota L01 Setor 20	68
Figura 34: Rota L01 Setor 19	68
Figura 35: Rota L01 Setor 12 Loteamento Via Sul	69
Figura 36: Rota L01 Setor 3	70
Figura 37: Rota L01 Setor 17	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Frequência de transportes da empresa Coleurb em dias útil	25
Tabela 2: Frequência de transportes da empresa Codepas em dias util	27
Tabela 3: Divisão populacional de Passo Fundo	37
Tabela 4: Frequência de transportes da Rota L04	44
Tabela 5: Frequência de transportes das rota L01.....	45
Tabela 6: Critérios para escolha da rota L04	58
Tabela 7: Critérios para escolha da rota L01	65

1 Contextualização

1.1 Introdução

O ambiente urbano se entende como uma organização social complexa regida pela incerteza e possibilidade, construído pelo conjunto de relações que se estabelecem entre suas partes e não se restringem apenas às relações entre suas medidas e seus materiais. Como ele não vale por si próprio, seu valor ou significado surge em função das relações que estabelece entre o espaço e seus habitantes (RHEINGANTZ, 1990).

A crescente complexidade do processo da urbanização populacional, afeta diretamente essas relações, porquanto que acompanhadas desse crescimento em alguns casos desmedido, as cidades vêm dotando-se de infraestrutura, tornando a estrutura urbana e os sistemas de transportes cada vez mais complexos.

Neste sentido, é necessário que haja uma evolução das ferramentas para desenvolvimento de soluções capazes de identificar, analisar e, na medida do possível, resolver os inúmeros problemas causados pelos diversos tipos de agentes, internos ou externos ao transporte. Um desses graves problemas corresponde à ausência de informações adequadas sobre o transporte coletivo urbano. (FERREIRA, 2007)

O transporte tem que ser entendido como uma demanda derivada da economia, ou seja, não é um fim em si mesmo, mas é uma atividade a partir da qual é possível acelerar o desenvolvimento econômico na medida em que melhora e confere maior velocidade e racionalidade aos deslocamentos, além de proporcionar a acessibilidade necessária a diversas atividades urbanas (SILVEIRA, 2008).

As rotas de transporte com diferentes densidades de fluxos estabelecem diferentes condições para os usuários trazendo influências diferenciadas, associando localização e circulação, ligando-os ao crescimento populacional das cidades; crescimento que vem acompanhado por profundas mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo da sociedade, tornando-se um desafio ao planejamento urbano frente às novas demandas de consumo, infraestrutura e mobilidade (FURTADO, 2010).

A cidade de Passo Fundo, segundo dados do IBGE, entre os censos de 1991 e 2010 teve um crescimento populacional de 25%, ocasionando um congestionamento maior nos serviços de infraestrutura da cidade. (Figura 1).

Figura 1: Evolução populacional Passo Fundo



Fonte IBGE (2010)

Este projeto busca preencher, ainda que parcialmente, uma lacuna existente na área de transporte público urbano por ônibus, devida à carência no Brasil da cultura de geração de mapas e informações sobre o transporte público, principalmente por ônibus, o que dificulta o planejamento das viagens por parte dos usuários e a fiscalização pelo poder público. Esta responsabilidade um dos grandes desafios dos administradores municipais, que tem que atender às exigências da população quanto às suas necessidades de locomoção dentro do perímetro urbano.

Torna-se necessário avaliar as variáveis relacionadas ao exercício da mobilidade urbana para conduzir a novas e melhores práticas de planejamento urbano (FURTADO, 2010).

A necessidade de planejar esse desenvolvimento dos sistemas de mobilidade encontra preciso avaliar o uso de tecnologias que permitam contar com um sistema de transporte que responda às demandas derivadas do crescimento econômico e a localização da população ao tempo de reduzir os impactos ambientais.

Analisando estes aspectos, na área urbana da cidade de Passo Fundo, foram percebidas grandes deficiências associadas à mobilidade de passageiros, condicionando as atividades de produção e consumo da cidade e, o exercício da mobilidade urbana diária

que apresenta suas possibilidades de deslocamento condicionadas ao transporte coletivo, aspectos físicos da cidade e distribuição das atividades no espaço.

Para apoiar esta necessidade foi realizada uma análise cobrindo duas rotas do transporte coletivo, que permitiram representar adequadamente o setor de transporte urbano, apoiando-se em ferramentas de geoprocessamento com o objetivo de avaliar a demanda do serviço, e a introdução de tecnologias nos sistemas de transporte urbano com aprimorando os percursos e minimizando os impactos ambientais.

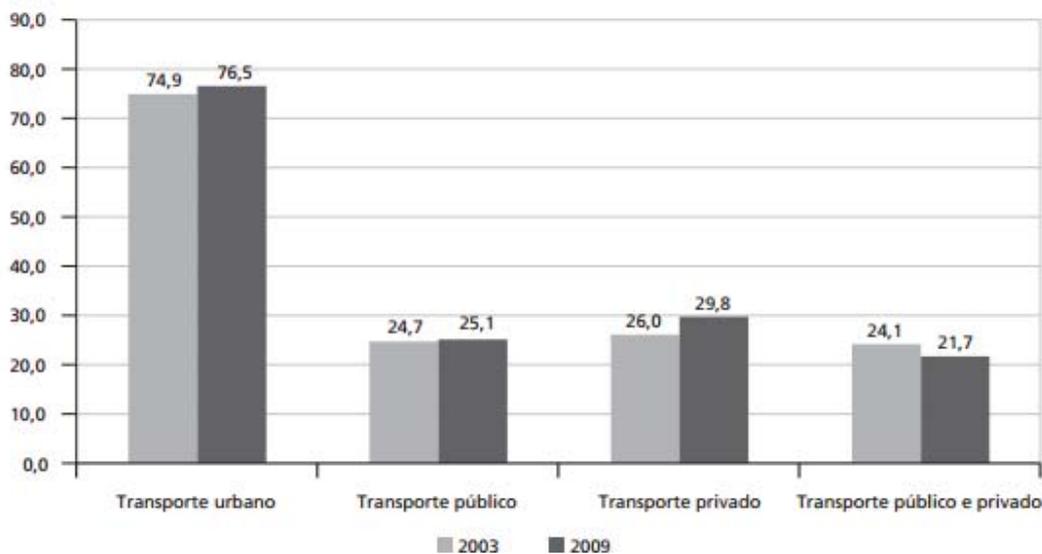
1.2 Problema da pesquisa

Atualmente, os problemas de mobilidade do tráfego têm apresentado maior severidade tanto em países industrializados quanto em aqueles em desenvolvimento, constituindo uma característica diária na vida dos habitantes dos centros urbanos. Pensar em mobilidade urbana significa pensar nas necessidades que levam as pessoas a se deslocar para atingir os destinos desejados e nas possibilidades que o sistema de mobilidade oferece.

No Brasil a já mencionada concentração urbana, a precariedade do transporte coletivo e o sistema viário insuficiente são um convite ao desenvolvimento de soluções de "software urbano", procurando racionalizar os deslocamentos e as atividades dentro da infraestrutura já existente.

A Figura 2 apresenta dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, referentes à percentagem de gastos familiares no transporte urbano, público e privado e durante os anos 2003 e 2009. Observa-se que no ano 2009, os gastos com transporte privado foram cinco vezes maiores que os gastos com transporte público e, a tendência é de crescimento desta diferença, devido às políticas de estímulo ao transporte individual. Estes fatos aliados ao crescimento da renda estão levando as famílias de todos os níveis de renda a elevar suas despesas com transporte individual, intensificando seu uso no dia a dia, o que acarreta fortes impactos sobre as condições de mobilidade da população (IPEA, 2009).

Figura 2: Percentagem de gastos familiares no transporte individual e transporte urbano.



Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, (2009).

A Associação Nacional de Transporte Público (ANTP) salienta que este aumento do tráfego torna o transporte público lento e menos confiável. Uma decorrência do anteriormente exposto é a necessidade de mais veículos para prestar o mesmo serviço, o que se reflete em aumento de custos prejudicando os usuários cativos do transporte público e desestimulando o ingresso de novos usuários. Os usuários cativos, quando possível, optam pelo transporte particular, congestionando ainda mais as vias públicas e realimentando um círculo vicioso (ANTP, 1999).

1.3 Questão da investigação

Devido à importância na adoção de políticas de regularização da mobilidade assim como a criação de políticas de valorização e melhoria da qualidade dos sistemas de transporte público, tornando-o mais atrativo para a população em geral surge a questão da investigação: Como a utilização de ferramentas de geoprocessamento pode beneficiar a tomada de decisões sobre os percursos das rotas de ônibus em cidades intermediárias?

Passo Fundo é uma das quatro cidades médias do Estado do Rio Grande do Sul, com uma população de 184.826 habitantes (IBGE, 2010). O centro de Passo Fundo tem sofrido uma forte massificação nas últimas décadas, estimulada pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1979 que estabeleceu parâmetros para o uso e ocupação do solo. Este processo se iniciou na década de 1940 simultaneamente ao processo de expansão das grandes capitais como Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo, entre outras, caracterizando o fenômeno conhecido como metropolização (FRITSCH *et al.*, 2009).

Além do ordenamento do crescimento urbano, o plano diretor tinha como objetivo conter a expansão dentro da área formada pelas vias perimetrais sul e leste, e através da regulamentação do uso do solo, buscar uma nova imagem para a cidade, posicionando-a como capital regional no nível estadual. Para ordenar o espaço físico-espacial da cidade de Passo Fundo, o plano de 1979 adotou uma perspectiva baseada na industrialização, levando em consideração que Passo Fundo é um grande polo regional e, um importante nó de comunicações e de logística do interior do estado, para a distribuição das produções de trigo e soja e, de produtos importados. Essa postura busca uma coerência com o contexto da expansão atual do cultivo da soja para outras regiões do Brasil, penetrando também na Argentina, Paraguai e Uruguai, prevendo futuras relações incentivadas com o estabelecimento do MERCOSUL (GOSCH, 2002).

Fritsch *et al.* (2009) asseguraram que com a consolidação do centro da cidade de Passo Fundo, os aspectos referentes ao aumento da densidade da área central começaram a afetar diretamente na qualidade dos espaços abertos.

Somando-se a estes fatos a vigência de paradigmas de planejamento de transporte e tráfego já ultrapassados que favorecem a circulação de veículos individuais, estimulando uma ainda maior dispersão das atividades urbanas, sobrepondo se às novas dinâmicas econômicas os novos percursos que emergem como elementos afetando diretamente a circulação a acessibilidade, e a estruturação do sistema de transporte coletivo e seus padrões de fluxos.

É notória a grande quantidade de estabelecimentos comerciais, dos mais diversos segmentos, presentes em toda extensão da Avenida Brasil, a principal via da cidade, e maior foco de congestionamento veicular, o que faz que as condições adversas enfrentadas pelos usuários de transporte coletivo não sejam distribuídas equilibradamente. Como as linhas de transportes são mais densamente distribuídas nesta área, as regiões periféricas são menos servidas.

1.4 Justificativa

O transporte coletivo por ônibus no Brasil possui destacada importância para o desenvolvimento econômico e social dos municípios brasileiros, apesar da crise atual cujo indício mais evidente é a redução gradativa de usuários. Diante deste cenário, torna-se muito importante conhecer e analisar, em profundidade, os principais componentes ligados ao custo de produção do serviço, de modo que seja possível melhorar a eficiência e a produtividade do sistema.

Conforme Valente *et. al.* (2011), garantir a eficiência nos serviços oferecidos implica estar sempre buscando melhorias e absorção de novas tecnologias e procedimentos. Uma modelagem no transporte coletivo da cidade de Passo Fundo poderá trazer como benefício, a redução de gastos com logística, melhoras nos fluxos de mobilidade e tempos de espera, acarretando benefícios econômicos para as empresas, e proporcionando um sistema eficiente de movimentação, estabilidade de preços e uma oferta mais estável e adequada para os usuários.

Na cidade de Passo Fundo, há falta de investimentos que tragam resultados eficazes para melhorar a qualidade do transporte coletivo urbano. Somando-se a isto, a inexistência de ciclovias e a falta de passeios bem dimensionados que ofereçam condições de conforto e segurança para os deslocamentos a pé, tem causado uma migração desmedida de usuários para o transporte individual, constituindo-o uma opção inviável para atender os deslocamentos, produzindo engarrafamentos e reduzindo os tempos de mobilidade (Figura 3).

Figura 3: Engarrafamento urbano no centro de Passo Fundo.



Fonte: Autor (2013).

O transporte coletivo apresenta deficiências significativas devido à falta de rotas bem planejadas, pouca disposição e mau estado das paradas e pontos de ônibus (Figura 4), e sobre tudo; a falta de critérios e parâmetros técnicos que garantam a acessibilidade ao serviço e ofereçam condições de conforto, segurança e a responsabilidade de suprir as necessidades de deslocamento da população.

Figura 4: Paradas do sistema coletivo de Passo Fundo na Av. Brasil.



Fonte: Autor (2013).

Nesse contexto, a elaboração de um estudo avaliando aspectos ligados ao planejamento da mobilidade da cidade, e as suas devidas consequências no sistema de

transporte coletivo urbano, poderá servir como ferramenta aos gestores de mobilidade no transporte público na tomada de decisões sobre a sua eficiência no transporte de passageiros.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Aplicar uma metodologia que compile o nível de informações espaciais sobre transporte público urbano, visando adequar o planejamento e gestão do transporte público coletivo em cidades de médio porte.

1.5.2 Objetivos específicos

Estabelecido o objetivo geral, os objetivos específicos do trabalho foram definidos da seguinte forma:

- a) Verificar as características das linhas do sistema de transporte coletivo urbano da cidade de Passo Fundo;
- b) Avaliar dentro do contexto global a percepção dos usuários em relação aos percursos e frequências estabelecidos atualmente;
- c) Montar em um Sistema de Informação Geográfico (SIG) uma base de dados de duas rotas do sistema de transporte de Passo Fundo;
- d) Identificar as alternativas de rotas para o desvio do trânsito do transporte coletivo urbano, estabelecendo as áreas favoráveis com relação à topografia e a distribuição da população.

2 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica está dividida em três partes. Na primeira parte, aborda-se uma visão conceitual geral sobre o transporte público urbano de modo que se possa compreender o contexto em que está envolvido o objeto de estudo do projeto de investigação. Na segunda seção, analisa-se a cidade de Passo Fundo como cidade objeto do estudo de caso e, por último, na terceira parte se faz referência aos programas de georreferenciamento, origem e usos.

2.1 Transporte público e planejamento urbano

2.1.1 Função do transporte na sociedade

O transporte tem fundamental importância nas atividades da sociedade - “existem relações recíprocas entre desenvolvimento dos transportes e progresso econômico”- na qual, o transporte cumpre um papel vital naqueles elementos considerados prioritários em políticas para o desenvolvimento: exploração de recursos, divisão do trabalho, aumento do valor da terra e produção em larga escala. (CAIXETA-FILHO e MARTINS, 2001).

Segundo Orrico Filho *et al.* (2005) o transporte coletivo é a perna-maior do cidadão que o possibilita ter acesso a toda a cidade. É o transporte coletivo que permite que a população de fato se aproprie de todo o espaço urbano, que lhe permite acesso a todas as atividades sociais, econômicas, culturais e a tudo mais que deseje.

Contudo, ainda que em uma cidade haja efetiva oferta de transporte público, o acesso às atividades citadas, somente será possível se o cidadão estiver ciente da existência desses serviços de transportes. Mais ainda, se o usuário cidadão tiver efetivo conhecimento de um conjunto determinado de elementos que o informe claramente desta possibilidade, por exemplo:

- a) Que linha deverá usar para ir ao destino desejado;
- b) Como identificar tais linhas;

- c) Onde subir, onde descer, por onde ir;
- d) Quando tais linhas estarão funcionando;
- e) Quanto pagar, entre outras.

O conjunto de informações deve dar segurança ao cidadão de que poderá ir ao lugar desejado e também de retornar, entretanto, a relação entre o cidadão e a rede de transportes não é necessariamente simples. Neste contexto, a gestão do tráfego urbano tem papel importante nas atividades econômicas e sociais das cidades brasileiras, uma vez que a existência de uma infraestrutura de transportes adequada potencializa ganhos de eficiência não só de empresas, mas do sistema produtivo.

2.1.2 Transporte coletivo por ônibus e planejamento urbano

Com clareza, podemos perceber que os transportes exercem, atualmente, papéis diferenciados nas diversas escalas geográficas e setores da economia. Se por um lado os transportes de passageiros possibilitam a estruturação do espaço da cidade com a provisão paulatina de acessibilidades às expansões urbanas subseqüentes, por outro permitem o deslocamento de insumos e mercadorias, estruturando espaços regionais mais amplos. (COCCO, 2010).

O fenômeno da urbanização brasileira, verificado nos últimos trinta anos, elevou de sobremaneira a demanda por transportes nas áreas urbanas. Este crescimento acelerado da população urbana foi causado principalmente pelo fenômeno da migração das populações rurais nos períodos de estiagem, provocando também, um crescimento espacial das cidades. Novas comunidades foram se estabelecendo nas periferias dos centros urbanos, alargando os seus limites para as áreas circunvizinhas. Estas áreas, entretanto, não receberam investimentos suficientes que garantirem a implantação da infraestrutura necessária, como escolas e postos de saúde, gerando a necessidade de grandes deslocamentos da população para ter acesso a estes equipamentos.

Esta falta de planejamento urbano, por sua vez, traz como resultado sérios problemas no atendimento às necessidades de deslocamento de pessoas e mercadorias.

Aliado a este fato, a priorização do transporte rodoviário e, em especial, do transporte individual, produz um elevado custo de investimentos em infraestrutura. A escassez de recursos públicos para implantar esta infraestrutura acaba ocasionando um sistema viário deficitário, gerando problemas como congestionamentos de tráfego e baixa produtividade dos serviços de transporte, elevados índices de poluição sonora e do ar, o que acarreta redução na qualidade de vida e bem-estar da população em geral. Vale destacar, que normalmente em cidades do porte médio (de 30 a 70 mil habitantes) o transporte público enfraquece paulatinamente (VASCONCELLOS, 2008). Estes problemas afetam diretamente a confiança de seus clientes em relação aos serviços prestados, visto que o processo de espera do passageiro nos pontos é muitas vezes excessivo e, até mesmo, o percurso é demorado e exaustivo.

2.1.3 Empresas de transporte em Passo Fundo

A concessão e execução do serviço de transporte coletivo de passageiros urbano e suburbano do Município de Passo Fundo é feita mediante termo de concessão, pelo prazo de cinco (5) anos. De acordo com o Art. 24 capítulo 1 da lei nº 1271 de 26 de dezembro de 1966 estabelece que o percurso (linha) objeto de concessão para a realização de transporte coletivo de passageiros, tem que ser previamente estabelecido pelo Poder Público Municipal. (PASSO FUNDO, 1966)

A cidade de Passo Fundo conta atualmente com três empresas de transporte de passageiros: Coletivo Urbano Ltda. (Coleurb), Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo (Codepas) e Transporte Coletivo Ltda. (Transpasso) e um total de 38 rotas de transporte coletivo, com um custo da passagem de R\$ 2,60 (dois reais e sessenta centavos).

A empresa Coletivo Urbano Ltda. (Coleurb), a maior de todas, possui 24 linhas urbanas que atendem a maior parte de bairros da cidade. Seguida da Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo (Codepas) empresa em parte pertencente à Prefeitura Municipal, que possui 13 linhas urbanas, disponibilizando veículos em intervalos de 45 minutos e a Transpasso com a concessão de três linhas operando no município.

Somando todas as empresas, Passo Fundo conta com 32 ônibus com APD (apropriado para deficientes), sendo 24 da Coleurb, 2 da Transpasso e 6 veículos da Codepas com tal funcionalidade. Todos estão equipados com elevador para transportar pessoas com deficiência física. (Figura 5).

Figura 5 (a) e 5(b): Ônibus urbanos da cidade de Passo Fundo.



Fonte: Autor (2013).

2.1.3.1 Empresa Coletivo Urbano Ltda.

A Coleurb deu início às suas atividades em 1959, quando Passo Fundo possuía apenas 6 linhas de transporte urbano, iniciando operações no dia 18 de outubro, com 2 ônibus, fazendo o percurso Vera Cruz - São Cristóvão. Com o passar dos anos, a empresa cresceu e expandiu seus serviços. Em 1964 comprou a linha Vera Cruz - Centro e em 1965 mais 5 ônibus e 3 novas linhas.

Em 1994, a empresa opta pela priorização do transporte coletivo urbano, desfazendo-se, então, da parte rodoviária e cargas. Em sua longa trajetória, a empresa Coleurb foi transformada e modernizada e, a partir da década de 1990, tornou-se uma estrutura ampla e moderna. (Figura 6)

Figura 6: Vista aérea da sede da Empresa Coleurb.



Fonte: Coleurb (2013).

A empresa Coletivo Urbano Ltda. (Coleurb), possui 28 linhas urbanas que atendem a maior parte de bairros da cidade. Na Tabela 1 são apresentados dados a respeito da frequência de transportes da empresa Coleurb em dias uteis.

Tabela 1: Frequência de transportes da empresa Coleurb em dias util. (2013).

LINHA	ROTA	FREQUÊNCIA
Linha 01	Vera Cruz - São Cristóvão	15 minutos
Linha 01	Vera Cruz - São Cristóvão (circular)	05h00min e 00h15min
Linha 03	Edmundo Trein - São José	14 minutos
Linha 03	Edmundo Trein - São José (circular)	05h00min e 00h15min
Linha 04	Jerônimo Coelho (via Jardim América) – UPF	15 minutos
Linha 04	Jerônimo Coelho (via Jar. América) - UPF (circular)	05h00min e 00h15min.
Linha 05	Operária – Petrópolis	18 minutos
Linha 06	Universidade - Vila Luiza	20 minutos
Linha 07	Hípica – Planaltina	15 minutos
Linha 08	Lot. Umbú (via Vila Isabel) - Bom Recreio	30 minutos
Linha 09	Praça Tamandaré - São João	60 minutos
Linha 10	Ricci – Garden	25 minutos
Linha 12	Santa Marta - Entre Rios	25 minutos
Linha 13	Lucas Araújo - Parque Farroupilha	20 minutos
Linha 14	Br. 285 - São Luiz	45 minutos

LINHA	ROTA	FREQUÊNCIA
Linha 17	São Cristóvão – Universidade	06h55min-05h39min-18h23min
Linha 20	Petrópolis - Nenê Graeff	25 minutos
Linha 22	Centro – Maggi	60 minutos
Linha 23	Planaltina – Universidade	07h05min–12h50min-18h30min
Linha 25	São José (via UPF) - São Cristóvão	25 minutos
Linha 26	Centro – Roselândia	32 minutos
Linha 27	Leonardo Ilha - Vera Cruz	40 minutos
Linha 31	Menino Deus - Prefeitura (via Rodoviária)	45 minutos
Linha ta 01	São José – Seminário	15 minutos
Linha ta 02	Vera Cruz - São Cristóvão	65 minutos
Linha ta 03	Vila Fátima - Lucas Araújo	60 minutos
Linha ta 04	Nenê Graeff - Vila Rodrigues	60 minutos
Reforços		

Fonte: Autor baseado em dados da Coleurb (2013).

A fundação da empresa Transporte Coletivo Ltda. TRANSPASSO se deu através do desmembramento de uma parte da Coleurb. Atualmente, conta com 14 ônibus, sendo três adaptados para deficientes físicos e possui a concessão de três linhas no município: Linha Santa Maria - Vila Fátima, Semeato I via Rodoviária e Cidade Nova – Santa Maria II.

2.1.3.2 Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Passo Fundo, a Companhia de Desenvolvimento de Passo Fundo - Codepas é uma empresa pública de direito privado instituída pelo Município de Passo Fundo mediante autorização de lei específica, Lei Municipal nº 2115, de 1º de novembro de 1984, e demais legislações complementares. Além de ser regida pela legislação societária das sociedades anônimas e por ordem constitucional também pode realizar supletivamente atividades específicas da iniciativa privada. A companhia faz parte da descentralização administrativa como um órgão da administração indireta do Governo Municipal, foi criada para atuar em diversas atividades

econômicas por determinação do seu objeto estatutário. (PREFEITURA MUNICIPAL, 2012)

O seu capital é exclusivamente público, tendo a Prefeitura Municipal de Passo Fundo como acionista majoritário 98,8% e a Caixa de Prestação de Assistência e Serviços de Saúde dos Servidores Municipais (Capasemu) 1,2%.

No ano de 2012, a empresa transportou 4,5 milhões de passageiros. No ano de 2013 a Codepas contaria com, aproximadamente, 200 funcionários e possuía uma frota de 36 (trinta e seis) ônibus, sendo 21 (vinte e um) ônibus para transporte urbano que são utilizados no circuito de 13 (treze) linhas diárias (Tabela 2), 5 (cinco) veículos reserva e 10 (dez) veículos locados para o transporte escolar e de crianças através da Secretaria de Educação e Secretaria da Criança e Ação Social. (PREFEITURA MUNICIPAL, 2012).

Tabela 2: Frequência de transportes da empresa Codepas em dias util. (2013).

ROTA	FREQUÊNCIA
Integração – Universidade	45 minutos
Jaboticabal – Hospital	30 minutos
Jeronimo Coelho – Prefeitura	60 minutos
Morada do Sol – Planaltina Via Lot. Boqueirão	90 minutos
Morada do Sol – Planaltina Via Aparecida	85 minutos
Operária – São Cristovão II	37 minutos
Parque Industrial – Universidade	45 minutos
Santo Antonio – Donária	27 minutos
São José – Secchi	20 minutos
São Luiz-Morada do sol	45 minutos
Valinhos – Universidade	20 minutos
Vera Cruz – Universidade	15 minutos
Zachia – Petrópolis	70 minutos

Fonte: Autor baseado em dados da Codepas (2013).

2.2 Transporte urbano e sistemas de informação geográfica

Após uma visão geral sobre o município objeto do estudo de caso, o transporte coletivo urbano e as diferentes empresas que prestam o serviço na cidade de Passo Fundo; na continuação, apresenta-se uma base teórica sobre os sistemas de informação geográfica, sua função e o seu uso para o planejamento do tráfego.

2.2.1 Sistemas de informações geográficas – SIG

Os sistemas de informações geográficas surgiram há mais de três décadas e têm-se tornado ferramentas valiosas nas mais diversas áreas do conhecimento. Tais sistemas constituem um ambiente tecnológico e organizacional que cada vez mais tem ganhado adeptos no mundo todo.

Dantas *et al.* (1996) dividem a evolução do SIG em três fases: manipulação e visualização de banco de dados (Fase 1), operações analíticas de dados não gráficos e estrutura organizacional (Fase 2) e análise espacial (Fase 3).

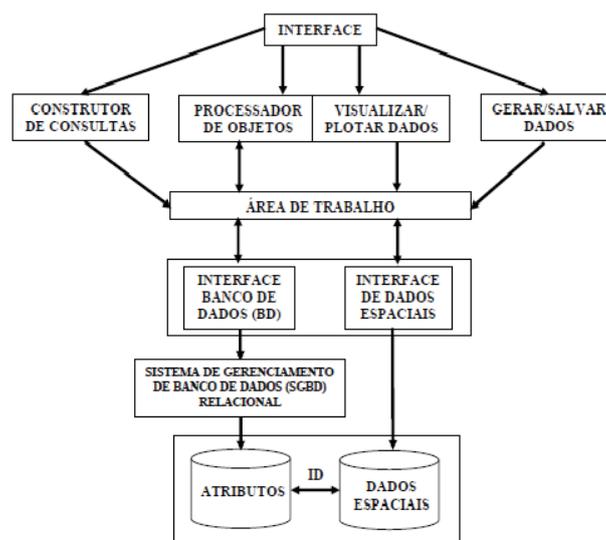
Em concordância com Demers (1997), existem muitas definições para SIG, destacando duas grandes correntes. A primeira vê o SIG apenas como um *software*. A segunda mais abrangente define o SIG como um sistema que integra diversos elementos. Os autores destacam que estas duas visões podem nesta ordem simplificar ou tomar muito vago o conceito de SIG.

Uma definição bastante comum de SIG encontrada na literatura relaciona esta tecnologia com uma ferramenta que associa banco de dados a mapas digitalizados. Para Teixeira *et al.* (1995), uma definição apropriada de SIG seria: Conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuários), perfeitamente integrados de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e análise de dados georeferenciados, bem como a produção da informação derivada de sua aplicação.

Independente dessa definição atribuída a SIG, Câmara *et al.* (1996) destacam a função de armazenagem, recuperação e análise de dados geográficos em sistemas SIG. Estas funções são possíveis através da integração de dados espaciais em uma única base de dados, manipulada por algoritmos de cruzamento de dados capazes de gerar informações derivadas. Por sua vez, estas informações podem ser consultadas e visualizadas em formato gráfico.

Segundo Câmara (1994), o SIG é formado pelos seguintes componentes: interface com o usuário, componentes de entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico de imagens, além de elementos de visualização e plotagem de dados gráficos. A Figura 7 ilustra os componentes estruturais do SIG.

Figura 7: Componentes estruturais de um SIG.



Fonte: Câmara (1994).

Um SIG completo consiste em pelo menos cinco componentes: *software*, hardware, base de dados geográficos (composto pela base de dados física e por programas que gerenciam esses dados), recursos humanos e organização. Partindo do princípio que o sistema seja implementado na empresa, não basta apenas um *software* que trabalhe com um banco de dados e mapas digitalizados, é importante que exista pessoal qualificado, um objetivo no seu uso e interação com outras áreas dentro da organização.

A criação da base de dados é a etapa mais importante no processo de análises em SIG, sendo que a escolha do método mais apropriado deve ser realizada em função do objetivo do trabalho e de sua aplicação. Cabe salientar, que a qualidade dos dados originais e a precisão da técnica determinarão o nível dos resultados finais do trabalho. A base de dados geográficos pode ser considerada como um conjunto de entrada, processamento e saída de informações, que fornecem subsídios para o sistema gerenciador de banco de dados, recuperar e transformar dados em informações (BURROUGH, 1989).

Para Kagan *et al.* (1992), os SIG's permitem manusear, atualizar, alterar, ou acrescentar outras alterações ou ainda trabalhar com parte dos dados, em função do problema em questão. Entretanto, a maior vantagem de se utilizar os SIG's em relação aos métodos tradicionais é a rapidez e flexibilidade, o que permite ao planejador novos conceitos para representação gráfica e manipulação destes dados.

2.2.2 Áreas de aplicação dos SIG

O SIG é uma convergência de campos tecnológicos, dos quais provêm algumas técnicas e metodologias que programam o sistema. Com base no aspecto de multidisciplinaridade do SIG pode-se observar sua aplicação em diversas áreas: planejamento urbano, geografia, agronomia, ambiental, florestal, engenharia, processamento de dados, pesquisas operacionais, arquitetura e urbanismo, gerenciamento de serviços, engenharia de transportes e outros.

Estes sistemas surgiram em estudos ambientais e urbanos, sendo em seguida utilizados nas áreas de energia, água, esgoto e saúde e em estudos populacionais. Contudo, é importante ressaltar que dentro do geoprocessamento, as aplicações citadas a seguir fazem parte de um grupo específico.

Para Nazário *et al.* (2000), devido à importância que os dados espaciais ocupam na atividade logística, os SIG possibilitam inúmeras aplicações. A partir da utilização de dados georreferenciados, podem-se executar diversas análises nas áreas de apoio ao marketing; geografia do mercado com localização de pontos comerciais, localização de fábricas e centros de distribuição e roteamento, entre outras.

- a) **Apoio ao Marketing:** Nesta área o uso de SIG auxilia na identificação do potencial de vendas das diferentes regiões. Isto fornece informação para eventuais promoções em pontos com menor poder aquisitivo. Além disso, pode ser realizada a segmentação de mercado, pois com a existência de dados disponíveis dos clientes com suas respectivas necessidades (obtidas através de pesquisas), pode-se estabelecer padrões de serviço diferenciados.
- b) **Geografia de mercado - localização de pontos comerciais:** Na atualidade, a tecnologia SIG é amplamente utilizada na geografia de mercado, que apresenta no estudo de localização de pontos comerciais a principal vertente. Esta abordagem possui um escopo diferenciado do estudo de localização de fábricas e centros de distribuição. Neste ponto, os custos com transportes e armazenagem têm um impacto considerável. Já na definição do melhor ponto comercial, questões como mão da via, sinais de trânsito e outros aspectos mais urbanos são ressaltados.
- c) **Localização de fábricas e CD (centros de distribuição) / Roteamento:** Neste tipo de estudo, os SIG são utilizados como a principal ferramenta na solução destes problemas. A localização é obtida através de algoritmos baseados em programação matemática. Porém, a importância que a representação visual tem no sentido de facilitar o entendimento de não especialistas é muito grande. Além disso, a ferramenta SIG possibilita identificar problemas na resposta do modelo.
- d) **Análises de sistemas logísticos:** O controle em sistemas logísticos já implementados é possível através dos SIG's, o que constitui um fator muito importante. Para distribuidores, por exemplo, pode-se identificar várias anomalias, tais como: desbalanceamento das regiões de entrega, fluxos inadequados, má formação na consolidação.

2.3 Sistemas de Informação Geográfica usadas em transportes SIG T

Os softwares de Sistemas de Informação Geográfica aplicados aos transportes (SIG T) estão no mercado em larga escala, vêm sendo largamente utilizado na Engenharia de Transportes, obtendo então a denominação de SIG-T. O campo de aplicação dos SIG-T é amplo, tanto na área de planejamento, como em operação de transportes.

Dentre as diversas aplicações do SIG em transportes podem ser citadas: projeto geométrico de vias, monitoramento e controle de tráfego, oferta e demanda de transportes, prevenção de acidentes, otimização de rotas, monitoramento e controle de operações rodoviárias, dentre outras (Viviani et al., 1994, Silva, 1998),; disponíveis com vários tipos de configurações e funcionalidades.

Devido a sua função tornaram-se uma importante ferramenta para resolução de problemas de transportes (SUTTON e WYNMAN, 2000), sendo empregados em: gerência de pavimentos (LEE et al., 1996), transporte coletivo rodoviário e de carga, engenharia do tráfego (OLIVEIRA, 1997), localização de facilidades (DANTAS et al., 2002) e planejamento de transportes (SUTTON, 1996; LOUREIRO e RALSON, 1996).

Conforme Thill (2000), no campo da engenharia do tráfego, destacam-se várias aplicações da modelagem de redes disponíveis em SIG, sendo elas: gerenciamento de vias, roteamento em tempo real ou off line, sistemas de condução do tráfego via internet, sistemas de navegação de veículos, sistemas de detecção de incidentes viários e sistemas de gerenciamento de congestionamento em tempo real.

Vários autores já verificaram que, para que o SIG-T seja efetivamente implantado e corretamente utilizado, é necessária uma maior compreensão do sistema e quais são suas potencialidades na resolução de problemas de transportes. Os SIG evoluíram no intuito de atingir as principais necessidades do mercado, portanto todos acabaram por ter funções semelhantes. Porém, mesmo assim eles apresentam diferenças na execução de cada função.

Nenhum software é melhor que outros em todos os sentidos, cada um tem suas particularidades, portanto o conhecimento mais profundo do que o programa tem a oferecer é muito importante para uma escolha satisfatória. A escolha e implantação de um SIG requer um estudo prévio que determine o que se deseja obter, para poder determinar que sistema satisfaça melhor suas necessidades. Por tudo isso, apesar de toda avaliação, é importante lembrar que, sem uma análise criteriosa das necessidades e objetivos dos projetos para os quais se destina a ferramenta, é difícil escolher o software mais adequado. Para que o sistema seja realmente útil, o usuário deve estar ciente das análises que irá

efetuar com o auxílio do programa, do tipo de dados que serão trabalhados e de qual o resultado final esperado.

Sendo assim, para obter uma base para a escolha do software mais apropriado às funções requeridas, evitando que a ferramenta de geoprocessamento seja deixada em segundo plano por falta de esclarecimentos, citaremos os softwares de Sistemas de Informação Geográfica SIG T mais comumente usados com relação ao seu desempenho e funções disponíveis, visando especificamente aplicações no planejamento dos transportes.

2.3.1 O Software TransCAD

O TransCAD é um Sistema de Informação Geográfica projetado especificamente para o planejamento, gerenciamento, operação e análise das características dos sistemas de transportes (Caliper, 1996). Ele possui vários módulos para manipulação de dados com relação à entrada, armazenagem, análise e apresentação final. Suas aplicações podem ser em nível internacional, nacional, regional e local, podendo ser usado para qualquer modo de transportes, isoladamente ou combinado com outros modos.

No trabalho de ROSE, A (2001), ficou demonstrada a capacidade de o TransCAD para realizar várias análises de transportes e possuir um banco de dados projetado para capturar e analisar dados de transportes. Estes dados, por exemplo: de redes de transportes, fluxos de carga, rotas, programação, análise de transportes interzonais, demanda de passageiros, desempenho do sistema de transportes e outros, podem ser armazenados, visualizados e analisados em qualquer escala espacial. Possui potencialidades para analisar vários tipos de redes: de transporte público, metrovias, ferrovias, rodovias, aerovias, submarinas ou multi-modais. Possui ferramentas para apresentação e visualização de dados de transporte e disponibiliza métodos e modelos para análises de transportes. No seu sistema, a localização geográfica de elementos de transporte, bem como as infra-estruturas relacionadas, podem ser combinadas com os dados que as descrevem. Os dados podem ser associados a pontos, linhas, áreas, redes ou rotas.

No TransCAD, o gerenciador de banco de dados espacial armazena os dados geográficos utilizando-se de uma estrutura de dados topológica, o que facilita a

manipulação dos mesmos. Essa estrutura de dados define a localização e as relações espaciais entre pontos, linhas, áreas e outras entidades geográficas ou objetos. Ele suporta a definição de várias estruturas de dados de transporte como: redes, vias, nós, linhas e matrizes de fluxo (ROSE, A 2001).

Segundo ROSE, A (2001), o TransCAD possui uma linguagem de consulta que inclui operadores SQL (*Structured Query Language* – Linguagem Estruturada de Consulta) e consultas geográficas. O usuário pode selecionar qualquer entidade geográfica para recuperar os dados tabulares relativos àquela entidade. Pode, também, utilizar consultas espaciais para localizar entidades dos mapas através de raios, polígonos ou contornos de buffer (áreas de abrangência) e overlay (sobreposição). Além dessas operações espaciais e ferramentas de geoprocessamento, o TransCAD realiza funções de agregação espacial e faz sobreposições entre dados vetoriais e dados matriciais, apresentando-os em conjunto.

Com relação a apresentação de gráficos interativos dos dados, o TransCAD possui várias ferramentas para a definição de: símbolos, cores, espessuras de linhas, padrões, sombreamento, nomeação e outras. Os dados podem ser apresentados no mapa na forma de números ou textos, e o recorte automático de textos elimina apresentações desordenadamente preenchidas e realça a legibilidade. As telas podem ser apresentadas em qualquer escala com o auxílio dos comandos de zoom-in e zoom-out. É possível realizar a impressão de mapas e relatórios em praticamente todas as impressoras e plotters disponíveis no mercado (desde que compatíveis com o sistema operacional empregado); os mapas podem ser armazenados em formatos de arquivos gráficos comuns para uso como CAD ou outros.

O TransCAD possui ferramentas e procedimentos para a análise e modelagem de sistemas de transportes, o que inclui: análise de redes, estatísticas, análise de mercado, alocação de tráfego, análise espacial, definição de rotas e programação, e planejamento.

Podem ser estimados e aplicados modelos de previsão como regressão múltipla e modelos de escolha discreta. Segundo o fabricante, as redes do TransCAD podem conter milhares de linhas e zonas, limitadas apenas pela capacidade de memória do computador.

Com relação ao planejamento de transportes, o TransCAD possui modelos clássicos para cálculos de demanda de viagens, estima e aplica modelos de geração de viagens em qualquer escala espacial, mesmo em níveis parciais, e posteriormente agrega aos níveis de zonas, constrói zonas de análise de tráfego, faz distribuição de viagens e análises de distribuições modais. Ele disponibiliza o comando UTP (*Urban Transportation Planning* – planejamento de transporte urbano) que facilita a construção e aplicação de modelos de transporte urbano; permite a ligação entre a engenharia de tráfego e modelos de interseções; integra a demanda por transporte com análises da qualidade do ar.

Em um prospecto ilustrativo do software, algumas das principais aplicações do TransCAD listadas pelo fabricante são:

Figura 8: Principais aplicações do TransCAD

 Inventário de Facilidades	 Planejamento Urbano	 Roteirização e Programação
 Gerência de Pavimentos	 Obras Públicas	 Planejamento Rodoviário
 Uso do Solo	 Análises Demográficas	 Pesquisa Operacional
 Gerenciamento de Registros	 Engenharia de Tráfego	 Planejamento Comercial
 Análise de Mercados	 Seleção de Sítio	 Telecomunicações
 Avaliação Ambiental	 Planejamento Escolar	 Segurança Pública
 Planejamento de Transporte Público Urbano	 Estatísticas Espaciais	 Gerência de Infra-estrutura
 Estimção de Demanda	 Mercado Imobiliário	 Sistema de Informações Executivas
 Mapeamento Censitário	 Previsões	 Banco de Dados para fins Editoriais
 Análise do Levantamento de Dados	 Análises da Qualidade do Ar	 Distribuição Física e Logística
 Recursos Hídricos	 Monitoramento de Veículos	 Seleção de Mercados
 Gerenciamento de Vendas	 Análise do Fluxo de Mercadorias	 Sistemas de Suporte a Decisões
 Gerenciamento de Operações	 Atendimento de Emergências	 Suporte a Filmagens

Fonte: Autor (2014).

2.3.2 O Software UfosNet

O UfosNet é um sistema de simulação e previsão de demanda de viagens baseado em SIG. A sigla “Ufos” significa “*Urban Form Optimization System*”, isto é, Sistema de Otimização da Forma Urbana, logo o UfosNet tem a finalidade de desenvolver um sistema de simulação da integração do transporte com o uso do solo (RST, 1997). As principais características do UfosNet são: apresenta facilidade para mapeamentos e uso de SIG, permite realizar simulações de sistemas de transporte público urbano e redes multimodais, possui uma grande variedade de ferramentas de edição, realiza cálculos de bancos de dados e matrizes, importa e exporta vários tipos de arquivos e gera gráficos de apresentação dos dados.

Para a simulação de transporte público urbano e redes multi-modais o UfosNet disponibiliza vários métodos de alocação de tráfego, tais como: tudo-ou-nada, incremental, do equilíbrio. Faz cálculos dinâmicos de atrasos em interseções baseados em movimentos de retorno críticos, integra análises de planejamento LOS (level of service – nível de serviço) com a tela de trabalho para facilitar as análises de capacidade de interseções. Fornece os métodos de planejamento HCM 209 (*Highway Capacity Manual's planning method, Chapter 9, 1995*) e TRC 212 (*Transportation Research Circular 212's planning method*). O processo de alocação de TPU (transporte público urbano) inclui as opções de se utilizar na análise, uma zona, linha ou segmento, uma matriz de custos de passagem e ainda restringir áreas de estacionamento.

O UfosNet fornece os métodos de regressão usuais para estimar a geração de viagens, bem como o método de resposta rápida TRB 187 (TRB, 1978). Possui ferramentas para converter os dados de viagens do tipo PA (produção/atração) em OD (origem/destino) e balanceamento de OD. Na etapa de distribuição de viagens o programa fornece ferramentas para o cálculo dos tempos de viagem entre zonas baseado no vizinho mais próximo e nos métodos dos centróides ponderados.

A definição de rotas para transporte público urbano pode ser feita com base em um ou mais elementos de uma camada de linhas, ou seja, por um conjunto de links aos quais podem ser associados pontos de parada. Podem ser definidos fatores de tempo de viagem

para embarque/desembarque, espera inicial, embarque/desembarque em transferências, espera em transferências e espera dentro do veículo.

A velocidade de embarque/desembarque pode ser definida para cada link. Os volumes nas linhas de TPU e nos links de embarque/desembarque podem ser salvos em campos de links separados e os volumes de embarque inicial, embarque em transferências, desembarque final, desembarque em transferências e através das paradas podem ser armazenados em campos de nós separados.

2.3.3 O Software ArcGIS

De acordo com a ESRI (1996), o ArcGIS oferece uma solução para criar, visualizar, analisar e apresentar melhor e mais claramente a informação. A diferença entre este software e o, TransCAD é que para que ele possa executar operações específicas de transportes devem ser instalados módulos auxiliares.

Os módulos a serem estudados são: ArcView Network Analyst, que torna possível solucionar vários problemas envolvendo redes geográficas (ruas, rodovias, rios, etc) e ArcView Spatial Analyst, que faz análises com dados do tipo raster e faz a integração dos dados matriciais com os dados raster.

O ArcGIS é um programa de geoprocessamento no qual pode-se criar mapas inteligentes e dinâmicos utilizando-se dados de quaisquer recursos virtuais e plataformas computacionais mais populares. Possui uma interface amigável que fornece ferramentas e dados para realizar análises e trabalhar com mapas, tabelas de bancos de dados e gráficos. Realiza atualização dinâmica de dados e operações de endereçamento e geocodificação.

Possui inúmeros comandos e opções para a edição e visualização de mapas e dados, dentre eles: métodos de classificação de dados, apresentação e edição de legendas, mapas temáticos, adição de pontos, linhas ou polígonos a mapas existentes, apresentação e edição de rótulos a qualquer campo do mapa e fornece um número elevado de fontes e símbolos gráficos. Permite a edição dos campos geográficos e seus atributos e a entrada/edição desses através do mouse ou mesa digitalizadora. Realiza operações complexas de edição de vértices (adicionar, mover, apagar) e figuras (união, interseção,

combinação e extração de parte de uma figura). Realiza, também, atualização automática dos atributos editados e calcula novos valores para bancos de dados a partir de outras informações.

Quanto à importação e acesso aos dados, o programa em questão lê dados de mapas nos seguintes formatos: Shapefiles (*.SHP, extensão do próprio ArcView), ArcInfo, PC ArcInfo, AutoCAD (*.DXF e *.DWG) e MicroStation (*.DGN), e importa dados do tipo MapInfo, Atlas GIS e ASCII. Permite o acesso à imagens com extensão: GIF, RLC, EPS, TIFF, BIL, PICT, Landsat, BIP, JPEG, BSQ, BMP, SPOT, WMF, SunRaster ou ERDAS IMAGINE.

Utiliza bancos de dados, diretamente, nos formatos dBASE, INFO, Spatial Database Engine (SDE) e ASCII; e, através de operações ODBC, nos formatos ACCESS, Paradox, FoxPro, Oracle, SYBASE, INFORMIX, DB2 e INGRES. Quanto aos dados espaciais, são aceitos os formatos RDBMS.

O ArcGIS pode ser utilizado no âmbito governamental na gerência de zoneamentos, uso do solo, e outros serviços municipais. Outras aplicações estão na segurança pública, identificação de locais comerciais em desenvolvimento, planejamento de transportes, saúde pública, cadastramentos, serviços de emergência, análises criminais, logística, recursos naturais, educação, gerência de instalações, gerência do meio ambiente, turismo, entre outras.

É uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões, fornecendo um grande número de informações, o que pode resultar em melhores serviços, custos reduzidos e acesso a mais clientes.

O ArcGIS é um software modular, sendo que a sua configuração padrão não apresenta um grande número de ferramentas avançadas, tornando-o mais acessível a usuários com a necessidade de utilização de um programa SIG que apresente as ferramentas básicas de geoprocessamento e não seja tão específico quanto os demais.

O programa fornece módulos auxiliares que acompanham a sua versão padrão e podem ser ativados/desativados conforme a necessidade do usuário. São eles: *Projection*

UtilityI, Report Writer, CAD Reader, Database Access, Dialog Designer, Digitizer, Geoprocessing, Graticules and Measured Grids, Image Readers, Legend Tool, Military Data Readers, VPF Viewer, DXF Export, SDTS Data Import, DIGEST (ASRP/USRP), MGRS Coordinate Display, S-57 Data Converter e RPF Indexer.

Além destes, os seguintes módulos opcionais podem complementar o software ArcGIS:

- a. ArcView Spatial Analyst
- b. ArcView 3D Analyst
- c. ArcView Image Analysis
- d. ArcView Tracking Analyst
- e. ArcView Business Analyst
- f. ArcView Network Analyst
- g. ArcView StreetMap
- h. ArcView StreetMap 2000
- i. ArcPress for ArcView

Dado o interesse particular deste trabalho no uso da plataforma ArcGIS 10.1 e principalmente em dois dos módulos opcionais, as ferramentas disponíveis nos mesmos serão listadas a seguir. No módulo *ArcView Network Analyst* estas ferramentas são:

- a. Acessar dados de uma rede geográfica;
- b. Encontrar a melhor rota entre duas localizações ou o melhor caminho para cobrir vários pontos;
- c. Criar áreas de serviço com base no tempo de viagem ou distância;

As ferramentas disponíveis no módulo *ArcView Spatial Analyst* são:

- a. Converter temas (pontos, linhas ou polígonos) em uma grade;
- b. Criar áreas de abrangência com base no parâmetro distância a partir de qualquer elemento ou conjunto de elementos vetoriais ou raster;
- c. Criar mapas de densidade a partir de uma camada de pontos;
- d. Criar superfícies contínuas a partir de uma camada de pontos;

- e. Realizar vários tipos de análises em mapas de superfícies;
- f. Criar mapas de relevo topológicos e hidrológicos;
- g. Realizar análises zonais;

2.4 Exemplos de tomadas de decisão em transporte com base em SIG

Pimentel e Salgado (1994) observaram que para o uso adequado de um SIG, é necessário um trabalho conjunto entre os usuários finais e aqueles que desenvolvem os sistemas. A falta de comunicação ou troca de informações entre os envolvidos no processo acarreta um produto final que geralmente não atende plenamente às necessidades dos usuários. Os autores mostraram que somente com o trabalho harmônico entre os envolvidos será possível a otimização do processo de desenvolvimento e utilização de um SIG.

No trabalho de Nassi *et al.* (1996), foi apresentada uma experiência prática mostrando os primeiros passos na implantação de um SIG em grandes cidades como no Rio de Janeiro e Recife. O objetivo era gerar imagens para cadastro que auxiliassem no planejamento do transporte público urbano. Para isso foi necessária a representação gráfica de alguns dos principais componentes do sistema, tais como: cadastro de ruas e avenidas do município, itinerários de linhas, perfis de carregamento de linhas e rotas, entre outros. Com a base cartográfica criada e utilizando as ferramentas do SIG, foi possível, segundo os autores, o planejamento e operação do transporte público urbano por seus administradores.

Moura (2001) avaliou o potencial do SIG como instrumento para otimizar rotas de entregas de mercadorias, desenvolvendo um estudo de caso nessas rotas percorridas pela empresa responsável em fazer as entregas de mercadorias de um supermercado selecionado. Tendo como base a rede do sistema viário, as rotas foram geradas, possibilitando a localização automática dos endereços dos clientes e a visualização das mesmas. A autora comprovou que a utilização do *software* ArcView para geração e edição dos arcos da rede é um recurso eficiente confirmando a sua potencialidade. O uso do recurso de geocodificação de endereços permitiu maior flexibilidade e rapidez na localização dos endereços dos clientes. Portanto, a utilização do ArcView é viável para

otimização das rotas de entregas de mercadorias permitindo obter uma redução média de 13% nas rotas estudadas.

McGinley (2000) abordou um estudo realizado pelo Departamento de Infraestrutura de Victoria onde se propôs demonstrar uma metodologia de análise prática para avaliação de novas propostas de rotas de transporte baseado no SIG para identificar e classificar as áreas que mais necessitam de serviços adicionais.

O trabalho descreve o desenvolvimento de um quadro de SIG onde numa primeira abordagem faz uso de várias fontes de informação eletrônica permitindo assim um planejamento tático sensível à continua construção de loteamentos na cidade de Melbourne, definindo um segmento importante para a captação de usuários e determinando como a demanda das viagens é distribuída em toda a área metropolitana.

Foram avaliados também determinantes potenciais ligados à demanda tais como frequência dos ônibus, disponibilidade de outros meios de transporte localização e os tempos das viagens. A abordagem baseada no GIS usou uma variedade de conjuntos de dados eletrônicos só recentemente disponíveis para o serviço e planejamento de infraestrutura, fazendo uma abordagem de um cadastro, armazenando as informações da população e do uso do solo com alta precisão espacial tornando-se um método ideal para muitos tipos de coleta e análise em outros setores.

Um sistema de apoio à decisão integrado em um sistema de informação geográfica (SIG) para a análise e avaliação das diferentes políticas de transporte na área da grande Atenas, na Grécia é apresentado no trabalho de Arampatzis *et al.* (2001), com o objetivo de ajudar os administradores a melhorar a eficiência do fornecimento de transporte, e ao mesmo tempo melhorar os indicadores ambientais e energéticos.

O sistema funciona em três níveis. O primeiro realiza a análise de rede de transportes, a segunda avalia o consumo de energia e as emissões de poluentes e o terceiro avalia as várias políticas selecionadas.

O tráfego rodoviário é simulado usando um modelo de alocação de tráfego com restrições de capacidade, permitindo estimar padrões de fluxo de tráfego dentro de cada

anel da rede rodoviária a partir do conhecimento das características de rede e a demanda de tráfego. Fundamentando consumo de energia e cálculos de poluentes e emissões na metodologia desenvolvida pelo grupo de trabalho.

A avaliação de cada cenário é baseada em uma série de indicadores de tráfego, ambientais e energéticos adotando uma análise multicritérios, onde a decisão é baseada em julgamento sobre critérios ponderados apropriados, integrados em um ambiente GIS.

No trabalho de Vandebulcke *et al.* (2007) foram calculados uma série de indicadores de análise para a acessibilidade por carro a diferentes tipos de destino, durante períodos de alto e baixo fluxo veicular. A análise apresenta a acessibilidade em termos de tempo de viagem por estrada para: a) Estações, b) Aeroportos; c) Postos de trabalho; d) População; e) Centros urbanos. Classificados pela hierarquia (grandes cidades, metrópoles regionais, pequenas cidades com nível médio-alto fraco de equipamentos urbanos).

Nesse contexto, os SIG são usados para mostrar que a escolha dos dados é uma questão fundamental para a tomada de decisão e modelagem de transporte.

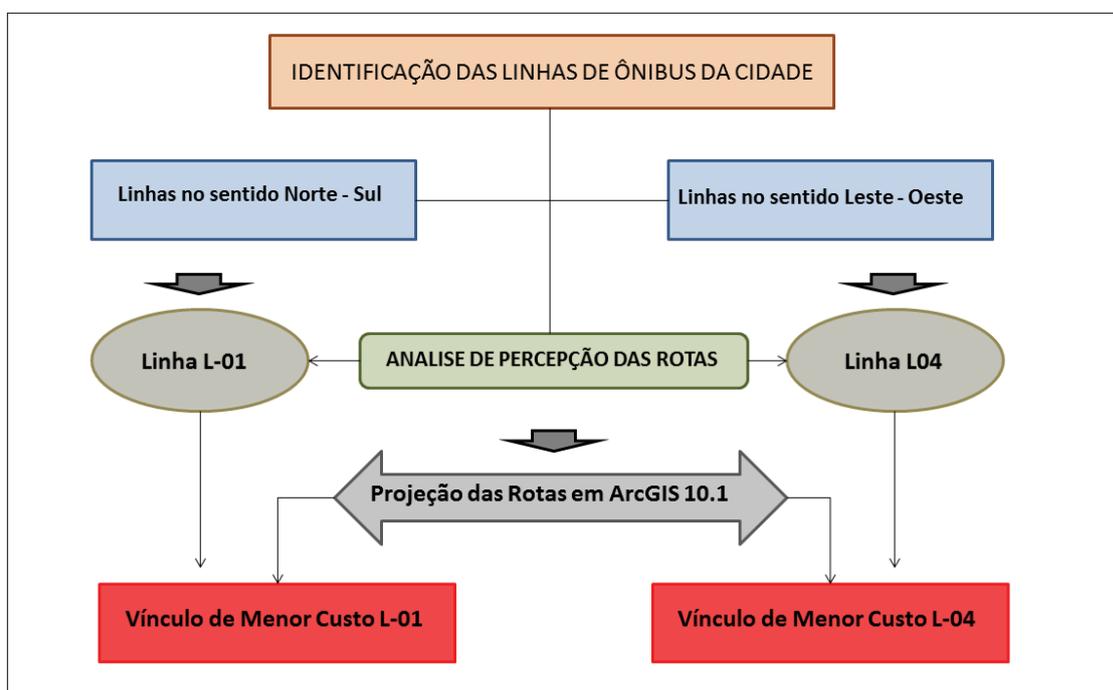
Qualquer que seja a escala de análise, um governo precisa bancos de dados compatíveis, e detalhados para os diferentes modos de transporte, assim como materiais transportados (bens, pessoas, etc) com o objeto de minimizar os impactos na implantação do uso do solo e no planejamento do sistema.

3 METODOLOGIA

3.1 Fluxograma da investigação

O projeto iniciou-se identificando as linhas de ônibus que prestam o serviço na cidade de Passo Fundo na qual para uma melhor análise foram divididas segundo o seu sentido de deslocamento como pode ser visto na figura 9. Escolhendo se duas linhas representativas para fazer o estudo de percepção e a posterior projeção das rotas com ajuda do ArcGIS.

Figura 9: Fluxograma da metodologia.



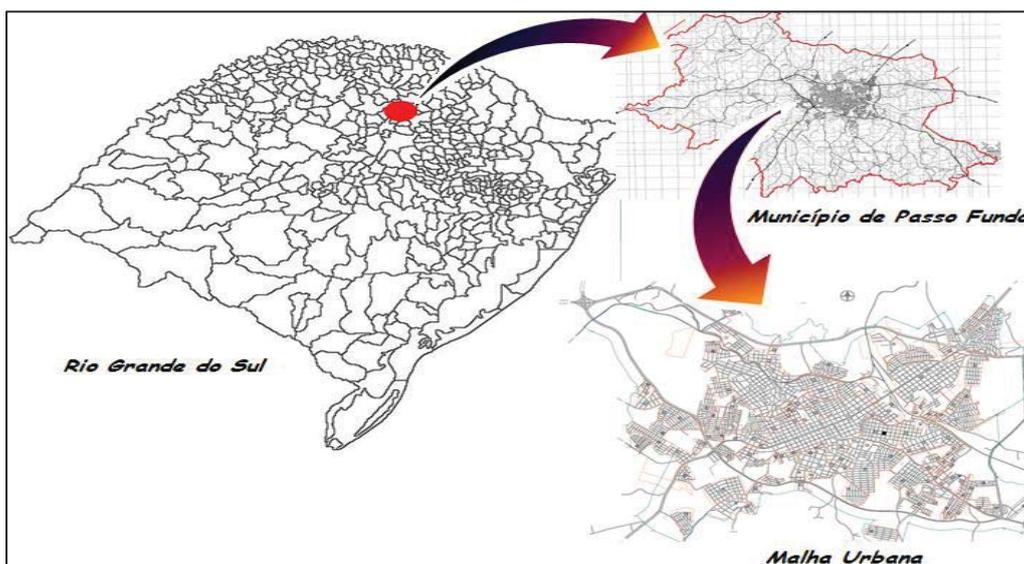
Fonte: Autor (2013).

3.2 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o transporte coletivo urbano da cidade de Passo Fundo, município pertencente à região sul do Brasil e localizado no interior do Estado do Rio Grande do Sul. Considerado um centro sub-regional no país, está localizada na Mesorregião do Noroeste Rio-grandense como se observa na Figura 10.

Passo Fundo é a maior cidade do norte do estado, sendo considerada cidade média. O município possui uma área territorial de 783,421Km², sendo um dos municípios mais densos do Estado (235,92 Hab./Km²). O PIB do município é de 4.551,198 mil reais (2010) e a renda per capita média de 24.618,50 Reais (IBGE, 2010). A estimativa da população pelo IBGE, segundo o Censo 2010, é de 186.028 habitantes. Entretanto, aparenta ser bem mais populosa, por ser uma cidade universitária (PREFEITURA MUNICIPAL, 2012).

Figura 10: Localização de Passo Fundo no Rio Grande do Sul.



Fonte: Autor com dados da Prefeitura de Passo Fundo. RS. (2012).

Atualmente a cidade de Passo Fundo está dividida em 98 bairros agrupados em 22 setores (Tabela 3) que em conjunto somam um total da população urbana de 179.548 pessoas. O setor 1, correspondente aos bairros Centro e Vila Vergueiro, apresenta o maior nível de densidade, com uma concentração da população de 25.341 pessoas e o maior número de rotas de ônibus.

Tabela 3: Divisão populacional de Passo Fundo.

PASSO FUNDO: SETORES URBANOS						
SETOR	BAIRROS/VILAS/LOTEAMENTOS	POPULAÇÃO *		ÁREA **		DENSIDADE HAB/KM ²
		HAB.	%	KM ²	%	
1 - CENTRO	CENTRO E VILA VERGUEIRO	25314	14,10	3,21	4,01	7885,98
2 - BOQUEIRÃO	BAIRRO BOQUEIRÃO, VILA OPERÁRIA, VILA INDEPENDENTE, LOT. PAMPA, NH JOSÉ SECHI, NH EDMUNDO TREIN, VILA BERTHIER, MORADA DA COLINA, LOT. MENINO DEUS	19500	10,86	4,81	6,02	4054,05
3 - VERA CRUZ	BAIRRO VERA CRUZ, LOT. NONOAI, VILA DONA ELUIZA, PQ. LEÃO XIII, SÃO BENTO, HÍPICA	19797	11,03	4,31	5,39	4593,27
4 - PETRÓPOLIS	BAIRRO PETRÓPOLIS, LOT. INVERNADINHA (DIST. INDUSTRIAL), LOT. CID. UNIVERSITÁRIA	12084	6,73	6,39	7,99	1891,08
5 - SÃO LUIZ GONZAGA	BAIRRO SÃO LUIZ GONZAGA, PARQUE FARROUPILHA, LOT. MANOEL CORRALO, LOT. NOVA ESTAÇÃO, VILA ENTRE RIOS, VILA FERROVIÁRIA, VILA ISABEL, PQ. BELA VISTA	10757	5,99	5,65	7,07	1903,89
6 - CRUZEIRO	VILA CRUZEIRO E VILA ALICE	2478	1,38	0,45	0,56	5506,67
7 - LUCAS ARAÚJO	BAIRRO LUCAS ARAÚJO, VILA SCHELL, VILA REIS, VILA SIMON, VILA CARMEM LOT. PARQUE DON RODOLFO	8532	4,75	3,99	4,99	2138,35
8 - SANTA MARTHA	BAIRRO SANTA MARTHA, BAIRRO N. 5ª APARECIDA, LOT. JD AMÉRICA, VILA DONÁRIA VILA 20 DE SETEMBRO, LOT. FORÇA E LUZ	5355	2,98	5,61	7,02	954,55
9 - INTEGRAÇÃO	BAIRRO PROF. SHISSLER, BAIRRO INTEGRAÇÃO, VILA XANGRI-LÁ, LOT. RECREIO, J. COELHO, LOT. BOQUEIRÃO, LOT. PQ. DO SOL OU VIAJANTES, LOT. MORADA DO SOL, VILA IPIRANGA	7829	4,36	4,56	5,70	1716,89
10 - VICTOR ISSLER	VILA VICTOR ISSLER	3806	2,12	1,97	2,46	1931,98
11 - SÃO JOSÉ	BAIRRO SÃO JOSÉ, LOT. LEONARDO ILHA I E II, LOT. DA BRIGADA MILITAR, CAMPUS UPF	8240	4,59	3,23	4,04	2551,08
12 - SÃO CRISTÓVÃO	BAIRRO SÃO CRISTÓVÃO, RICCI, J. ANDRÉ REBECHI, COPACABANA, LOT. CÉSAR SANTOS, LOT. SÃO CRISTÓVÃO II, LOT. VIA SUL, LOT. STO ANTÔNIO	11154	6,21	5,04	6,30	2213,10
13 - ROSELÂNDIA	BAIRRO SANTA RITA E COMPLEXO TURÍSTICO ROSELÂNDIA	1469	0,82	2,93	3,66	501,37
14 - VILLA MATTOS	LOT. MAGGI DE CÉSARO, VILA MATTOS, PARTE DO LOT. VIA SUL	1484	0,83	1,88	2,35	789,36
15 - FÁTIMA	VILA ANNES, VILA FÁTIMA, PARTE DA VILA DONA ELUIZA, STA TEREZINHA	5875	3,27	1,24	1,55	4737,90
16 - JOSÉ A. ZACCHIA	BAIRRO JOSÉ A. ZACCHIA	3342	1,86	1,27	1,59	2631,50
17 - VALINHOS	BAIRRO VALINHOS, LOT. INDUSTRIAL E SÃO LUCAS, LOT. PIO II, PARQUE DOS COMERCIÁRIOS, DISTRITO INDUSTRIAL (VALINHOS)	4122	2,30	6,81	8,52	605,29
18 - LUIZA	VILA LUIZA, VILA TUPINAMBÁ, VILA JARDIM, VILA AMBROZINA VILA BOA VISTA, VILA GUILHERME MORCH, LOT. EDU REIS	7980	4,44	1,99	2,49	4010,05
19 - RODRIGUES	VILA RODRIGUES, VILA POPULAR	5195	2,89	1,11	1,39	4680,18
20 - SANTA MARIA	VILA SANTA MARIA, VILA SANTA MARIA, VILA REINALDO PATUSSI, VILA NOVA	4516	2,52	8,76	10,96	515,53
21 - PLANALTINA	REGIÃO DO BAIRRO PLANALTINA, VILA PLANALTINA VILA IVO FERREIRA BOM JESUS, LOT. ESCOLA RURAL, LOT. DOM FELIPE	6384	3,56	1,9	2,38	3360,00
22 - NENÉ GRAEFF	VILA NENÉ GRAEFF, LOT. GARDEN, LOT. NENÉ GRAEFF	4335	2,41	2,85	3,56	1521,05
TOTAL		179.548		79,96		2245,47

Fonte: Ferretto (2012).

3.3 Identificação das linhas de transporte coletivo a serem estudadas

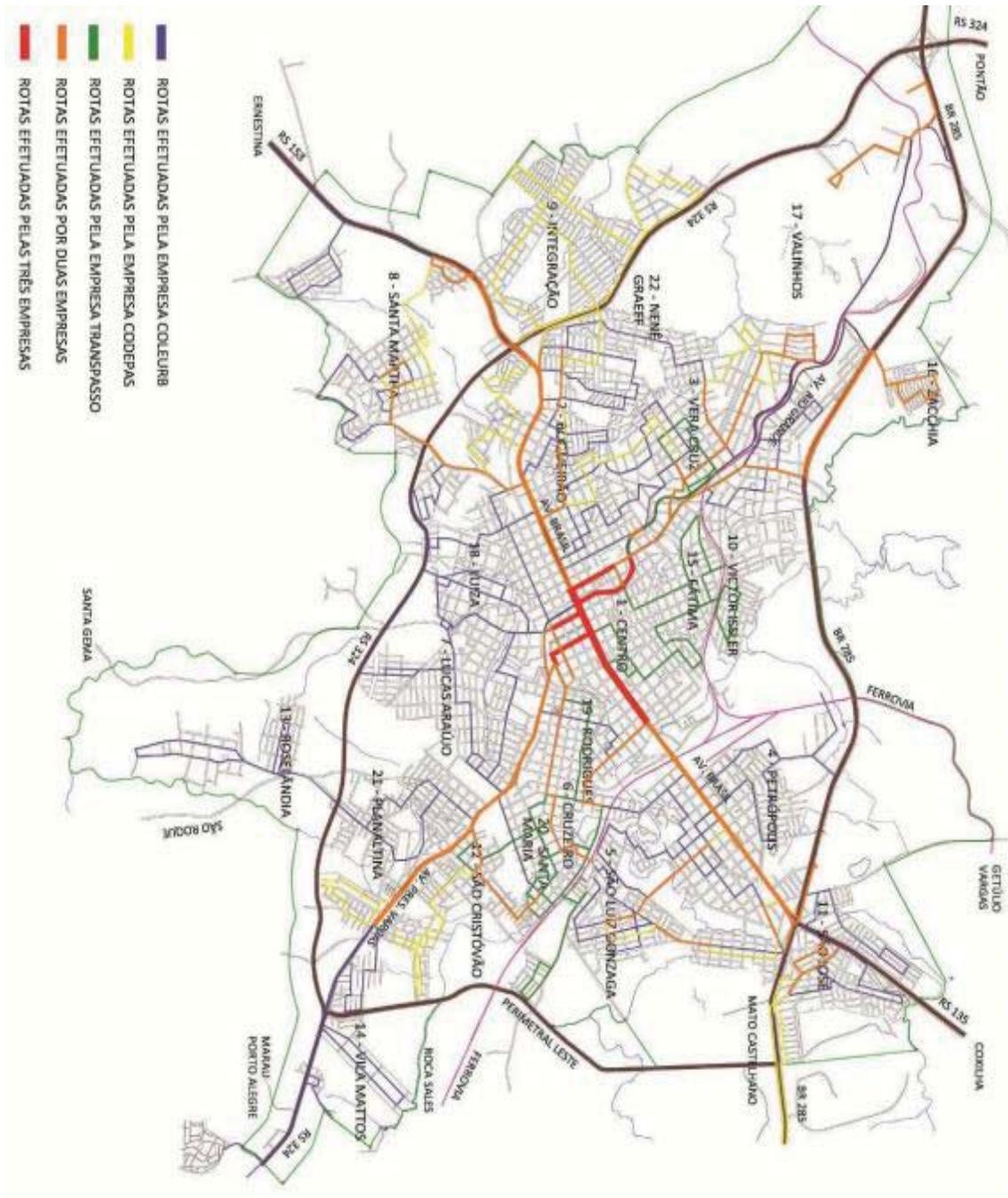
As informações a respeito do número de linhas urbanas existentes no município de Passo Fundo, bem como as quantidades e fluxos de passageiros, foram fornecidas pela empresa Coleurb e a Secretaria de Transportes e Serviços Gerais da Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

Para a caracterização das linhas urbanas do município, fez-se um levantamento de informações nas diferentes empresas de transporte coletivo da cidade, identificando-se as linhas e seus itinerários, assim como também as rotas de maior cobertura, fluxo e número de usuários transportados.

De acordo com dados da prefeitura municipal, a cidade de Passo Fundo apresenta três empresas de transporte coletivo urbano, dentre as quais, foi selecionada a empresa Coleurb como o foco de estudo, uma vez que esta possui maior número de rotas disponibilizadas para o atendimento da população.

Na Figura 11, apresenta-se o mapa das linhas de ônibus de Passo Fundo, observa-se que das três empresas que atendem a cidade, a maioria das rotas passam pelo centro. Os trechos representados nas cores laranja e vermelho representam sobreposições de linhas de duas ou três empresas, respectivamente. As rotas têm como eixos estruturais a Avenida Brasil, Presidente Vargas e Rio Grande. No centro da cidade as ruas com maior fluxo de ônibus são: Bento Gonçalves, Sete de Setembro e Coronel Chicuta. Para uma análise melhor das linhas, foram formados dois grupos com respeito ao sentido de deslocamento, as que fazem o seu percurso em sentido Leste – Oeste e as que percorrem a cidade no sentido Norte – Sul.

Figura 11: Mapa das linhas de ônibus de Passo Fundo.



Fonte: Ferretto (2012).

3.3.1 Linhas no sentido Norte – Sul

No sentido Norte-Sul, a empresa Coleurb disponibiliza 10 linhas que atendem, aproximadamente, 50.000 usuários, o seu eixo principal de deslocamento é na avenida presidente Vargas convergindo na Avenida Brasil no setor centro da cidade. As linhas que compõe este grupo são:

- a. L 01 Vera Cruz - São Cristóvão
- b. L07 Planaltina - Hípica
- c. L09 São João - Praça Tamandaré
- d. L10 Ricci - Garden
- e. Circular Vera Cruz
- f. L14 BR 285 - São Luiz
- g. L15 São Luiz – Zacchia
- h. L17 São Cristóvão - Universidade
- i. L22 Centro – Maggi
- j. L26 Centro – Roselândia.

3.3.2 Linhas no sentido Leste – Oeste

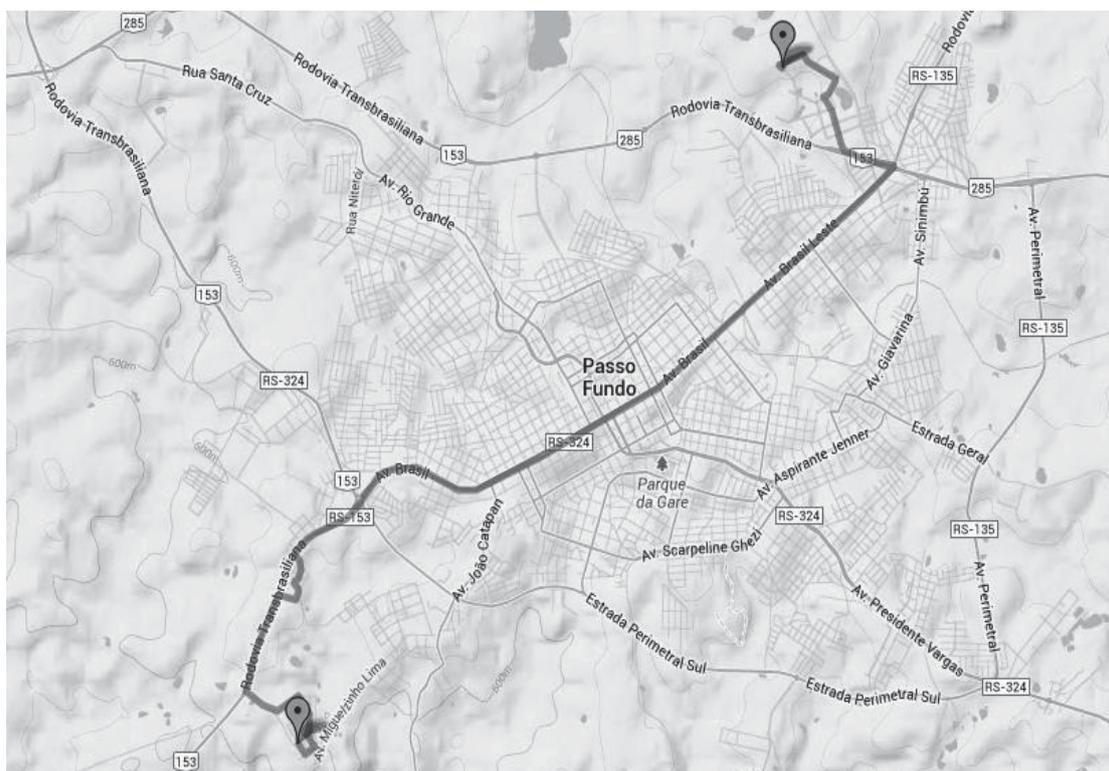
A empresa Coleurb possui cerca de 24 linhas que atendem a maior parte de bairros da cidade, dentre as quais seis tem estabelecido o seu principal eixo de deslocamento na Avenida Brasil. Percorrendo a cidade longitudinalmente no sentido leste oeste. São elas:

- a. L03 Edmundo Trein – São José
- b. L03 Edmundo Trein – São José Circular
- c. L04 Jeronimo Coelho Universidade (Via Jardim América)
- d. L06 Universidade Vila Luiza (Via Coronel Chicuta)
- e. L08 Loteamento Umbu – Bom Recreio
- f. TA 01 São José – Seminário
- g. L05 Operária – Petrópolis

A coleta da informação das rotas urbanas foi feita em função da frequência, quantidade de ônibus da rota, usuários transportados, e número das viagens; onde foram excluídas as rotas curtas e as circulares.

A escolha das linhas objeto de estudo se realizou atendendo aos fluxos de deslocamento de passageiros, dentro das quais, as linhas L 04 (leste - oeste) de Jeronimo Coelho via Jardim América até a Universidade de Passo Fundo (Figura 12) e a linha L 01 (norte-sul) que faz o percurso desde o bairro Vera Cruz até São Cristóvão (Figura 13); mostraram vantagem significativa em relação ao número de usuários transportados, com respeito às outras linhas operadas pela empresa Coleurb transportando cada uma em media 3.300 usuários diariamente.

Figura 12: Rota L 04 Jeronimo Coelho via Jardim América – Universidade.



Fonte: Autor com dados da Coleurb. (2013).

3.4.2 Equipamentos

O equipamento GPS portátil (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) marca GARMIN, modelo GPSMAP 76CSX.

3.3.3 Fontes de informação

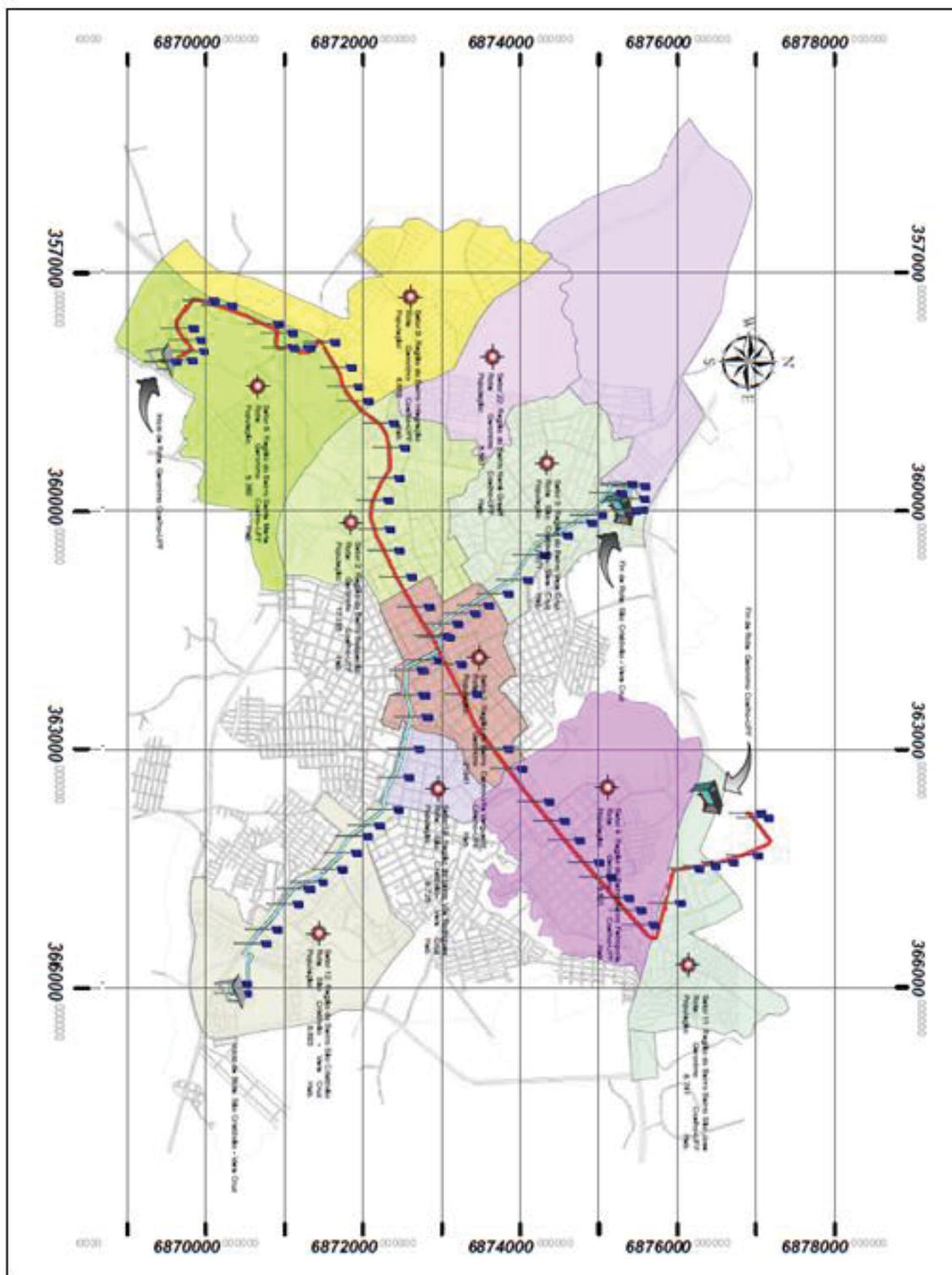
As fontes de informação foram classificadas em duas categorias: cartográficas e de transporte público. A principal fonte de informação cartográfica na qual se baseou o sistema de informação geográfica foram as cartas do Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico Região sul do Brasil, folhas: SH. 22-V-B-I-3 MI-2918/3 e SH. 22-V-B-I-1 MI-2918/1 ESC- 1:50.000. Além disso, foi utilizada informação em formato CAD fornecida pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de 2004, assim como dados de altimetria da Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN).

Como cartografia geral da cidade, foi utilizado um mapa da Associação de Moradores por Setor Urbano. Lei 131/04 fornecido pela Prefeitura Municipal da cidade de Passo Fundo.

Em virtude de constituir-se em um sistema flexível e adaptar-se à realidade de qualquer cidade, a exemplificação poderia ter sido inteiramente fictícia. Entretanto optou-se por um exemplo real, tendo em vista que uma situação conhecida forneceria melhores subsídios para as análises requeridas.

Na Figura 14 são apresentadas as rotas escolhidas para o projeto piloto, a informação relativa sobre o transporte coletivo urbano incorpora referências gerais do sistema, assim como informação específica das rotas: L 04 (Leste – Oeste) de Jerônimo Coelho via Jardim América até a Universidade de Passo Fundo e L 01 (Norte - Sul) de Vera Cruz até São Cristóvão.

Figura 14: Rotas escolhidas para o projeto piloto.



Fonte: Autor. (2014).

Cabe salientar que as fontes correspondentes à informação geral sobre o sistema de transporte coletivo urbano compreendem dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, assim como informação da Prefeitura Municipal de Passo Fundo e a empresa Coletivo Urbano Ltda; onde estão estabelecidos os itinerários das rotas do sistema, os custos do serviço de transporte 2013-2014 e as informações territoriais.

3.4.3 Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado sobre duas rotas de transporte público da cidade, operadas pela Empresa Coletivo Urbano Ltda. COLEURB. As coordenadas geográficas exatas dos pontos de ônibus foram obtidas utilizando um aparelho GPS portátil (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), marca GARMIN, modelo GPSMAP 76CSX. Para isto, o aparelho foi posicionado em cada uma das paradas de ônibus que cobriam as rotas escolhidas para o projeto piloto, e suas coordenadas foram salvas junto com a sua respectiva elevação no equipamento e anotadas na caderneta de campo.

Com relação às informações referentes à quantidade de usuários transportados, os órgãos pesquisados, não possuíam nenhum registro para a realização do estudo. No entanto, em acompanhamentos feitos foi realizado um levantamento na linha L 04, dando um total aproximado de 3200 usuários transportados diariamente, num total de 70 veículos, distribuídos em intervalos de 15 minutos, dos quais o 50% estão equipados com plataforma para o transporte de pessoas portadoras de deficiência (APD).

A Tabela 4 apresenta o itinerário da linha L 04, cuja jornada começa às 06h25min no bairro Jerônimo Coelho, e faz o último percurso às 23h30min encerrando a jornada no centro da cidade.

Tabela 4: Frequência horária diária de transportes da Rota L04.

<i>Linha 04 J. Coelho - Universidade</i>																												
<i>Dias Úteis</i>																												
<i>Sentido: J. Coelho / UPF</i>																												
<i>Manhã</i>																												
J. Coelho	06:21	06:36	06:51	07:06	07:21	07:36	07:51	08:06	08:21	08:36	08:51	09:06	09:21	09:36	09:51	10:06	10:21	10:36	10:51	11:06	11:21	11:36	11:51					
Centro	06:40	06:59	07:16	07:29	07:44	07:59	08:14	08:29	08:44	08:59	09:14	09:29	09:44	09:59	10:14	10:29	10:44	10:59	11:14	11:29	11:44	11:59						
UPF	06:55	07:21	07:36	07:51	08:06	08:21	08:36	08:51	09:06	09:21	09:36	09:51	10:06	10:21	10:36	10:51	11:06	11:21	11:36	11:51								
<i>Tarde</i>																												
J. Coelho	12:06	12:21	12:36	12:51	13:06	13:21	13:36	13:51	14:06	14:21	14:36	14:51	15:06	15:21	15:36	15:51	16:06	16:21	16:36	16:51	17:06	17:21	17:36	17:51	18:06	18:21	18:36	18:51
Centro	12:14	12:29	12:44	12:59	13:14	13:29	13:44	13:59	14:14	14:29	14:44	14:59	15:14	15:29	15:44	15:59	16:14	16:29	16:44	16:59	17:14	17:29	17:44	17:59	18:14	18:29	18:44	18:59
UPF	12:06	12:21	12:36	12:51	13:06	13:21	13:36	13:51	14:06	14:21	14:36	14:51	15:06	15:21	15:36	15:51	16:06	16:21	16:36	16:51	17:06	17:21	17:36	17:51	18:06	18:21	18:36	18:51
<i>Noite</i>																												
J. Coelho	19:06	19:21	19:36	19:51	20:06	20:21	20:36	20:51	21:06	21:21	21:36	21:51	22:06	22:21	22:36	22:51	23:06	23:21	23:36									
Centro	19:14	19:29	19:44	19:59	20:14	20:29	20:44	20:59	21:14	21:29	21:44	21:59	22:14	22:29	22:44	22:59	23:14	23:29	23:44	23:59								
UPF	19:06	19:21	19:36	19:51	20:06	20:21	20:36	20:51	21:06	21:21	21:36	21:51	22:06	22:21	22:36	22:51	23:04	23:21	23:36									
Veículo adaptado para o transporte de pessoas descapacitadas																												

Fonte: Autor. (2014).

No sentido Jerônimo Coelho (via Jardim América) – Universidade de Passo Fundo. Esta linha cobre os seguintes bairros:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| a. Loteamento Jardim América; | g. Vila Graeff; |
| b. Vila N.S. Da Aparecida; | h. Vila Feroldi; |
| c. Vila Jeronimo Coelho; | i. Centro; |
| d. Loteamento Boqueirão; | j. Lot. Jardim Primavera; |
| e. CJ. Hab. Luiz Secchi; | k. Vila Petrópolis; |
| f. Vila Agostinho Carrão; | l. Lot. Cidade Universitária. |

No caso da linha L 01, esta inicia jornada às 06h25min no bairro Vera Cruz e faz o último percurso às 01h58min e encerrando jornada no centro da cidade (Tabela 5). Mediante o levantamento feito na rota, comprovou-se que esta tem um fluxo diário de, aproximadamente, 3.200 usuários em dias úteis, num total de 62 viagens, distribuídos em intervalos de 15 minutos dos quais 45% estão equipados para o transporte de pessoas portadoras de deficiência (APD).

Tabela 5: Frequência de transportes das rotas analisadas.

Linha 01 São Cristóvão - Vera Cruz.																											
Dias Úteis																											
Sentido: S. Cristóvão / V. Cruz																											
Manhã																											
V. Cruz	06:25	06:41	06:57	07:13	07:29	07:45	08:01	08:17	08:33	08:49	09:05	09:21	09:37	09:53	10:09	10:25	10:41	10:57	11:13	11:29	11:45						
Centro	06:43	06:59	07:15	07:31	07:47	08:03	08:19	08:35	08:51	09:07	09:23	09:39	09:55	10:11	10:27	10:43	10:59	11:15	11:31	11:47							
S. Cristóvão	07:05	07:21	07:37	07:53	08:09	08:25	08:41	08:57	09:13	09:29	09:45	10:01	10:17	10:33	10:49	11:05	11:21	11:37	11:53								
Tarde																											
V. Cruz	12:01	12:17	13:33	12:49	13:05	13:21	13:37	13:53	14:09	14:25	14:41	14:57	15:13	15:28	15:45	16:01	16:17	16:33	16:45	17:05	17:21	17:37	17:53	18:04	18:25	18:41	18:57
Centro	12:03	12:21	12:35	12:51	13:07	13:23	13:39	13:55	14:11	14:27	14:43	14:59	15:15	15:31	15:46	16:03	16:19	16:35	16:51	17:04	17:23	17:39	17:55	18:11	18:27	18:43	18:59
S. Cristóvão	12:09	12:25	12:41	12:57	13:13	13:29	13:45	14:01	14:17	14:33	14:49	15:05	15:21	15:37	15:53	16:05	16:25	16:41	16:57	17:13	17:25	17:45	18:01	18:17	18:33	18:49	
Noite																											
V. Cruz	19:13	19:29	19:45	20:01	20:17	20:49	21:21	21:37	22:09	22:41	22:57	00:01	01:00	01:58													
Centro	19:15	19:30	19:47	20:03	20:19	20:35	21:07	21:39	21:55	22:27	22:53	23:15	00:15	01:15	02:08												
S. Cristóvão	19:05	19:21	19:37	19:50	20:09	20:41	20:57	21:29	22:01	22:17	22:49	23:21	23:35	00:30	01:30												
	Veículo adaptado para o transporte de pessoas descapacitadas																										
	Encerra no Centro																										
	Via Bairro Industrial																										

Fonte: Autor. (2014).

No sentido São Cristóvão – Vera Cruz, esta linha cobre os seguintes bairros:

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| a. Lot. Assoc. atletas do bb | g. Centro |
| b. Vila Vera Cruz | h. Vila Rodrigues |
| c. Vila Primeiro Centenário | i. Vila Exposição |
| d. Vila Lagoa do Potreiro | j. Lot. Sagrada Família |
| e. Loteamento Nonai | k. Loteamento Vila Sul |
| f. Lot. Moreno dos Santos | l. São Cristóvão. |

Após o levantamento das informações referentes às linhas escolhidas para o projeto piloto durante a pesquisa de campo, entrou-se em contato com os usuários do sistema, para realizar uma análise avaliando, segundo as suas visões dados relativos às viagens com o objetivo de investigar os tempos de espera, e o nível de importância que os usuários dão a este tempo com relação a outros atributos como quadras caminhadas, tempo da viagem, comodidade e tarifa.

As informações para o planejamento da melhor rota e a distribuição das paradas, foram obtidas através do questionário adaptado de Wright e Hook (2008). Para isto, os dados foram coletados em acompanhamentos feitos às rotas e nas paradas de ônibus da

área central da cidade de Passo Fundo, nos meses de maio e junho de 2013, em condições normais de trânsito, clima e atividade urbana.

3.5 Construção da base de dados geográfica das rotas de transporte coletivo

A construção da base de dados das rotas de transporte coletivo foi iniciada com a digitalização do mapa da associação de moradores por setor urbano e das curvas de nível da Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN) junto com a rede viária identificando as rotas selecionadas para o projeto piloto no programa AutoCAD 2014. Posteriormente, procedeu-se a digitalização em ArcGIS do *Shape* base da cidade.

Levando em consideração que as cartas do Ministério do Exército – Diretoria de Serviços Geográficos estão georreferenciadas com o *Datum* Córrego Alegre, procedeu-se com a georreferenciação em WGS 1984, sistema comumente utilizado pela ferramenta Google Earth e que previamente foi configurado para mostrar a sua localização no sistema UTM.

Com o auxílio do equipamento de posicionamento global GPSmap 76CSx da Garmin foi feito um levantamento das coordenadas UTM (latitude e longitude) assim como dos dados de altitude específicos de cada parada de ônibus. Através do ArcGIS foram criados os respectivos *Shapes* que conformaram o desenho do sistema de transporte existente (rotas selecionadas) para serem analisados em SIG.

Com a finalidade de analisar a topografia urbana das rotas selecionadas foi elaborado, com ajuda da ferramenta *3D Analyst Tools* do ArcToolbox, um modelo de elevação digital DEM com o seu respectivo *Raster* de pendentes, padrão fundamental para o traçado da nova rota.

Para o traçado da nova rota foi gerado um *Raster* de superposição ponderada onde se teve em conta a população transportada e o grau de influência da pendente, o que determinaria um menor consumo de energia por parte dos veículos causando uma despesa de deslocamento menor para as empresas e um custo de serviço mais baixo para os usuários.

A determinação do percurso de menor custo foi realizada através das ferramentas de distância presentes na extensão *Cost Distance* do *Spatial Analyst* do ArcGIS 10.1.

Inicialmente foi criado um *Raster* de custo de distância com a pendente como maior grau de influência o que gerou o vínculo de menor custo acumulativo *Cost Path Link* e com ajuda da ferramenta *Cost Path* foi desenhado o traçado da rota mais eficiente. Posteriormente, a rota foi adaptada ao sistema viário dos setores envolvidos no projeto piloto para o traçado de cada uma das rotas, conectando o ponto inicial da linha ao final da rota evitando pontos críticos do sistema viário e resultando mais eficiente sobre a superfície de custo.

O *Cost Path Link* permitiu descobrir o percurso mais custo-eficientes entre o ponto de início e o final de rota sobre uma superfície de custo em formato *Raster* onde cada célula tomou o valor do custo do seu atravessamento em relação aos critérios considerados, neste caso a topografia do terreno.

4 Apresentação dos resultados

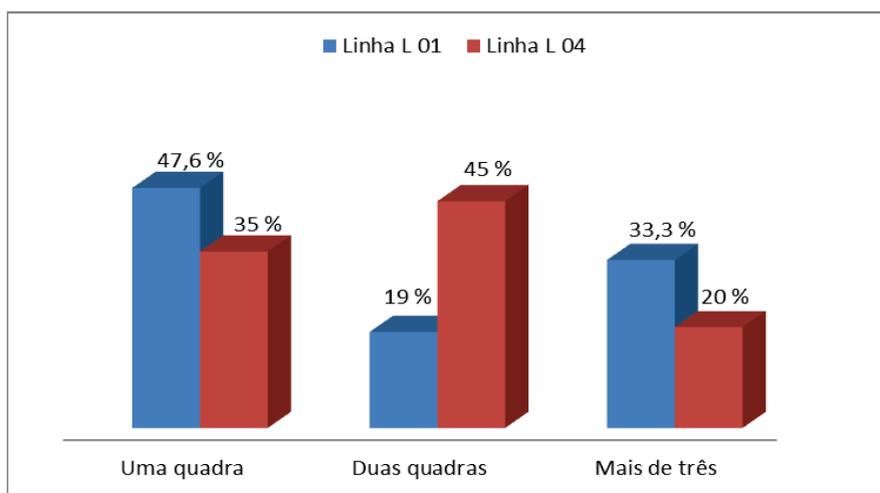
4.1 Percepção do serviço do sistema de transporte coletivo pelos usuários

Após o levantamento das informações referentes às linhas escolhidas, em pesquisa de abordagem dentro dos veículos, entrou-se em contato com os usuários do sistema na área definida para implantação do projeto piloto por meio da entrega de um formulário semiestruturado para ser preenchido e devolvido dentro do veículo, contendo um questionário elaborado para obter dados relativos às viagens e a qualificação da importância relativa associada às principais variáveis do serviço. (Anexo 1)

Com o objetivo de obter um maior número de informações, além da pesquisa padrão, foi disponibilizado dentro da Universidade de Passo Fundo, o questionário na *Web* via *Google Docs* para usuários frequentes das linhas estudadas, completando um total de 120 entrevistas para as duas rotas de serviço público.

Corroborou-se através desta pesquisa que 80% dos usuários das duas linhas fazem a viagem sentada, em condições de conforto considerados normais. Para a identificação do indicador referente à distância caminhada até o ponto de ônibus, realizou-se a aplicação de um questionário semiestruturado, os resultados obtidos são apresentados na Figura 14.

Figura 15: Quadras caminhadas até o ponto de ônibus.

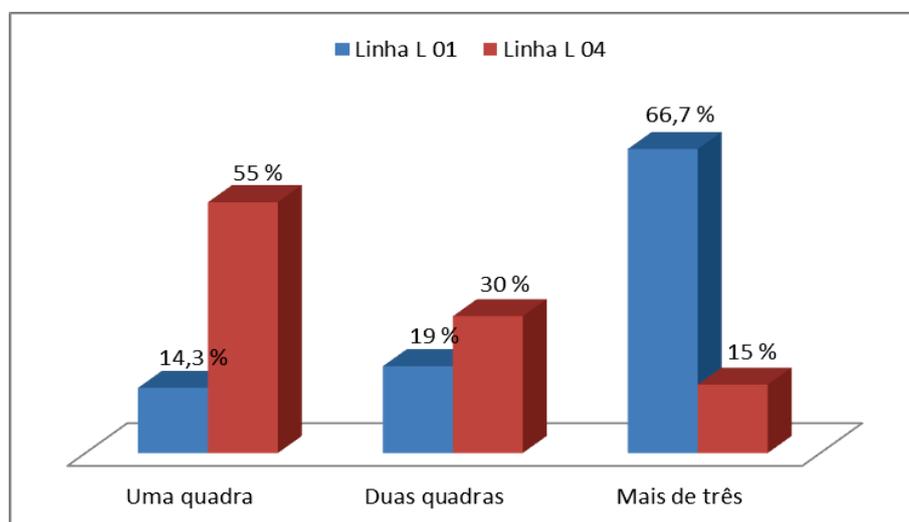


Fonte: Autor (2013).

Observa-se que dos usuários das duas linhas que usam o serviço diariamente, aproximadamente 65% deles caminham entre uma e duas quadras até o ponto de embarque de ônibus. A respeito dos seus usuários que caminham mais de três quadras até o ponto de destino, 33 e 20% deles correspondem às linhas L01 e L04, respectivamente.

A Figura 15 mostra as porcentagens dos usuários que caminham uma, duas e três quadras até seu destino final. Nota-se que 66,7 % dos usuários da L 01 que faz o percurso Norte - Sul de Vera Cruz até São Cristóvão precisa caminhar três quadras até seu destino.

Figura 16: Quadras caminhadas até o destino.



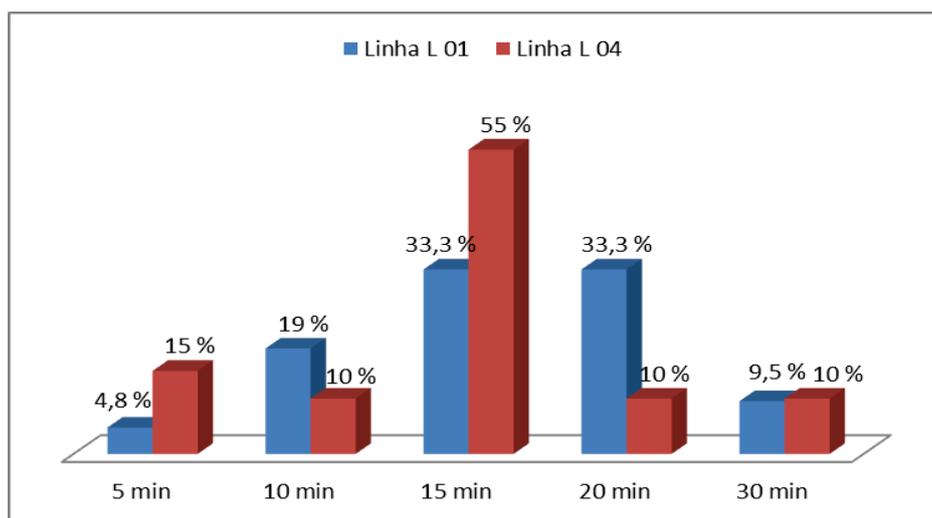
Fonte: Autor (2013).

Em relação ao tempo de espera, as Figuras 16 e 17; mostram a média percebida do tempo de espera para os usuários pela utilização do serviço de ônibus. Observa-se que mais da metade dos usuários tem se adaptado aos horários de distribuição dos ônibus investindo não mais de 15 minutos na espera para a utilização do serviço.

Embora nos serviços urbanos de ônibus de alta frequência (intervalos de menos de 20 minutos), sem horários publicados e considerando que a chegada dos usuários nas paradas apresenta uma distribuição uniforme, os resultados mostram uma sobrevalorização do tempo limite declarados, que vai de 2 a 4 vezes o tempo real. Essa

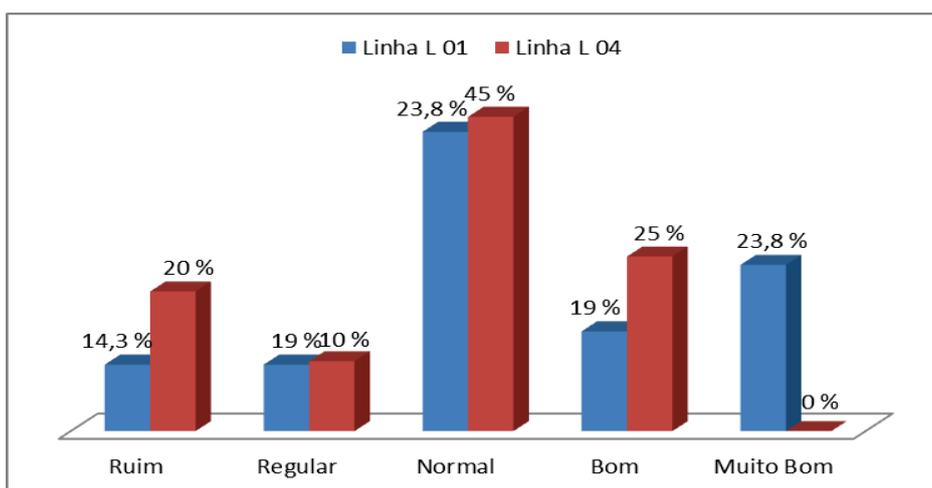
sobre avaliação diminui à medida que aumenta o intervalo entre os serviços. (HERZ *et al.* 2010)

Figura 17: Tempo de espera no ponto de ônibus.



Fonte: Autor (2013).

Figura 18: Qualificação do tempo de espera investido na espera pelo serviço.

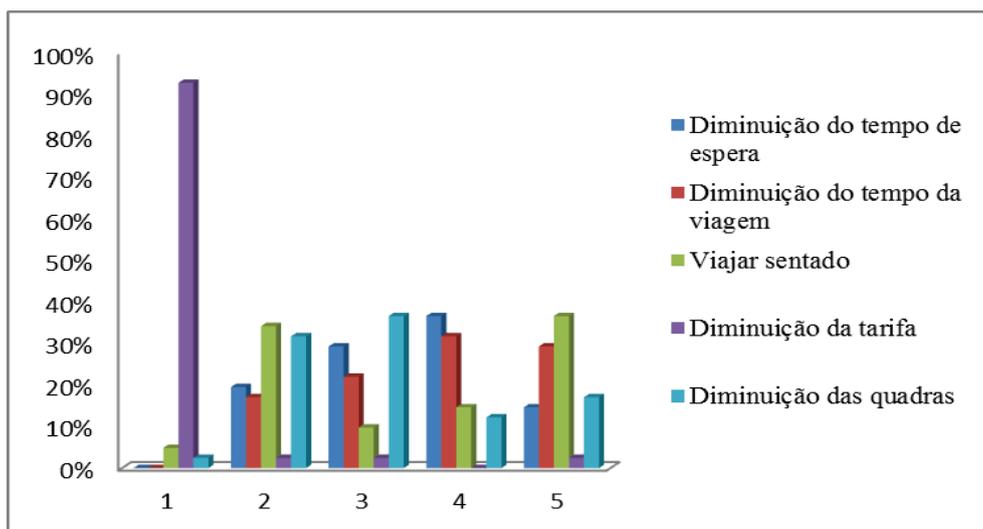


Fonte: Autor (2013).

Foi realizada uma listagem das possíveis mudanças no serviço com o intuito de obter de fato os níveis de prioridade destas. Com este fim, solicitou-se aos usuários que

ordenassem de acordo ao nível de importância as variáveis estudadas: diminuição do tempo de espera nas paradas, diminuição do tempo da viagem, a possibilidade de viajar sentado, a diminuição dos deslocamentos a pé e a diminuição da tarifa. A ordem da importância das possíveis mudanças é apresentada na Figura 18.

Figura 19: Ordem de importância das possíveis mudanças.



Fonte: Autor (2013).

Constatou-se que mais de 90% dos entrevistados prefere a diminuição da tarifa, já que consideram que o sistema não possui diferencial nenhum, os ônibus são básicos, a cidade não é grande, não tem bilhetagem eletrônica nem passagem integrada e esta se pagando uma tarifa elevada.

4.2 Análise espacial do sistema viário da cidade

A cidade de Passo Fundo possui características topográficas e de circulação que restringem a operação do transporte coletivo por ônibus, o qual está condicionado decisivamente pela sua topografia, os processos de desenvolvimento urbano, a ocupação do solo e pela formação do sistema viário.

O sistema viário e rodoviário da cidade tem 32 km de extensão, sendo composto de quatro acessos rodoviários perimetrais:

- a. BR 285: acesso para Lagoa Vermelha e Carazinho;
- b. RS 135: acesso para Erechim;
- c. RS 153: acesso para Soledade e Porto Alegre através da ligação à BR386;
- d. RS 324: acesso para Marau.

A cidade possui ligações através de suas perimetrais que realizam a união entre os acessos rodoviários:

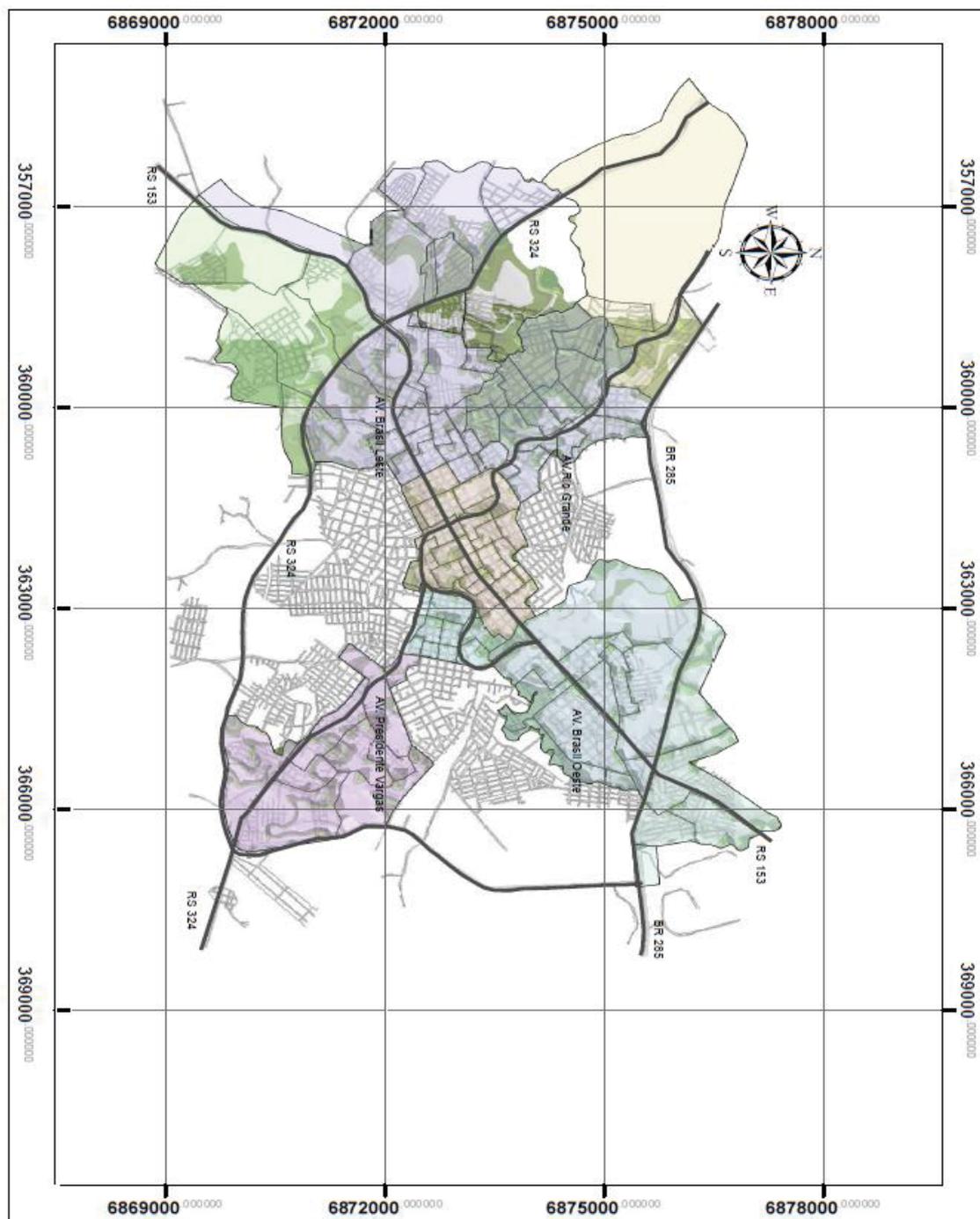
- a. Perimetral Sul: ligação do trevo de acesso da RS153 com o trevo de acesso a RS324;
- b. Perimetral Leste: ligação do trevo de acesso a RS324 com a BR285.

As duas avenidas principais (Av. Brasil e Presidente Vargas) conectam-se com o sistema viário perimetral, que foi concebido para desviar o tráfego pesado de caminhões das avenidas. O sistema perimetral (Figura 19), além de servir, principalmente, de desvio, também é alimentado pelo sistema radial urbano composto por 8 radiais:

- Radial 1, ligando a Av. Brasil Oeste ao bairro Santa Marta;
- Radial 2 ligando o Centro à Vila Lucas Araújo à Vila Jardim;
- Radial 3, ligando a Av. Presidente Vargas à Vila Lucas Araújo e ao bairro Dom Rodolfo;
- Radial 4, ligando a Av. Presidente Vargas à Vila Planaltina e à Roselândia;
- Radial 5, liga a Av. Presidente Vargas ao Bairro São Luiz Gonzaga e ao Parque Farroupilha, na BR 285, atravessando, ainda, os bairros Santa Maria, Vila Nova;
- Radial 6 liga a Av. Brasil Leste à BR 285, passando e dando acesso ao Distrito industrial e ao polo petrolífero;
- Radial 7 liga a Av. Brasil Centro à BR285, passando pelos bairros Fátima – Issler até a BR 285;

- Radial 8 liga os bairros Vera Cruz , Hípica, Leão XIII, Nenê Graeff e Xangrilá até a Perimetral Oeste.

Figura 20: Sistema viário principal da área de estudo.



Fonte: Autor (2013).

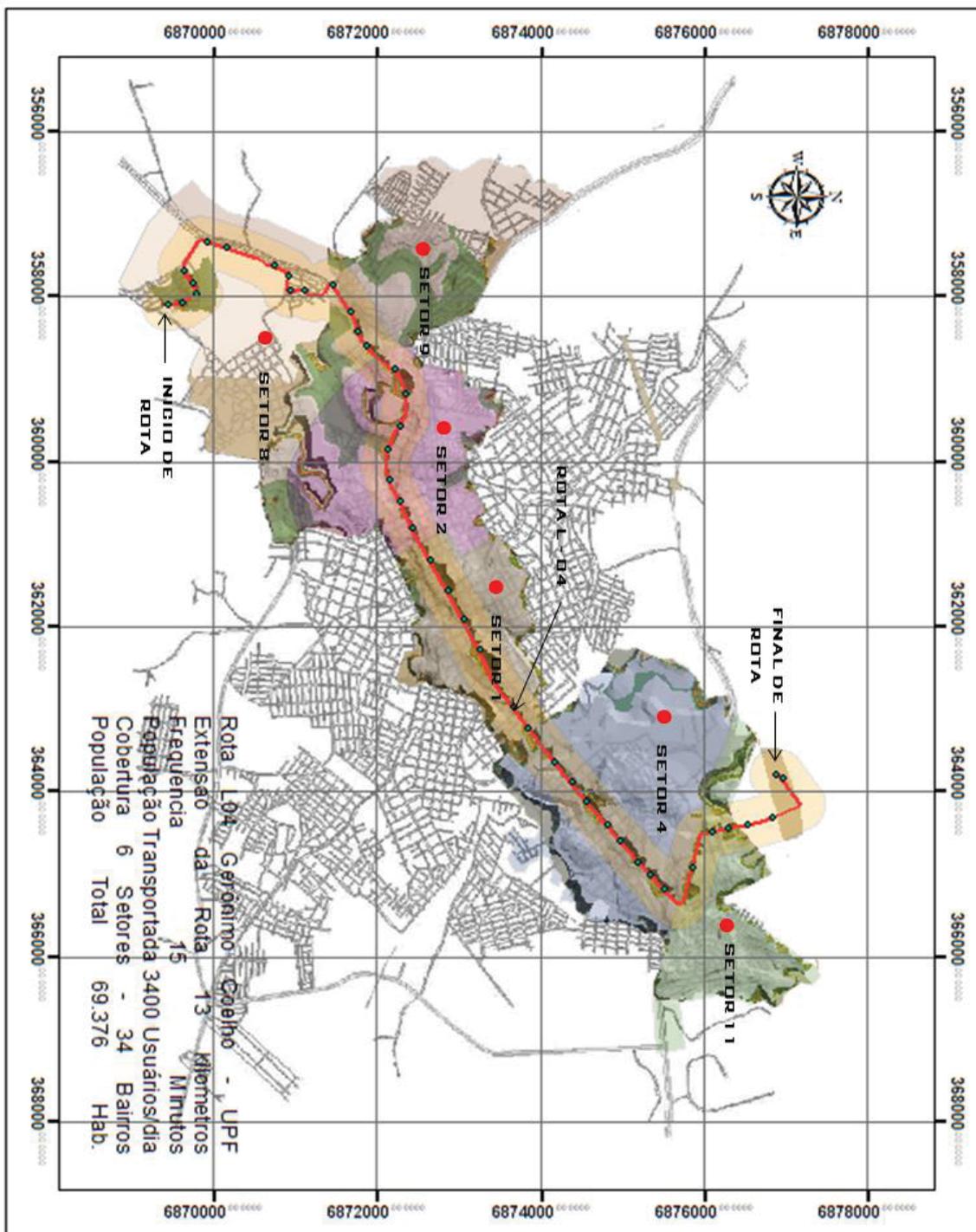
4.3 Análises espacial das rotas selecionadas

4.3.1 Rota Gerônimo Coelho – Universidade

O traçado da rota L04 que parte do Loteamento Jardim América até a Universidade de Passo Fundo (UPF), converge na Avenida Brasil, principal eixo de deslocamento da cidade e eixo fundamental para a ligação entre os diversos bairros com o centro da cidade fazendo seu percurso diametralmente em sentido leste oeste. A área em laranja ao longo da rota representa uma área de cobertura continua previamente estabelecida em 300 metros.

A rota possui uma extensão de 13 quilômetros. Ressalta-se que esta linha inicia jornada às 06h25min no bairro Vila Jardim América, terminando o seu percurso no Setor 11 dentro do campus universitário da UPF e fazendo o último percurso às 23h30min, encerrando a jornada no centro (Figura 21).

Figura 21: Traçado de Rota L04 existente.



Fonte: Autor (2013)

Cabe ressaltar que já no centro existem múltiplas opções de linhas para as pessoas que têm como destino final do seu percurso a UPF.

No horário de alta movimentação o comportamento da linha nos setores 8 e 9 não apresenta mudança significativa. Os veículos se mantêm vazios até chegar aos setores do bairro Boqueirão tendo como maior afluência de usuários no centro, donde alcançam uma superlotação, tal e como mostra a Figura 23.

Figura 23: Matriz Origem Destino em horário de alta movimentação Rota L04.

Matriz de O / D Rota L04 sentido Gerônimo Coelho / UPF (Via Jardín América)																																											
Horário	Hora 11:30 am.																																										
Setor	Setor 8 - Setor 9 (bairros Santa Maria e Integração)														Setor 2 (Bairro Boqueirão)						Setor 1 (Centro e Vila Vergueiro)						Setor 4 (Bairro Petrópolis)					Setor 11		TOTAL									
Ponto de Ônibus	Tb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	30	31		
Embarque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	3	1	0	4	14	11	12	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
Desembarque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	7	1	4	4	2	3	9	10	4	3	5	6	5	67	
Usuarios / Veículo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	5	7	9	10	10	14	25	29	40	41	47	45	42	33	23	19	16	11	5	0	0	

Fonte: Autor (2014).

Observa-se na Figura 23 uma dispersão da população para a rota projetada, onde se tem uma variação que vai da subutilização do veículo na cor cinza até uma ocupação crítica em vermelho (superlotação) no setor 1, evidenciando uma ineficiência técnica e econômica no processo de planejamento da linha.

Cabe ressaltar que a empresa disponibiliza ônibus com capacidade de 45 passageiros sentados.

4.3.1.2 Vínculo de menor custo da Rota L04

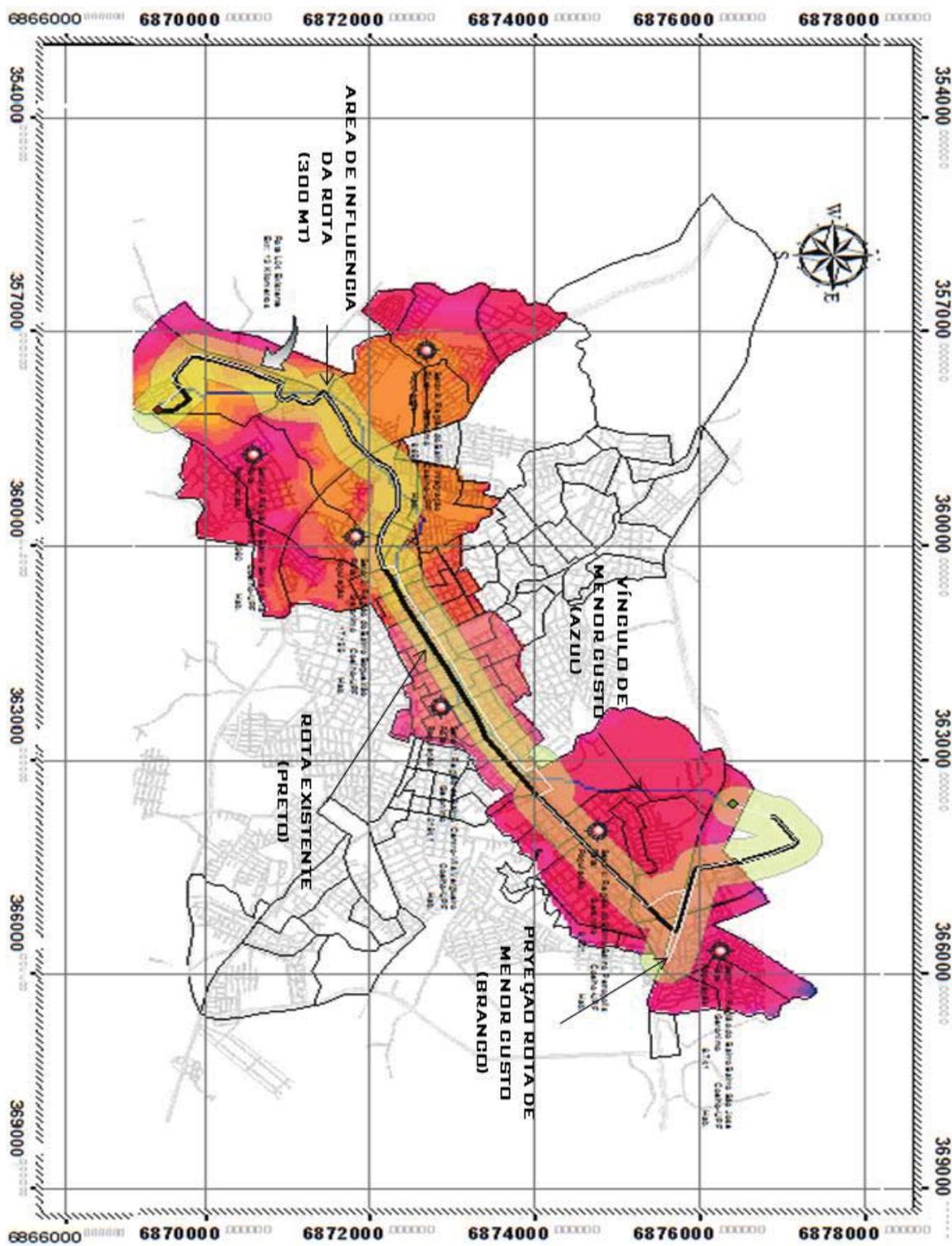
De acordo com Ferraz (1998) a distância percorrida a pé para começar e finalizar as viagens deve manter uma média de 400 metros sem ultrapassar o limite de 500 metros. Em função do atendimento oferecido no itinerário da rota, buscou-se permitir que todos os

habitantes da área de cobertura determinada pelo sistema de transporte coletivo possam utilizá-lo com percursos realizados a pé dentro de limites toleráveis. Estabelece-se uma distância de 300 metros como área de cobertura ideal, podendo-se estender até 400 metros desde o destino até o ponto de ônibus.

A avaliação de alternativas da projeção da rota foi um dos tópicos mais importantes visando maximizar os benefícios, garantindo uma maior qualidade na prestação do serviço para os usuários, uma decisão sendo mais do que uma mera justificativa de proposta de entre as três opções.

O mapa temático gerado com o auxílio da ferramenta *Cost Path Link* apresenta os *buffers*, que são regiões ou áreas de proximidade ou influência, para a rota projetada, o qual foi estabelecido em 300 metros. (Figura 24).

Figura 24: Vinculo de menor custo, Rota Projetada, e Rota estabelecida L04.



Fonte: Autor (2013).

Para encontrar-se o caminho de menor custo entre um ponto de partida e um destino em uma dada malha digital de elevação, tem que criar-se uma superfície de custo acumulado considerando todos os fatores relevantes, e a seguir construir o caminho de menor custo com base no modelo de inclinação utilizando a superfície de custo acumulado.

No vínculo de menor custo foi representado o grau de inclinação do terreno como fator decisivo na projeção do traçado de menor custo, já que os principais estudos examinados sobre o consumo de combustíveis por ônibus urbanos apontam a importância da variável da inclinação do pavimento, nos coeficientes médios de consumo de combustível.

Para a escolha do traçado da nova rota L04, levou-se em consideração uma valoração dos critérios e a criação de uma superfície de custo, utilizando a ferramenta *Least Cost Path* do software ArcGIS para gerar um traçado ótimo a partir de uma superfície de custo ponderado, onde um dos fatores mais relevantes tidos em conta foi a elevação do terreno (Figura 28).

Conforme mencionado por Yu *et al.* (2003), um caminho de menor custo ou traçado ótimo não existe. Apenas traçados ótimos relativos podem ser considerados dentro de certas condições que foram avaliadas. Neste trabalho, buscou-se a aplicação de uma análise comparativa dos diversos fatores que influenciaram, em distintos graus, as tomadas de decisão sobre o traçado de cada uma das rotas e a seleção da “melhor” alternativa a partir de um número de várias alternativas viáveis na presença de critérios diversos.

Tendo em conta isto, para cada linha foram analisadas três opções, que incluíam a linha estabelecida, o vínculo de menor custo e a projeção da rota proposta, na qual foram tidos em conta critérios tais como:

- a. O grau de inclinação do terreno no circuito,
- b. A área de influência dentro do respectivo setor para a qual foi projetada;
- c. A extensão da rota;
- d. A intersecção da rota com pontos críticos da mobilidade urbana.

Foram dados valores de um até três para qualificar cada um dos critérios previamente estabelecidos, onde a linha com o maior valor acumulado seria a proposta de rota escolhida para determinado setor (Tabela 6).

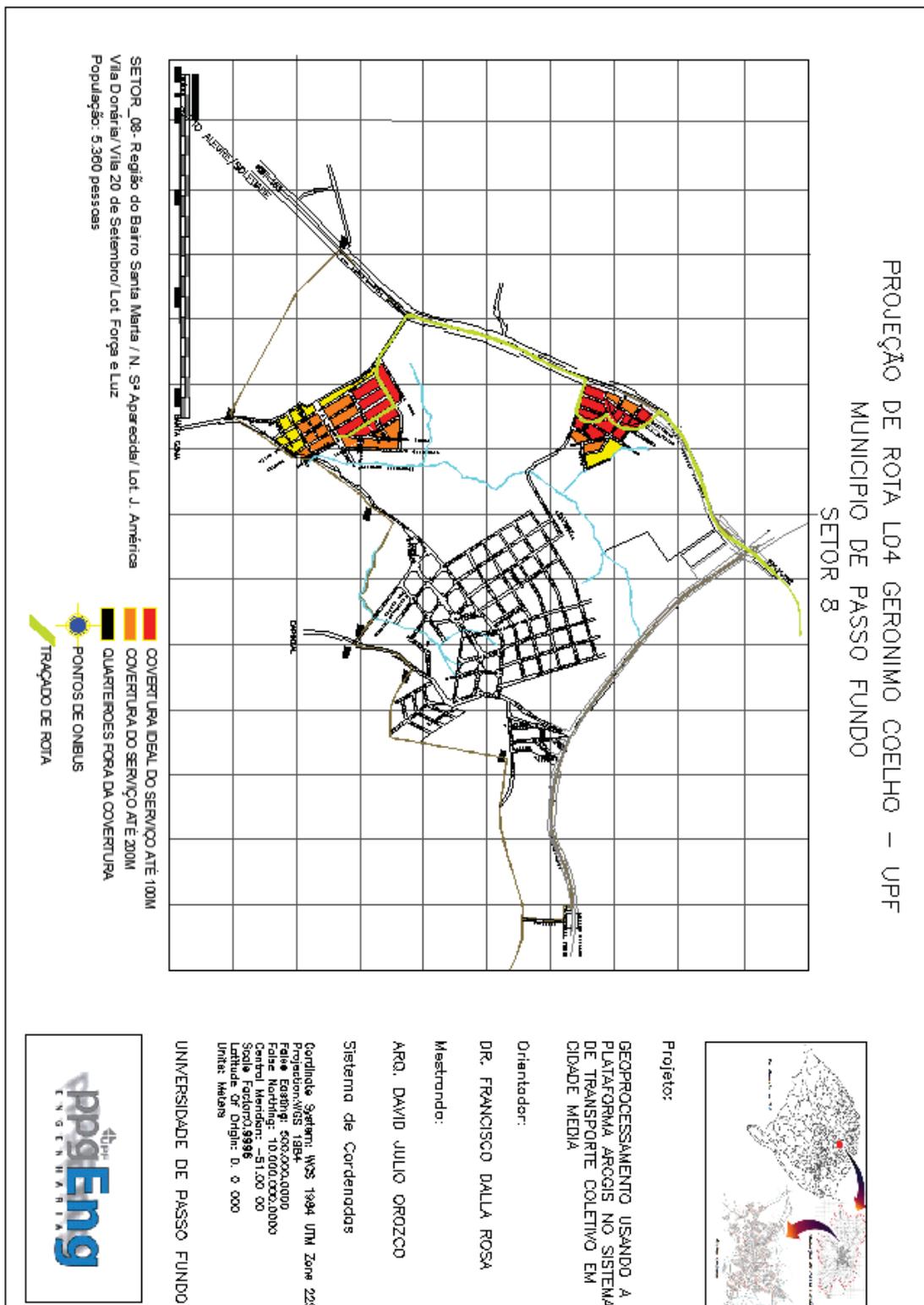
Tabela 6: Critérios para escolha da rota L04

Fatores. Rotas	Pendente	Área de influencia	Extensão	Intersecção de Pontos críticos	Total
Rota existente	1	2	2	1	6
Vinculo de menor custo	3	1	3	1	8
Rota projetada	2	3	2	3	10

Fonte: Autor (2014).

A rota projetada sobre a área de influência direta do estudo compreende uma extensão aproximada de 14 quilômetros que se estendem desde a zona leste, iniciado o seu percurso no setor 8 nos altos do loteamento Jardim América na Avenida Ernesto Bertoldo, seguindo pela transversal Irmã Maria Gregoris, acessando à rua Bortolin Escobar seguindo seu percurso no sentido leste oeste na rua Nossa Senhora Aparecida, importante via estrutural dentro do sistema viário principal da cidade de Passo Fundo. Entra no bairro Vila Reis pela Rua Campo Bom e sai pela Avenida Isabel Ribeiro, tomando a Avenida Brasil e dirigindo-se para o setor 9. Esse percurso está representado na Figura 25.

Figura 25: Início da rota L04 no Lot. Jardim América (Setor 8).

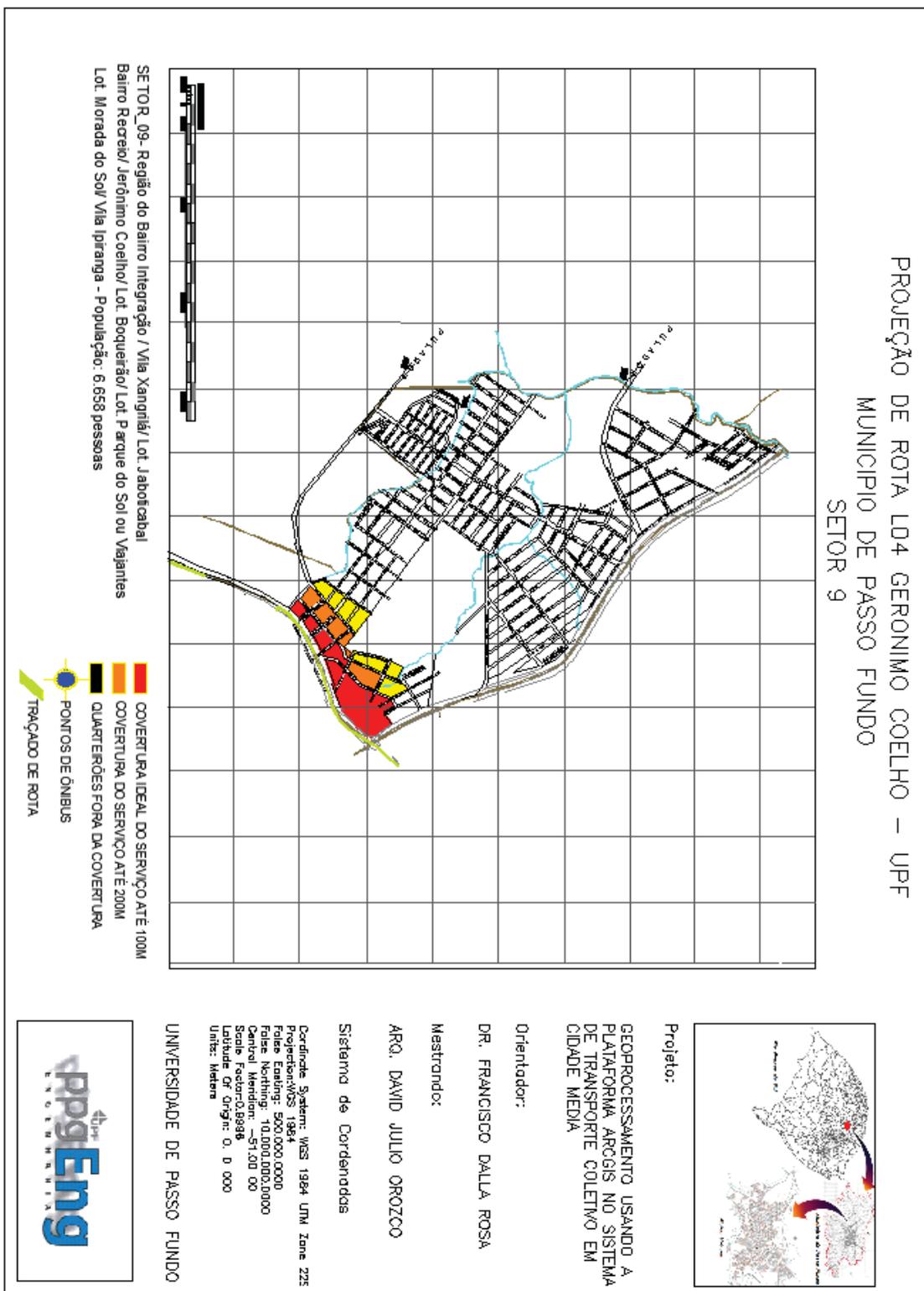


Fonte: Autor (2014).

Neste setor a rota projetada cobre totalmente os setores do loteamento Jardim América e Nossa Senhora Aparecida, no entanto, podem-se observar em uma primeira indicação de acessibilidade algumas áreas sem indicação de cobertura, porém, isto não significa que não tenham acessibilidade ao serviço, pode apenas indicar áreas desocupadas como é o caso das margens laterais da Avenida Nossa Senhora Aparecida ou a área conformada pelos bairros Vila Santa Marta e a Vila Donarria, cobertas por outra linha da empresa Coleurb.

A partir da visualização no Sistema de Informações Geográficas, a utilização do recurso *Network Analyst* do *ArcMap* permitiu, além de outras análises, definir áreas de serviço, estabelecendo uma área de abrangência da rota, possibilitando também avaliar a acessibilidade para um raio de 300 metros, identificando que no itinerário sobre a Avenida Nossa Senhora Aparecida, a rota cobre parcialmente o setor 9 do bairro Integração mantendo o percurso da rota estabelecida para acessar à Avenida Brasil Oeste (Figura 26).

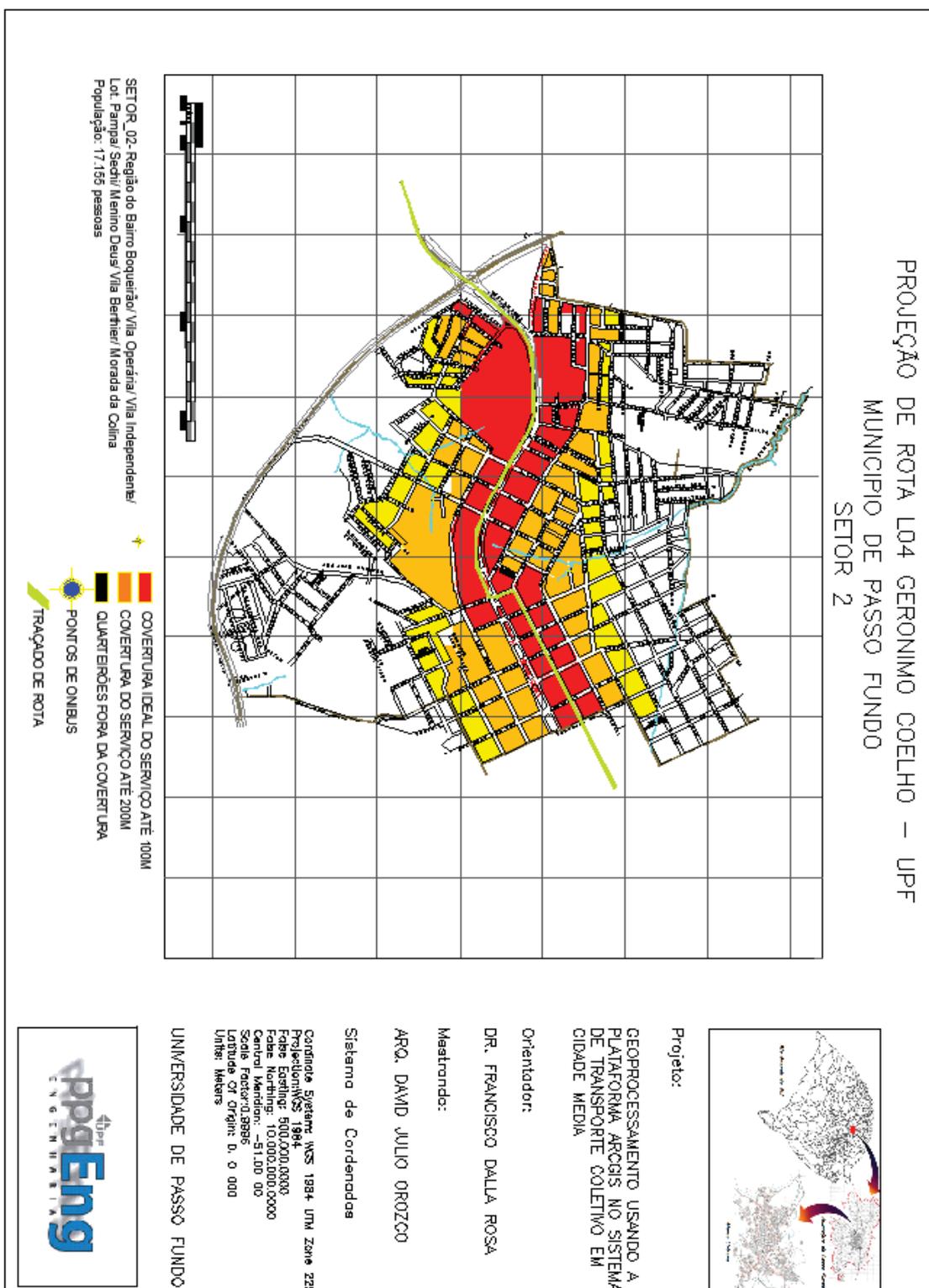
Figura 26: Projeção da Rota L04 no Setor 9 bairro Vila Xangrila.



Fonte: Autor (2014).

No setor 9 sub centro do Bairro Boqueirão a rota conserva o traçado atual pela Avenida Brasil Oeste até a Rua Diogo de Oliveira com um itinerário contínuo, acessando à Rua Paissandu para usar como seu principal eixo de deslocamento evitando pontos críticos de mobilidade na Avenida Brasil (Figura 27).

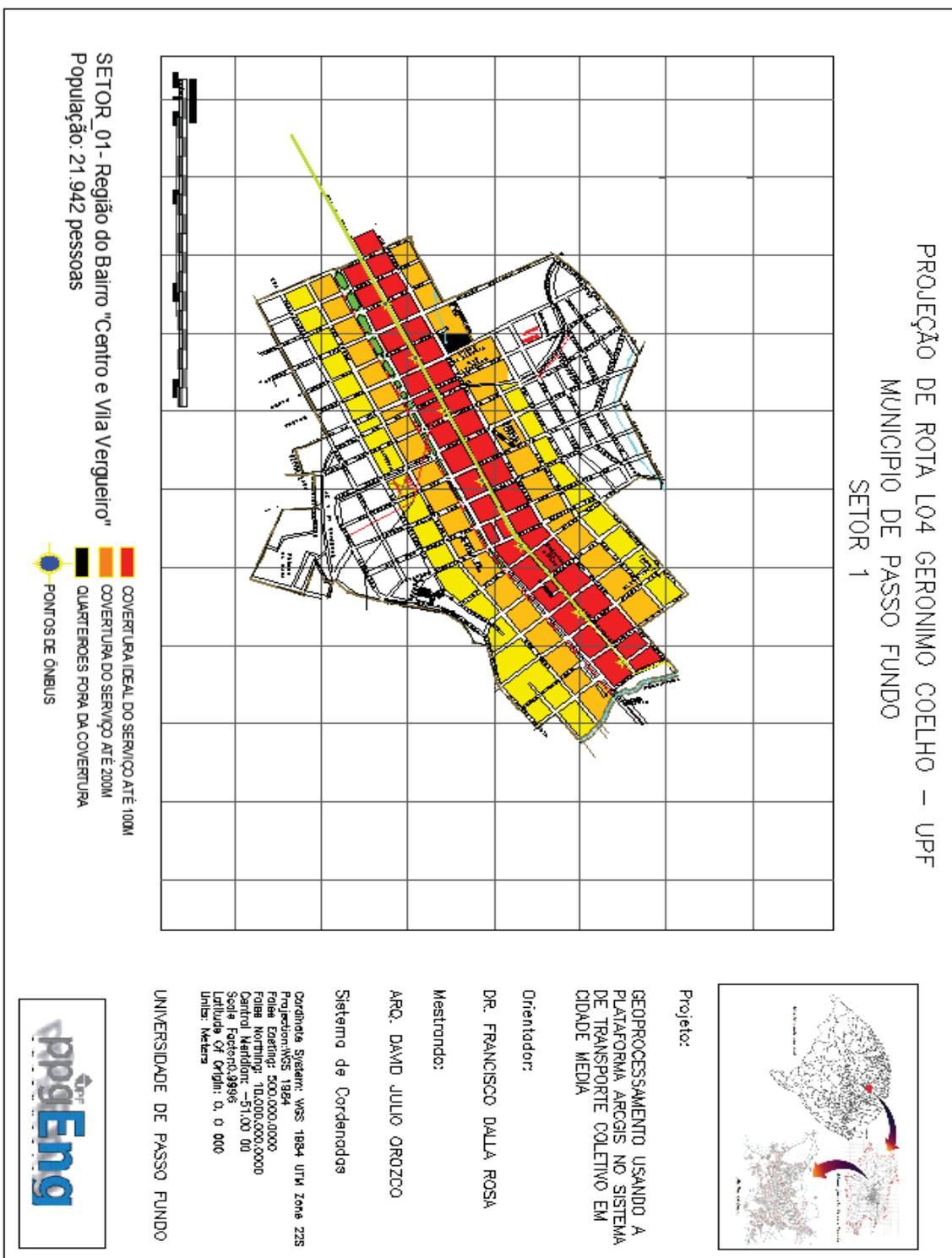
Figura 27: Projeção da Rota L04 no Setor 2 Boqueirão.



Fonte: Autor (2014).

Cabe ressaltar que nem todas as linhas de ônibus do município têm que fazer o seu deslocamento usando a Avenida Brasil, que se bem é considerado um eixo importante, hoje devido à superlotação do trânsito tem diminuído seus tempos de mobilidade. Tendo em conta este fato, a rota projetada faz o seu percurso no centro pela Rua Paissandu, tirando o tráfego da linha da Avenida Brasil na qual pela sua centralidade, concentra um grande fluxo de trânsito, principalmente de passagem dos itinerários das linhas de ônibus de todas as empresas que operam no município trafegando no seu espaço físico (Figura 28).

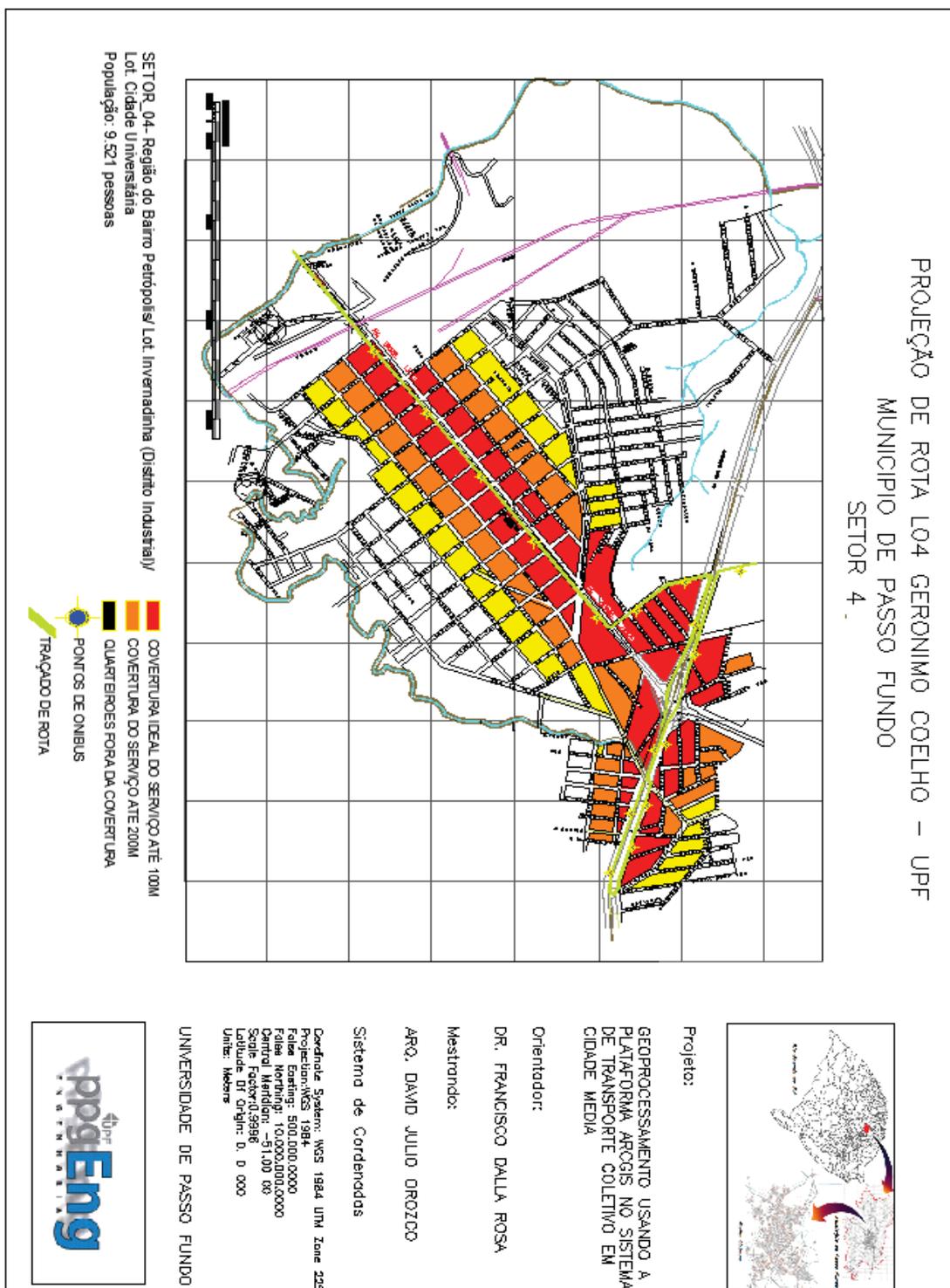
Figura 28: Projeção da Rota L04 no Setor 1 Centro.



Fonte: Autor (2014).

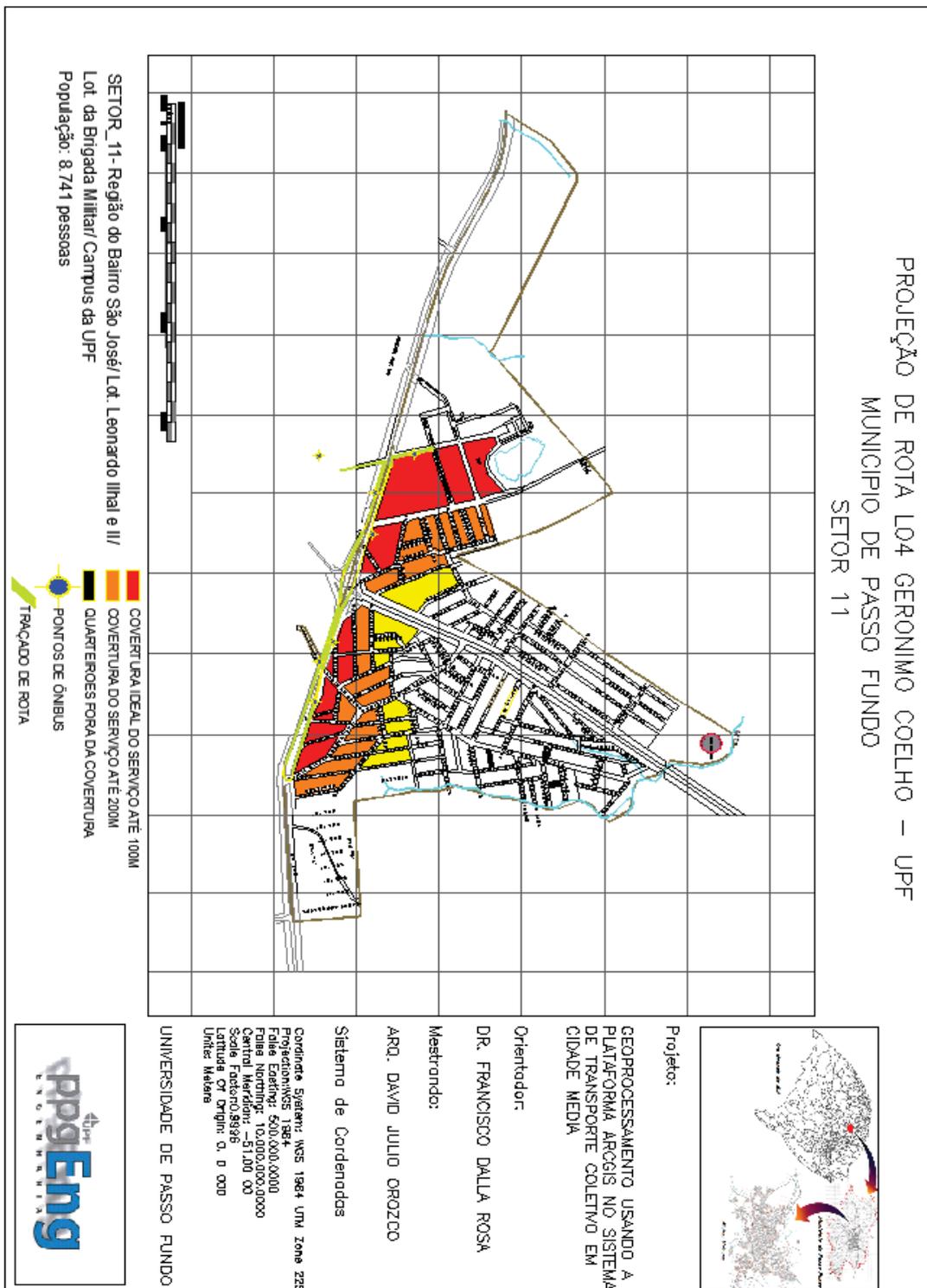
No setor do bairro Petrópolis a rota volta para Avenida Brasil à altura da Rua Dr. João Freitas em frente ao Bourbon entrando no loteamento Cidade Universitária pela Avenida Cesar Santos pegando a BR 285 dirigindo-se ao leste e fazendo o retorno na mesma BR à altura da Avenida Padre Antônio Vieira no bairro São José com destino final na UPF. A extensão da rota foi feita com o objetivo de ampliar a cobertura do serviço no setor do bairro São José diminuindo os trajetos de caminhada dos usuários desde os pontos de ônibus até o destino (Figura 29 e 30).

Figura 29: Projeção da Rota L04 no Setor 4.



Fonte: Autor (2014).

Figura 30: Projeção da Rota L04 no Setor 11setor do bairro São José e campus da UPF.

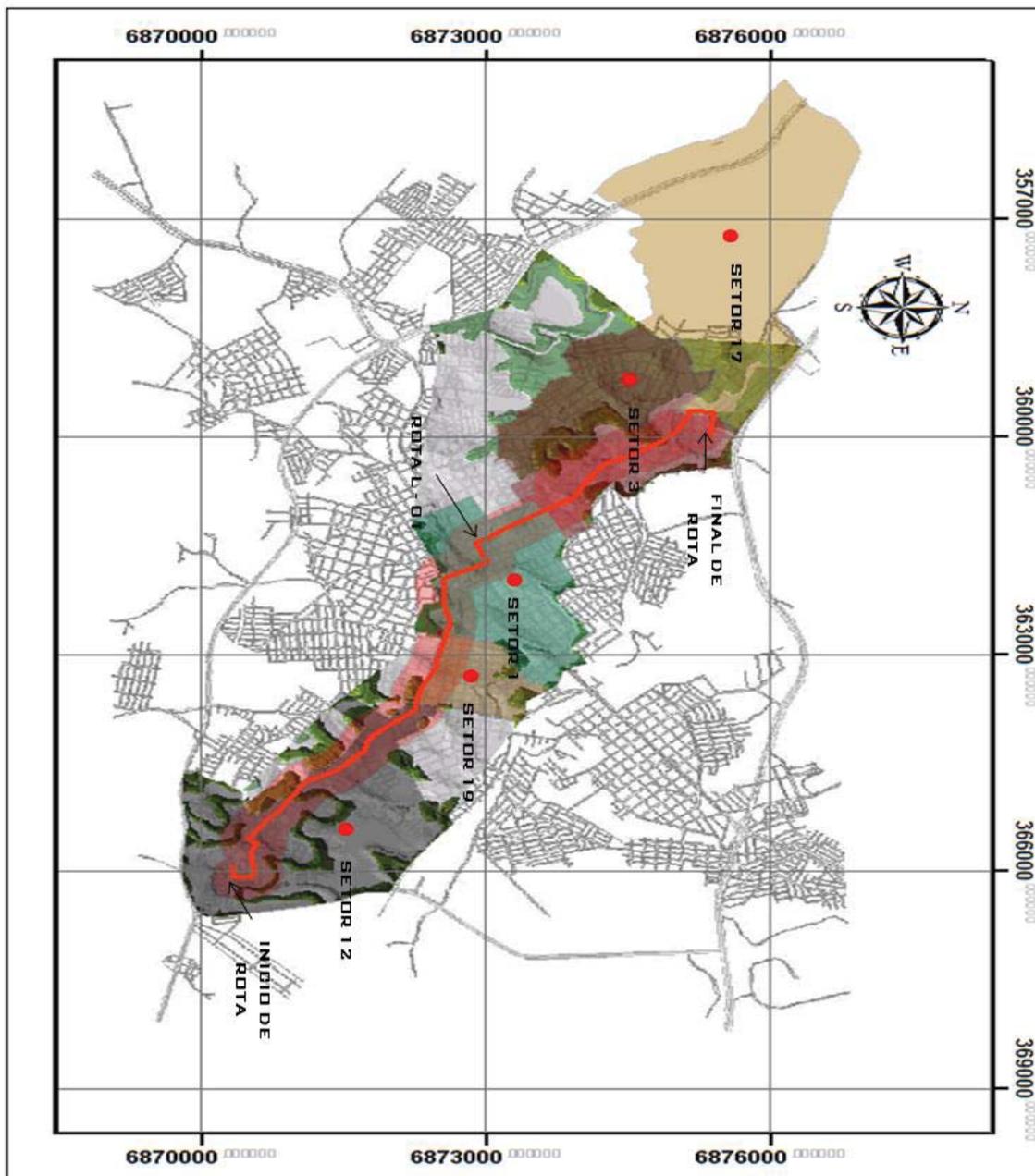


Fonte: Autor (2014).

4.3.2 Rota São Cristóvão – Vera Cruz

O traçado da rota L01 que vá do bairro São Cristóvão até o bairro Vera Cruz tem seu principal eixo de deslocamento na Avenida Presidente Vargas eixo de ligação fundamental entre o nordeste e o centro da cidade (Figura 31).

Figura 31: Traçado de rota L01 existente



Fonte: Autor (2014).

Figura 33: Matriz Origem Destino Rota L01 Horário de alto fluxo.

Matriz de O / D Rota L01 São Cristóvão / Vera Cruz																																																	
Horário	Hora 11:21																																																
Setor	Setor 12 (Bairro São Cristóvão)									Setor 20				Setor 19				Setor 1 (Centro e Vila Vergueiro)								Setor 3 (Bairro Vera Cruz)										Total													
Ponto de Ônibus	T	b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	30	31	32	33	34			
Embarque	0	2	1	5	4	1	3	8	2	5	1	1	3	3	0	8	0	3	0	12	0	2	0	3	1	6	1	4	3	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
Desembarque	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3	8	2	0	0	12	0	8	5	0	0	7	3	0	5	12	0	3	0	7	0	2	0	3	1	0	0	0	0	87	
Usuarios / Veiculo	0	2	3	8	12	13	16	24	23	28	29	30	33	35	33	41	41	44	41	45	43	45	45	36	37	35	31	35	38	32	30	30	25	13	15	13	13	6	6	4	4	1	0	0	0				

Fonte: Autor (2014).

4.3.2.1 Vínculo de menor custo

De acordo com o Instituto de Pesquisas de Sistemas Ambientais (2009) se o caminho mais curto entre dois pontos é uma linha reta, então o caminho de menor custo é o caminho de menor resistência. Da mesma forma que na projeção da rota L04, para projeção do vínculo de menor custo da rota L01 usou-se a distância de custo ponderado com a pendente como fator principal de acordo à superfície de direção dos setores estabelecidos pela empresa entre a origem e o destino da rota. Para a escolha do traçado que melhor representava o percurso para a qual foi desenhado foram avaliados os seguintes critérios, onde foram dados valores de um até três para qualificar cada um dos critérios previamente estabelecidos, onde a linha com o maior valor acumulado seria a proposta de rota escolhida para representar determinado setor (Tabela 7).

- A pendente,
- A área de influencia dentro do respectivo setor para a qual foi projetada;
- A extensão da rota;
- A intersecção da rota com pontos críticos da mobilidade urbana.

Tabela 7: Critérios para escolha da rota L01.

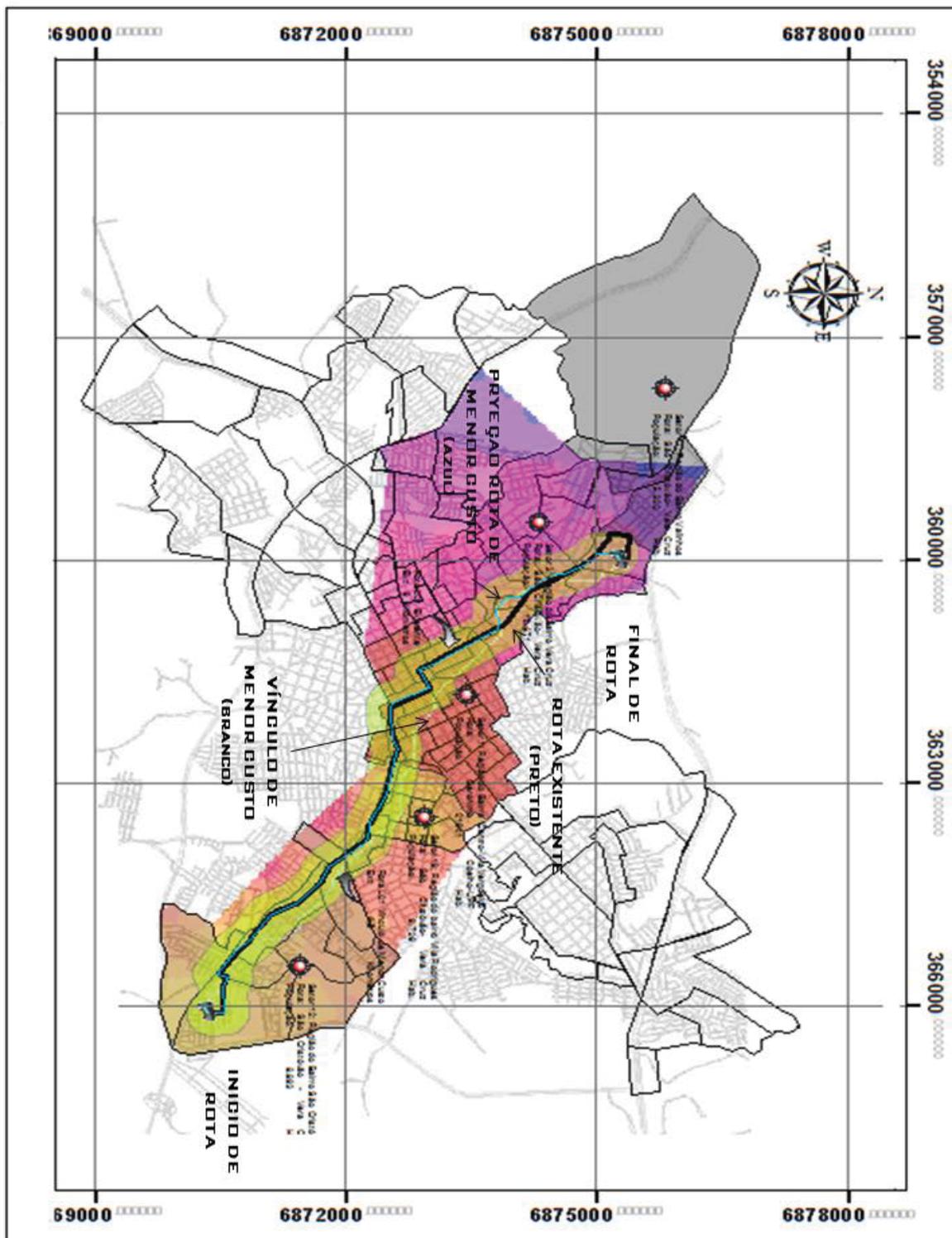
Fatores.	Pendente	Área de influencia	Extensão	Intersecção de Pontos críticos	Total
Rota existente	3	1	2	1	7
Vínculo de menor custo	3	2	3	1	9
Rota projetada	2	3	2	3	10

Fonte: Autor (2014).

Os parâmetros apresentados e a forma como são valorados podem alterar significativamente os resultados de caminhos de menor custo. Uma vez que as ponderações podem ser modificadas por ajustes e diversos traçados podem ser gerados e comparados entre si, e assim escolher o ótimo traçado dentre os ótimos traçados gerados.

Das três opções analisadas, que incluíam a linha estabelecida, o vínculo de menor custo e a projeção da rota proposta, buscando puxar mais a área de influência para o setor optou-se por a rota projetada como a que representa melhor o trajeto para a qual foi desenhado (figura 34).

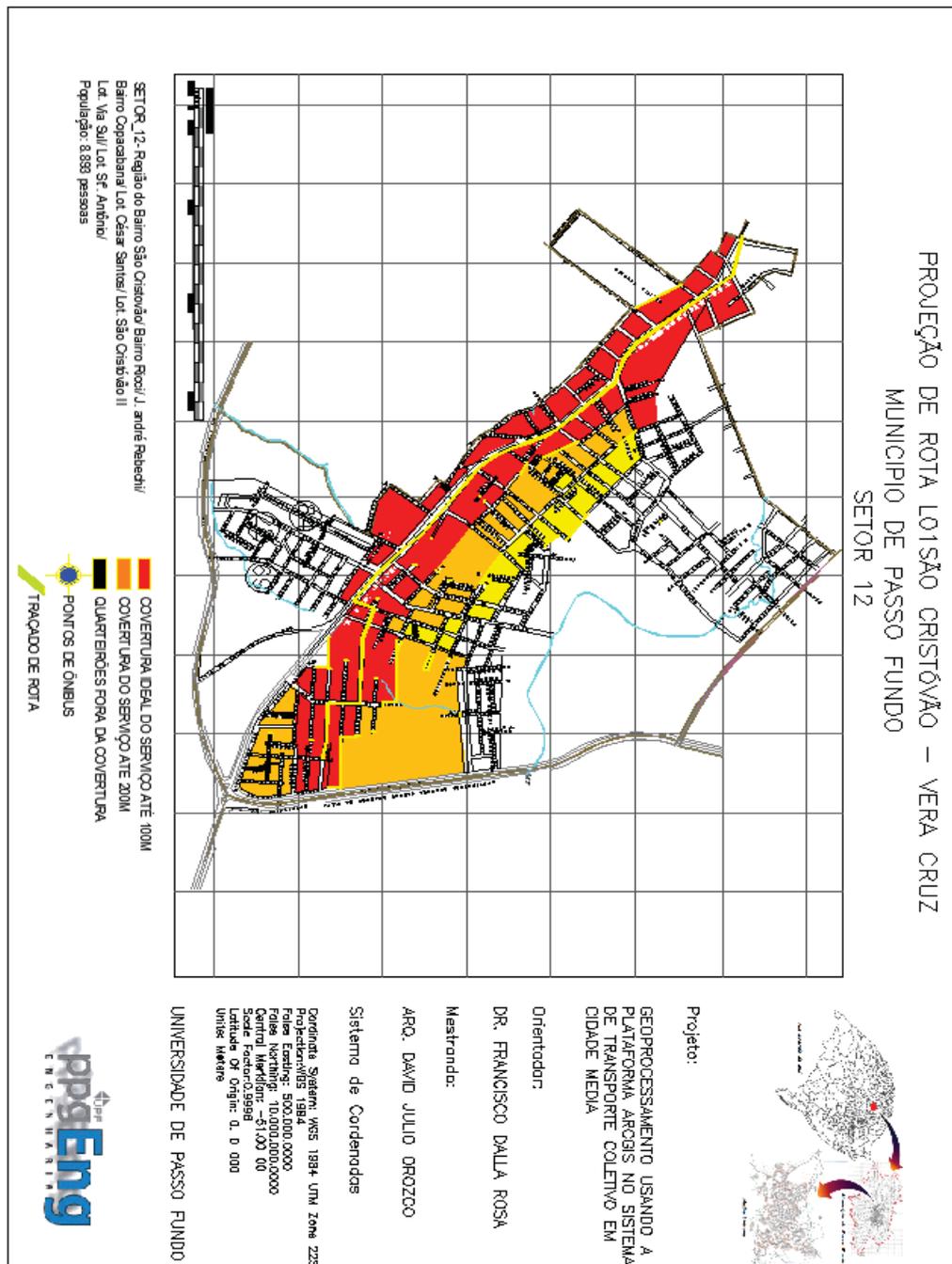
Figura 34: Vinculo de menor custo, rota L01 existente e Rota projetada.



Fonte: Autor (2014).

A figura 32 mostra o início do seu percurso da rota L01 no setor 12 no Lot. Via Sul na Rua Enrique Filho, pegando a Avenida Presidente Vargas na altura da Avenida Carlos Oliveira brindando um cobrimento do setor em 80% dentro dos padrões estabelecidos como aceitáveis como mostra a figura 35. Neste setor a rota serve aos seguintes bairros: Bairro Copacabana, Loteamento São João da Escócia; Bairro Ricci; Vila Lucas Araújo.

Figura 35: Início de rota L01 proposta no Setor 12 Loteamento Via Sul.

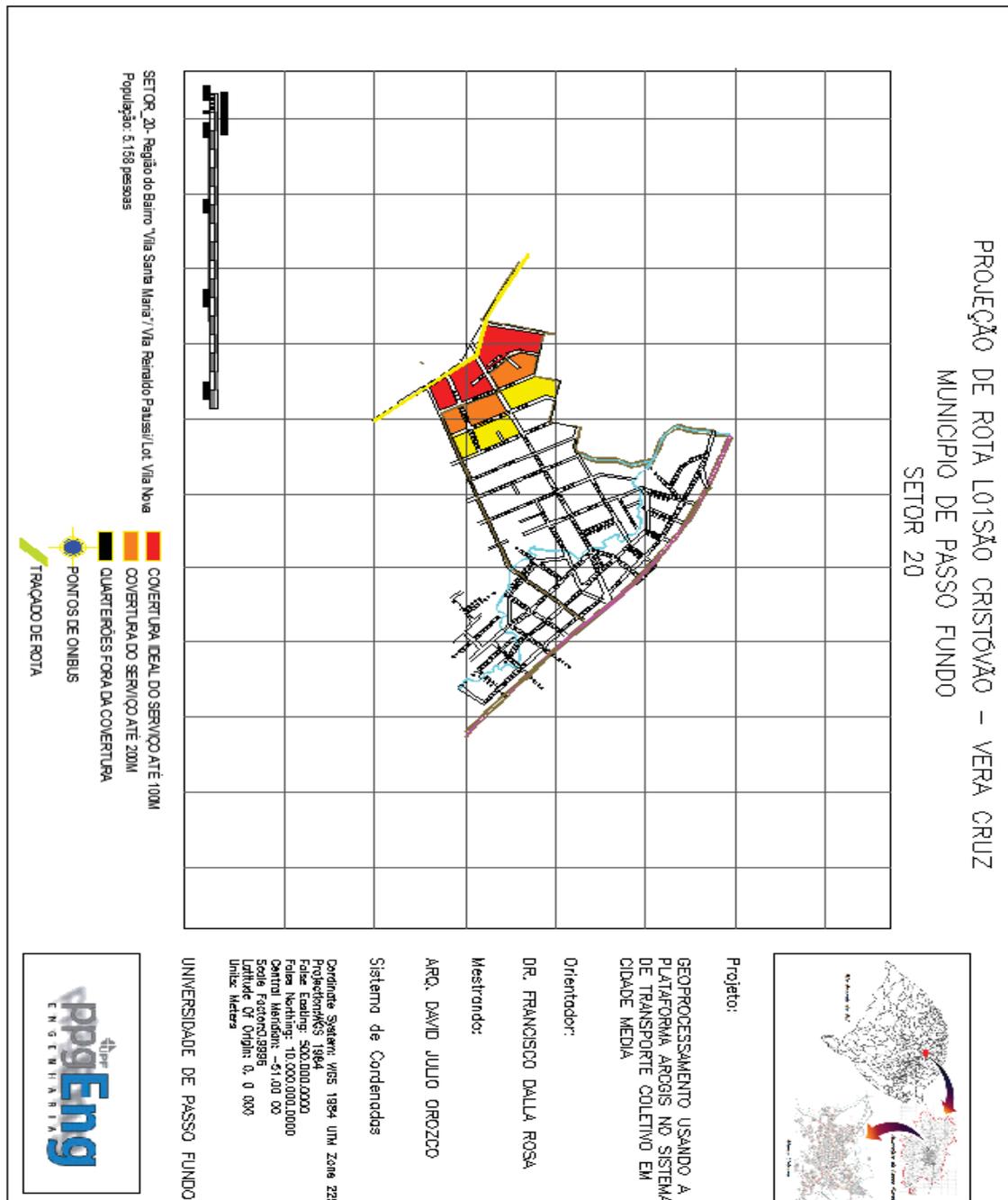


Fonte: Autor (2014).

No percurso transcorrido sobre o trecho da Avenida Presidente Vargas até o centro, entre as ruas Leopoldo Vila Nova na altura da Brigada Militar, e a Doutor Vergueiro, a linha L01, possui continuidade, deslocando-se sobre setores amplamente

consolidados, porém, cobrindo com disposição parcial os setores 19 e 20 nos bairros Vila Rodrigues no setor 19 e Vila Cruzeiro no setor 20 (Figuras 36 e 37)

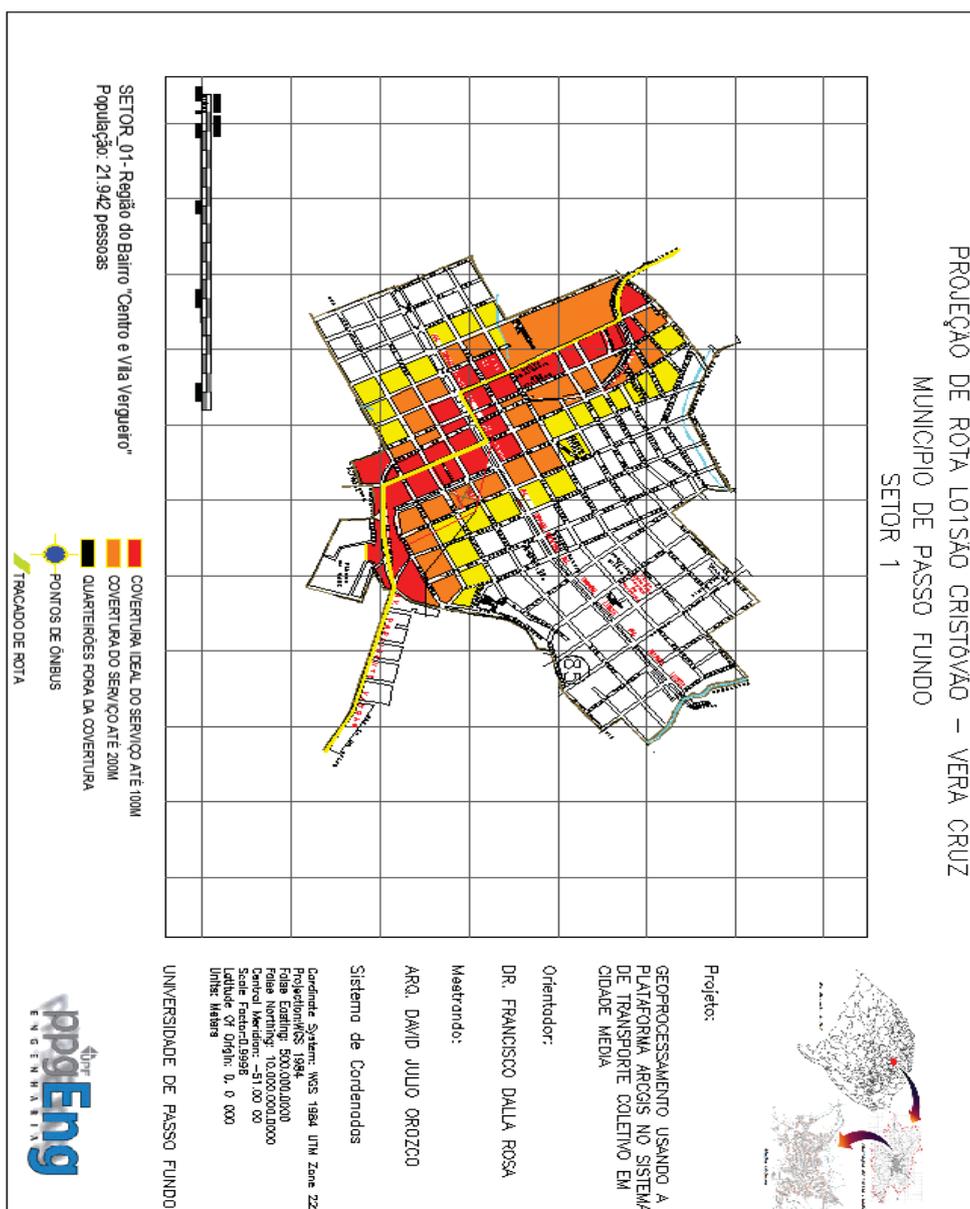
Figura 36: Rota L01 Setor 20.



Fonte: Autor (2014).

Setembro até a Rua Coronel Chicuta, avançando pela Avenida Brasil virando para a Rua Teixeira Soares passando pelo Hospital São Vicente de Paulo continuando o percurso pela Avenida sete de Setembro até passar pela Policia Federal cobrindo os bairros Centro e Vila Vergueiro (Figura 38).

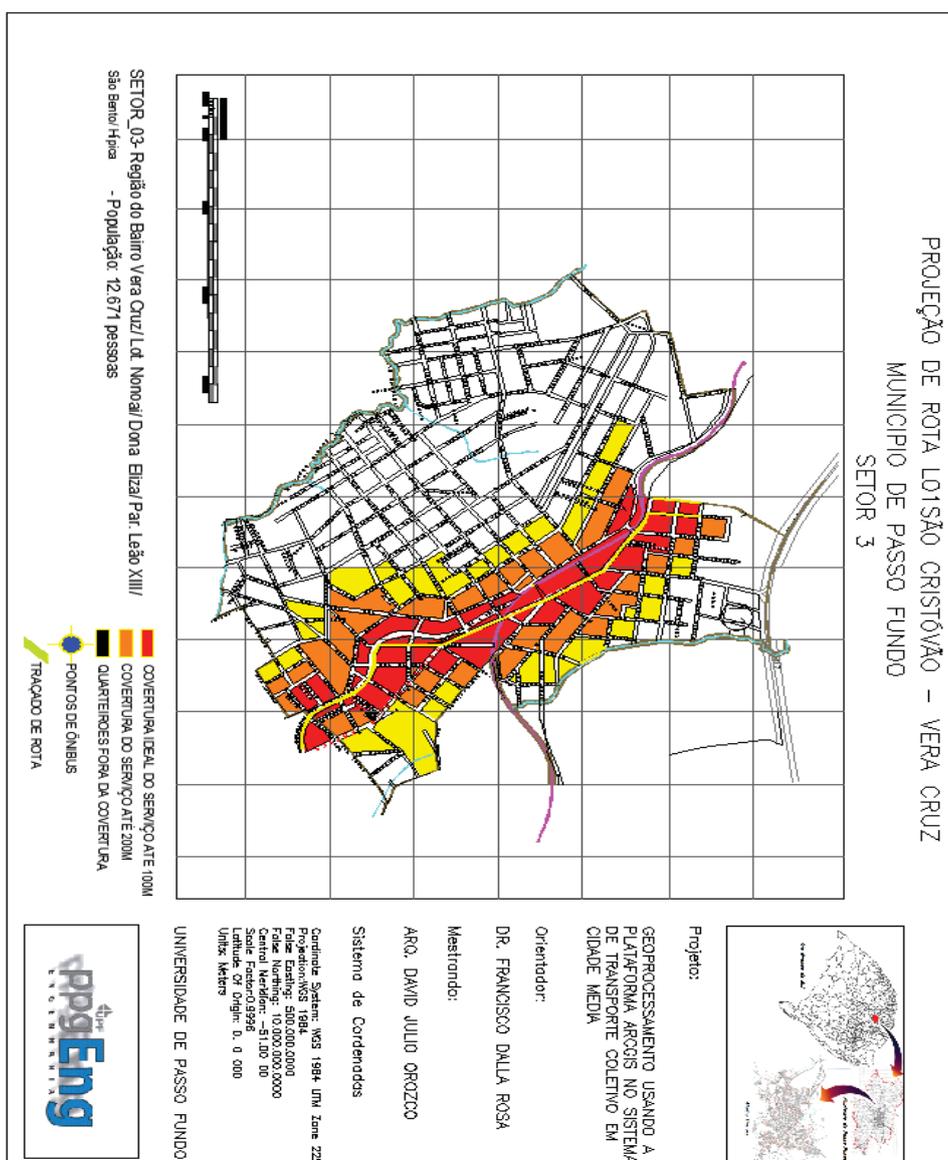
Figura 38: Rota L01 Setor 1 Centro e Vila Vergueiro.



Fonte: Autor (2014).

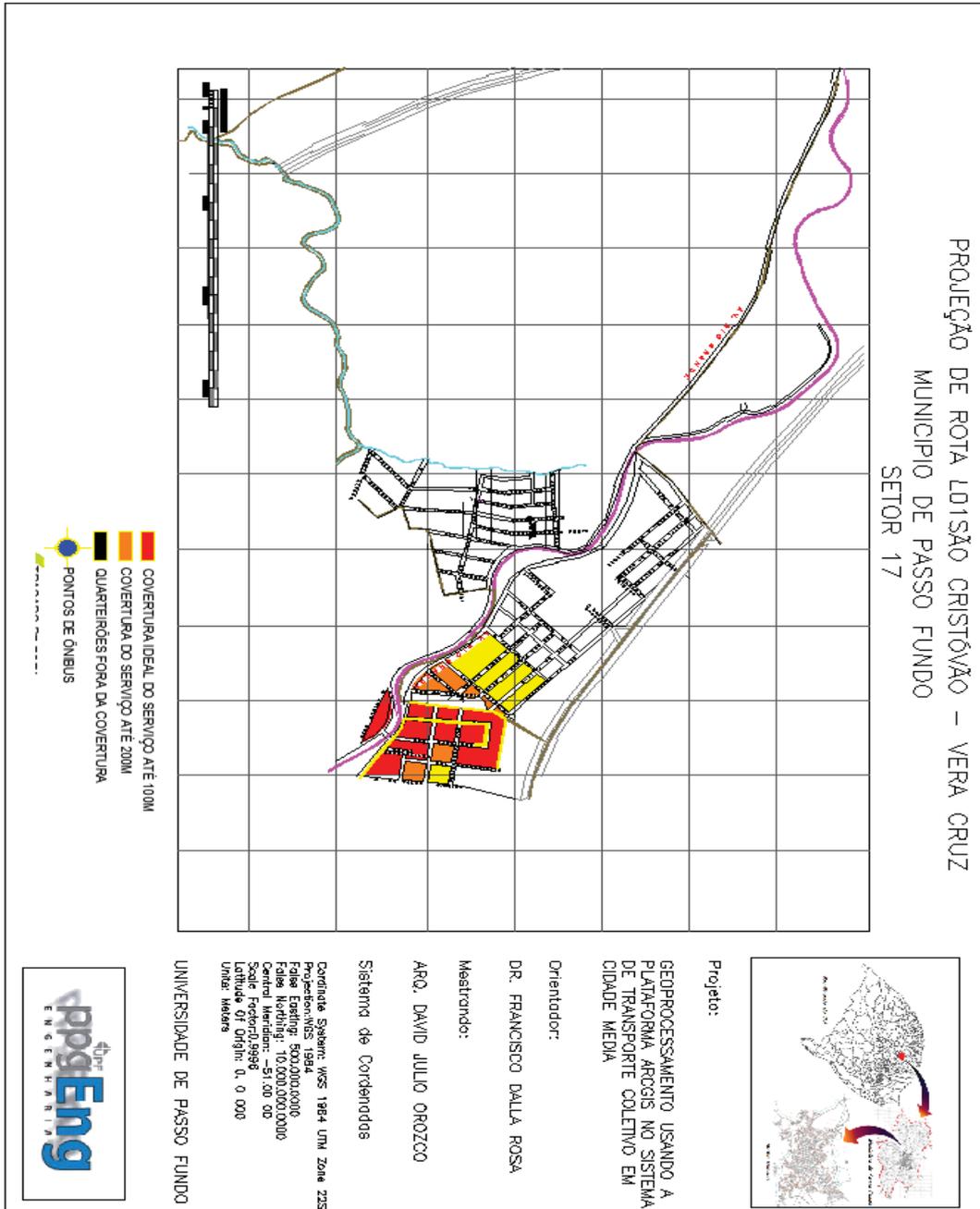
No Setor 3 a rota faz uso da avenida 7 de Setembro com o objetivo de estender ainda mais a área de cobertura de serviço do setor 3 no bairro Vila Vera Cruz e Loteamento Pedro Ceratti (Figura 39), para terminar o seu percurso no bairro Vila Centenário no mesmo setor, na Rua Carazinho como mostra a Figura 40.

Figura 39: Rota L01 Setor 3.



Fonte: Autor (2014).

Figura 40: Rota L01 Setor 17.



Fonte: Autor (2014).

5 Conclusões

Esta dissertação apresentou uma análise de percurso de menor caminho criando uma superfície de custo para valorar os critérios; utilizando a ferramenta *Least Cost Path* do software *ArcGIS* para gerar um traçado ótimo a partir de uma superfície de custo ponderado.

Comparando-se o traçado preliminar apresentado pela rota e o traçado gerado pela função de caminho de menor custo é possível escolher a opção que melhor atende as necessidades do projeto, buscando os melhores resultados com o menor custo de implantação.

Desta forma, este trabalho cumpriu com seus objetivos uma vez que a metodologia usada possibilita o auxílio nas tomadas de decisões, permitindo escolher um melhor traçado para cada uma das rotas selecionadas para a análise por meio da ferramenta apresentada e permite comparar os possíveis traçados com a realidade da área diretamente afetada pelo empreendimento. Contudo, algumas limitações fazem com que os resultados possam vir a ser melhorados. Quanto mais completa for a entrada de dados, mais próximo da realidade será o modelo.

A área de estudo (buffer da topografia) limitou-se à área estabelecida pela empresa como zona de cobertura de serviço da linha; uma área maior poderia sugerir outro percurso.

Um aspecto muito importante alcançado nessa dissertação é a percepção de que os trabalhos de campo relativos a esse tipo de projeto podem ser mais bem elaborados, mais objetivos e dinâmicos pelo uso mais frequente tanto dos métodos de análise multicritério como da função de caminho de menor custo. Como pôde ser observado neste estudo, esses métodos permitem maior sofisticação e melhores resultados ao se fazer uma análise espacial.

Ficou demonstrado que os SIG podem funcionar como ferramenta de apoio à análise e operação de um sistema de transporte público por ônibus. Vale a pena ressaltar a facilidade com que as informações podem ser manipuladas e a qualidade dos resultados obtidos, tanto de processamento de informação quanto de resultado final gráfico.

E por fim, os objetivos específicos deste trabalho foram atingidos e, com relação a cada um deles, pode-se afirmar:

- a. Foram coletadas, em forma de mapas, tabelas e dados geográficos (GPS), informações importantes sobre o sistema de transporte coletivo por ônibus da cidade de Passo Fundo, RS definindo-se então um modelo que poderá ser replicado para outros estudos;
- b. Foi criada uma base de dados georeferenciados e as mesmas foram manipuladas através de ferramentas específicas existentes no SIG utilizado;
- c. Como alternativa para melhoria do sistema de transporte coletivo por ônibus fica a proposta de uma nova rota para cada uma das linhas estudadas, melhorando pontualmente os percursos e a acessibilidade dos usuários do sistema.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

O planejamento de rotas de transporte coletivo urbano é um assunto complexo e que mantém direta ligação com outros temas ligados ao transporte público por ônibus. Sendo assim, como continuidade deste trabalho, sugerem-se os seguintes temas:

- a. Identificação de possíveis mudanças nos itinerários das linhas componentes do sistema com o objetivo de ampliar área de cobertura do sistema como um todo;
- b. Executar simulações com base nos itinerários das linhas e na disponibilidade de veículos para que se faça uma análise da acessibilidade temporal de cada uma das linhas, utilizando um SIG;
- c. Execução de pesquisa ORIGEM-DESTINO para todas as rotas urbanas que possibilitem a avaliação real da necessidade de transporte da população, propondo-se, posteriormente, mudanças de linhas ou criação de novos itinerários;

- d. Execução de estudo sobre uso e ocupação do solo nos bairros da cidade para obter as características dos usuários de transporte da cidade e, desta forma, complementar o desenvolvimento do processo de reestruturação do sistema de transporte coletivo por ônibus da cidade;
- e. Criação de um sistema eficiente de informações ao usuário, que possibilite o acesso aos dados do STP, facilitando sua utilização e melhorando o nível de serviço prestado à população.

Referências bibliográficas

ARAMPATZIS, G. , KIRANOUDIS, C.T. , SCALOUBACAS P. , ASSIMACOPOULOS D. **A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies.** European Journal of Operational Research, 2001.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment – Monograph on Soil and Resource. Oxford: Claredon, 1989. 194p

CAIXETA-FILHO.JV.; MARTINS,R.S. (Org.). Gestão logística do transporte de cargas. São Paulo: Atlas, 2001. P. 13-31: evolução histórica da gestão logística do transporte de cargas

CALIPER (1996). TransCAD-Transportation GIS Software-User's Guide, Version 3.0 for Windows. Newton, Ma, Caliper Corporation.

CAMARA, G. (1994) Anatomia de um SIG. *Factor GIS. A Revista do Geoprocessamento*, Ano 1. N.04, Janeiro/Fevereiro/Março – 1994, p. 11 – 15.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. e MEDEIROS, C. (1996) **Anatomia de Sistemas de Informações geográficas.** Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas, São Paulo.

CANÇADO, V. L. (1999) **Regulador e Regulados:** Análise do processo de avaliação do desempenho das empresas do sistema municipal de transporte por ônibus de Belo Horizonte. Tese de Doutorado em Administração – Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais – Minas Gerais.

CARVALHO, C. e PEREIRA, R. Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil: uma análise da pof 2003 e 2009. IPEA (2009)

COCCO, R. G. **Planejamento de transportes e estruturação urbana:** possíveis contribuições da Geografia para o planejamento dos transportes públicos. (2010)

CHÍAS L (1997) **Las externalidades como problema emergente del sistema de transporte colectivo**. En: Problemas Emergentes de la Zona Metropolitana de la ciudad de México. México: UNAM, Consejo Mexicano de Ciencias Sociales, A. C., pp. 235-260.

DANTAS, A. S; TACO, P. W. G e YAMASHITA, Y. (1996) Sistemas de Informações Geográficas em Transportes: O estudo do Arte. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, DF, vol. 1, p. 211-219.

DANTAS, A.; YAMASHITA, Y.; TACO, P. W. G. (2002) Metodologia para Localizacao de um Terminal de Carga Postal com auxilio de SIG, SR e MAH. **Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino de Transportes**, ANPET, Natal, RN, vol.2, p. 57 – 68.

DEMERS, M. N.(1997) Fundamentals of geographic Information System. Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

ESRI – Environment Systems Research Institute – Apostila Spatial Analyst. Advanced Raster Spatial Analysis. (2009)

ESRI (1996). ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone, Using ArcView GIS. United States of America, Environmental Systems Research Institute, Inc.

FERRAZ, A. C. P. (1998) **Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo**. São Carlos, SP. Projeto REENGE USP, 218p

FERREIRA, P. Metodologia para geração de mapas de transporte público urbano em um ambiente de sistema de informação geográfica livre via web. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. 2007

FERRETO, D. Passo Fundo. **Estruturação urbana de uma cidade média gaúcha**. São Paulo, 2012

FIGUEROA, O.; HENRY, E. (1987) As questões dos transportes nas cidades latino americanas. France, Arcuil: INRETS, n. 6, (Synthèse).

FURTADO Pontes Tais. **Avaliação da mobilidade urbana na área metropolitana de Brasília**. 2010

FRITSCH, Rodrigo Carlos; LOCATELLI KALIL, Rosa Maria; GRALA DA CUNHA, Eduardo. Evaluación de ruido urbano: el caso de la zona centro de Passo Fundo. 2009

GOSCH, Luiz Roberto Medeiros, Passo Fundo: De Saturnino de Brito ao Mercosul, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Rio de Janeiro. 2002.

HERZ, M.; GALARRAGA, J.; FALAVIGNA, C. **Modelo de tiempo de espera percibido en servicios de ómnibus urbanos**. ANPET. Transportes v. 18, n. 3 2010.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em: 07/03/2013.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view. Acesso em: 17/03/2013

KAGAN, H.; ROSSETO, C.F.; CUSTÓDIO, P.S.; MARTINS, W.C.: **Uso de Sistemas de Informações Geográficas no Planejamento de Transportes**. (1992)

LEE, H.; JITPRASITHSIRI, S.; SORCIC, R. Development of Geographic Information System- Based Pavement Management System for Salt Lake City. **Transportation Research Board**, the 75 th Annual Meeting, Washington, DC., USA. (1996)

LOUREIRO, C. e RALSTON, B. SIG como Plataforma para Modelos de Analise de redes de Transporte. **Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET Brasília, DF, vol. 1, p. 235 – 244. 1996.

MOURA, M. (2001). **Uso de Sistemas de Informações Geográficas no planejamento para otimização de rotas de distribuição**. Viçosa, 2001 – Tese de mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

MCGINLEY, F. **A GIS Approach to Bus Service Planning**. The Transport Research Centre Royal Melbourne Institute of Technology. Melbourne, Victoria, Austrália, 2000.

NASSI, C.D.; SANTOS, M.P.S. **A experiência brasileira no uso de Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao sistema de transporte público urbano: O caso**

do município do Rio de Janeiro. In. CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO E URBANO, 8, Curitiba, 1996. Memórias. ANTP/Urbanização de Curitiba S.A. – URBS.

NAZÁRIO, P.; WANKE, P.; FLEURY, P.F.; (2000) **O Papel do transporte na estratégia Logística.** Artigo publicado na revista Tecnológica, visto no site: <http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-public.htm>

OLIVEIRA, M. **Produção e análise de planos semaforicos de tempo fixo usando Sistemas de Informações Geográficas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. 1997.

ORRICO FILHO, R. D., FERREIRA, P. R., PARRA, M. C., et al. **Elaboração de Um Sistema de Representação de Rede e de Itinerários de Linhas de Ônibus.** 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, TP-193, Goiânia – GO, Agosto de 2005.

PASSO FUNDO Lei nº 1271 de 26 de dezembro de 1966. Dispõe sobre a concessão e execução dos serviços de transporte coletivo urbano e suburbano no município de passo fundo, e dá outras providências.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO. **Planta da cidade de Passo Fundo.** Passo Fundo 1922. Disponível em: <http://pmpf.rs.gov.br/> . acesso em: 23/03/2013.

PIMENTEL, F.L & SALGADO, A.C (1994); Uma Visão sobre SIG In. **CONGRESSO NACIONAL DA ANPET, 8, RECIFE, 1994. ANAIS.** São Paulo, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. v. 1, p. 517-528.

RHEINGANTZ, P. A. Pequena digressão sobre conforto ambiental e qualidade de vida nos centros urbanos. Revista Ciência & Ambiente, v. 1, n. 1, p. 36-58, jul. 1990.

RST (1997). Ufosnet 3.3 User's Guide. Washington, U.S.A., RST International, Inc.

RICHARDSON, A; E. AMPT e A. MEYBURG Survey Methods for Transport Planning. Eucaliptus Press. (1995). Disponível em: <http://www.transportsurveymethods.com.au/>

ROSE, A. Uma Avaliação Comparativa de Alguns Sistemas de Informação Geográfica Aplicados aos Transportes. Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos Departamento de Transportes, 2001.

SILVA, A. N. R. (1998). Sistemas de Informação Geográfica para Planejamento de Transportes. Trabalho apresentado para obtenção do título de Livre-Docente. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVEIRA, Márcio Rogério. As Cinco Revoluções e Evoluções Logísticas. In: SILVEIRA, M. R. ; LAMOSO, L. P. ; MOURÃO, P. C. (Org.) **Questões nacionais e regionais do território brasileiro**. São Paulo: Expressão Popular, 2008

SOARES, P. R. R. ; UEDA, V. . Cidades médias e modernização do território no Rio Grande do Sul. In: SPOSITO, M. E. B. (Org.). Cidades médias: espaços em transição. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular (Coleção Geografia em Movimento), 2007, p. 379 - 411.

SUTTON, J. C. (1996) Role of Geographic System in Regional Transportation Planning. **Transportation Research Board**, The 75 th Annual meeting, Washington, DC., USA

SUTTON, J. C. e WYNMAN, M. M. (2000) Dynamic Location: an Iconic Model to Synchronize Temporal and Spatial Transportations Data. **Transportation Research**, Part C, p. 37 – 52.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.) Cidades médias: reestruturação das cidades e reestruturação urbana. **Cidades médias**: espaços em transição. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2007b. p. 233-253.

TEIXEIRA, A.; MATIAS, L.; NOAL,R e MORETTI, E (1995). Qual a Melhor Definição de SIG. *Fator GIS*- A Revista do Geoprocessamento, Ano 2, N. 11, Outubro/ Novembro /Dezembro- 1995, p. 20 - 22.

THILL, J. Geographic Information System for Transportation in Perspective. **Transportation Research Board**, the 79 th Annual Meeting, Washington, DC. USA. 2000

TRB 187 (1978). Quick Response Method - National Cooperative Highway Research Program Report 187, Transportation Research Board, National Research Council. Washington DC.

VALENTE, A.; NOVAES, A.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. Gerenciamento de transporte e frotas. 2. ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VANDENBULCKE, G., STEENBERGHEN, T., THOMAS, I. Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning, 2007.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas*. 3. ed. São Paulo: Anablume, 2001.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. Sociólogo e Engenheiro de Transportes. Associação Nacional dos Transportes Públicos – ANTP. Entrevista. São Paulo, 2008.

VILLEGAS, A. Propuesta para el mejoramiento de la planeación de los sistemas de transporte. **Los retos del transporte urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México**. (1996) México, JICA-Asemeja, pp. 39-49.

VIVIANI, E.; SÓRIA, M. H. A.; SILVA, A. N. R. (1994). Gerenciamento de vias não pavimentadas e a utilização de sistemas de informação geográfica. In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais, Florianópolis, pp. 118-126.

WRIGHT, L.; HOOK, W. (Ed). **Manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento**. Brasília: Institute for transportation & Development Policy; Brasil, Ministerio das Cidades, 2008.

YU, C., LEE, J., MUNRO-STASIUK, M. J. (2003) – Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning – *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 17, Nº 4, 361 – 376.

ANEXOS