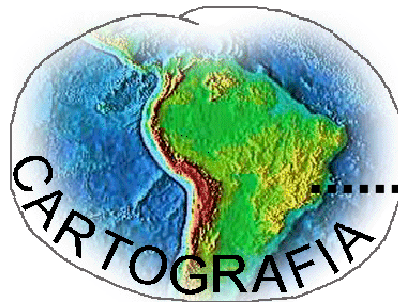


Washington Franco Del Couto

Uso do SIG para Apuração da  
Acessibilidade do Serviço de  
Transporte Público Coletivo no  
Município de Belo Horizonte - MG

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2010



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartog@igc.ufmg.br

**WASHINGTON FRANCO DEL COUTO**

**USO DO SIG PARA APURAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO DE  
TRANSPORTE PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE-MG**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento. Curso de especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

**Orientador: Prof. Me. Christian Rezende Freitas**

**BELO HORIZONTE**

**2010**

COUTO, Washington Franco Del

Uso do SIG para a Apuração da Acessibilidade do Serviço de Transporte Público de Passageiros do Município de Belo Horizonte Gerenciados pela BHTRAANS / Washington Franco Del Couto - Belo Horizonte, 2010.

vi, 61 f.: il.


Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2010.

Orientador: Prof. Me. Christian Resende Freitas

1. Geoprocessamento 2. Aplicativos de Rede  
3. Planejamento Transporte I. Título.

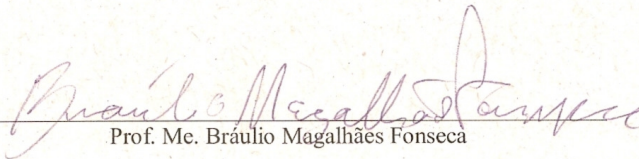
Aluno: Washington Franco Del Couto

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 24 de novembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



---

Prof. Me. Christian Resende Freitas Banca



---

Prof. Me. Bráulio Magalhães Fonseca

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional.

Não poderia deixar de agradecer ao Meu Grande Amor minha querida esposa, que sempre companheira e compreensiva diante da minha ausência.

À Equipe da Gerência de Estudos e Programação de Transportes (GESPR), especialmente à gerente da área, Eloísa Lima Borges, pelo incentivo e apoio nesta jornada.

Ao Prof<sup>o</sup> Christian Rezende Freitas, pela dedicação e o aprendizado que foi muito importante para conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 . INTRODUÇÃO.....	1
2 . OBJETIVOS.....	3
2.1 - Geral.....	3
2.2 – Específicos .....	3
3 . MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE.....	4
3.1 – Mobilidade e Acessibilidade .....	4
3.2 – Acessibilidade no Transporte .....	5
4 . SESTEMA DE TRANSPORTE DE BELO HORIZONTE .....	6
4.1 – Serviço de Transporte Gerenciado pela BHTRANS .....	6
4.2 – Regulação dos Serviços do Automóvel.....	10
4.3 – Norma de Acessibilidade.....	14
5 . ÁREA DE ESTUDO .....	16
5.1 – Caracterização Geral .....	17
5.2 – Sistema Viário .....	19
5.3 – Transporte.....	21
6 . REDE .....	26
7 . METODOLOGIA .....	30
7.1 – Estudo de Caso .....	30
7.2 – Organização dos Dados .....	32
7.3 – Divisão dos Trechos .....	33
7.4 – Construção do Banco de Dados.....	34
7.5 – Apuração da Declividade .....	35
7.6 – Atribuição da Impedância aos trechos.....	37
7.7 – Simulações .....	38
7.8 – Análise das Simulações .....	41
8. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	46
9. CONCLUSÃO .....	50
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura – 1 Redes de Transporte e Serviços de Belo Horizonte.....	13
Figura – 2 Gráfico de Distâncias de Caminhamentos em Aclives.....	14
Figura – 3 Belo Horizonte Divisão Regional.....	16
Figura – 4 Regional –Principais Centros de Ensino e Saúde.....	19
Figura – 5 Regional –Principais Vias.....	21
Figura – 6 Redes de Transporte do Regional Barreiro.....	25
Figura – 7 As Sete Pontes de Konigsberg e o Grafo.....	27
Figura – 8 Mapa da Área do Estudo de Caso.....	31
Figura – 9 Representação Gráfica do Caminhamento.....	32
Figura – 10 Divisão dos Trechos.....	34
Figura – 11 Delimitação do Projeto.....	34
Figura – 12 Apuração da Declividade da Região.....	36
Figura – 13 Tabela da Camada de Trecho.....	38
Figura – 14 Alocação Sem Impedância.....	42
Figura – 15 Alocação Com Impedância.....	43
Figura – 16 Resultado da Alocação Sem Impedância.....	46
Figura – 17 Resultado da Alocação Com Impedância.....	47
Figura – 18 Comparação SIG e Campo.....	49

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 – Relação de Linhas da Regional Barreiro.....	24
Tabela 2 – Índice de Impedância.....	35
Tabela 3 – Faixas de Declividades e Peso.....	36



## RESUMO

O presente trabalho procurou desenvolver uma metodologia de aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para apuração da acessibilidade dos pontos de embarque e desembarque do Sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros, gerenciado pela Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A (BHTRANS), visto que esta é regida por norma contida no ato regulatório da prestação dos serviços (Edital de Concorrência 131/2008). Para o desenvolvimento dos trabalhos usou-se Softwares que estão de acordo com a infra-estrutura computacional da empresa, com o objetivo de que esta possa realizar o processo em futuros estudos de acessibilidade, deste modo, utilizou-se as ferramentas da plataforma Mapinfo, o qual a empresa possui licenças, mas que não realiza todos os procedimentos necessários para a aplicação, e a plataforma Spring para fazer o restante do procedimentos, por ser um softwares gratuito e onde foi apurada a acessibilidade, através da ferramenta de Alocação de Recurso. Os resultados mostraram que o SIG é apropriado para situações, onde os caminhamentos são realizados em trechos com o mesmo tipo de inclinação, para os que têm inclinações diferentes os resultados apresentam distorções.

## 1. INTRODUÇÃO

Esse projeto de pesquisa é dedicado a monografia produzida no interior do curso de Especialização em Geoprocessamento da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), foi desenvolvida no intervalo de tempo de agosto a dezembro. Sua orientação está a cargo do Professor Christian Rezende Freitas. Tendo como tema a acessibilidade no Transporte Público Coletivo de Passageiros por Ônibus no Município de Belo Horizonte Gerenciado pela BHTRANS. Portanto, essa pesquisa procura fazer uma análise crítica do emprego do Geoprocessamento na apuração da acessibilidade no transporte público municipal.

A circulação está presente no nosso cotidiano, ou seja, ela é um componente indissociável da vida de todas as pessoas, que buscam diariamente atingir o objetivo de se locomover no espaço público. As mercadorias também são transportadas pela necessidade (processo) de manufaturamento e consumo. O estudo da circulação é importante para entender o indivíduo, a sociedade, o mundo e com isso buscar mecanismos de transformação, tudo em prol da humanidade

A locomoção nos grandes centros urbanos brasileiros apresenta vários problemas como congestionamentos, acidentes, perda de tempo, poluição e falta de acessibilidade, causando prejuízos à qualidade de vida dos seus habitantes. A circulação urbana existe em função das atividades e necessidades econômicas e sociais, sendo indispensável para o desenvolvimento da sociedade.

O Transporte Público está incluído entre os direitos sociais, sendo o meio pelo qual as pessoas têm acesso a outras atividades fundamentais para o exercício da cidadania como trabalho, educação, lazer, alimentação e outros, ou seja, está relacionado a dignidade da pessoa humana, tais direitos prestacionais são de obrigação do Poder Público Executivo, que deverá prestá-los diretamente ou delegando tal serviço, devendo nesta última hipótese exercer fiscalização da sua prestação, portanto, a realização do projeto contribuirá para garantir a adequada acessibilidade de todos os cidadãos de Belo Horizonte aos serviços da rede de transporte público do município, sendo exercida a fiscalização técnica pela empresa BHTRANS.

Assim, a garantia do cumprimento dos requisitos mínimos de qualidade nos serviços de transporte público, como a acessibilidade possibilita conceber uma mobilidade onde as

peças possam exercer seu direito de ir e vir de uma maneira mais justa e igual, estes estão normatizados no Anexo III do Edital de Concorrência 131/2008.

Insta ressaltar também, que irá baixar custos, pois para o cálculo da acessibilidade é necessário que um funcionário da BHTRANS vá a campo para medir as distâncias de caminhamentos, como existem poucos que detenham o conhecimento e apenas um clinômetro, aparelho que mede a declividade da via, havendo a perda de tempo e de recursos. A realização deste projeto irá trazer subsídios técnicos que possibilitará a Prefeitura de Belo Horizonte a criação de um Ato Administrativo Normativo regulando a apuração da acessibilidade aos pontos de ônibus de forma objetiva, desta maneira reforça a importância e aplicabilidade do projeto. Este novo modelo de concessão de transporte público impõe também novos desafios na concretização de sua missão de oferecer um serviço que atenda aos critérios de qualidade aos usuários, desta forma, o emprego do geoprocessamento contribuirá de maneira eficaz na busca deste objetivo.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Geral**

O objetivo do pré-projeto é utilizar o geoprocessamento para desenvolver uma metodologia de cálculo que apure a acessibilidade do Serviço de Transporte Público Coletivo de Passageiros por Ônibus no Município de Belo Horizonte, gerenciado pela BHTRANS, ou seja, a partir dos pontos de embarque e desembarque (PED) estabelecer quais as distâncias de caminhamentos máximos permitidos, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG), com o objetivo de assegurar aos usuários acesso a eles e conseqüentemente as linhas de ônibus, como também permitir uma melhor análise nas propostas de alterações de itinerários das linhas, identificando e mapeando as áreas do município de Belo Horizonte, que não atendem o critério de caminhada máximo permitido na norma, desse modo, possibilitar a reestruturação de uma nova rede de transporte adequada aos parâmetros normatizados.

### **2.2 Específicos**

- Desenvolver a metodologia de cálculo de caminhada máximo permitido para a acessibilidade dos pontos de embarque e desembarque, de acordo com Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008, que no seu Anexo III institui os requisitos mínimos para a prestação dos serviços de transporte público de Belo Horizonte;
- Identificar e mapear áreas que não estão de acordo como critério de caminhada máximo estabelecido na norma;
- Comparar as vantagens e desvantagens do método de cálculo em campo e método de cálculo em SIG;
- Embasar a elaboração de uma Norma Complementar da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte para o cálculo da acessibilidade do transporte público, conforme o Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008.

### 3. MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE

#### 3.1 – Mobilidade e Acessibilidade

A necessidade de transporte para as pessoas é fundamental para realização das suas atividades básicas como trabalho, estudo, lazer e outros, ou seja, é necessário para sua própria sobrevivência. De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro “*O Trânsito em condições seguras, é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito, a este cabendo, no âmbito das respectivas, competências, adotarem medidas destinadas a assegurar esse direito*” (CTB 1997). Neste sentido o processo de locomoção das pessoas no espaço urbano, é definido pelo Ministério das Cidades como Mobilidade “*que é um atributo associado às cidades, relacionado ao deslocamento de pessoas e mercadorias no espaço urbano*” (BRASIL 2004). O Órgão ressalta que esta mobilidade deve ser pensada de forma mais abrangente, pois este tema remete a princípios que permitem refletir sobre o ser humano, suas relações sociais e ambientais introduzindo o conceito de “*mobilidade sustentável que seria o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizado, de forma efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável*”. (BRASIL 2004).

O Ministério das Cidades defende que para real compreensão da mobilidade deve-se está inserido outro conceito muito importante que é acessibilidade, sendo esta, a “*facilidade, em distância, tempo e custo, de se alcançar, com autonomia, os destinos desejados na cidade*” (BRASIL 2004), também o Ministério ressalta a importância da equidade no acesso ao espaço urbano.

Outra abordagem da mobilidade é definida como “*habilidade de movimentar-se, em decorrência de condições físicas e econômicas*” (Vasconcelos, 1996). De acordo com o autor, para caracterizar os deslocamentos devem ser observadas além das duas variáveis, fluidez - que é a condição de tráfego nas vias, segundo a existência de restrições, estas são causadas pelo fluxo de demais, a existência acríves, entre outros- segurança - refere-se a probabilidade de ocorrência de acidentes - também deve ser incluído o Custo do Transporte - sendo a quantidade de recursos necessários para realizar o deslocamento- a

qualidade ambiental - refere-se a produção de poluição e degradação do uso do solo, identifica como a circulação vai interferir no meio ambiente e na qualidade de vida - e a acessibilidade - capacidade de se alcançar os destinos desejados no espaço urbano. O autor defende que *“deve-se chegar a uma definição mais útil, que relacione a mobilidade no sentido tradicional a um outro conceito mais amplo que, o da Acessibilidade”*. (Vasconcelos, 1996).

### **3.2 – Acessibilidade no Transporte**

Acessibilidade nos transportes seria uma medida que indica a maior ou menor facilidade de se ingressar no Sistema de Transporte e conseqüentemente atingir os destinos desejados. Esta medida, geralmente é convertida em distância ou tempo para estabelecer seu valor. O Sistema de Transporte é constituído pelas vias de transportes, que são a infra-estrutura destinada ao deslocamento, onde ele ocorre e os Modais de Transporte, que é a utilização de uma tecnologia de transporte no processo de deslocamento, ou seja, de que maneira ele é realizado, portanto, o grau de acessibilidade vai depender da conjugação destes fatores.

È importante ficar Claro que a acessibilidade é um fator imprescindível para o desenvolvimento da cidadania, pois através dela as pessoas vão poder ter acesso as oportunidades que as cidades oferecem, por isso, esta deve ser distribuída de maneira igualitária na sociedade, pois é uma questão de justiça social. Um meio para alcançar este fim é a melhoria da acessibilidade do Sistema de transportes, prioritariamente, aqueles que são públicos como transporte coletivo por ônibus.

#### 4. SISTEMA DE TRANSPORTE DE BELO HORIZONTE

Os serviços públicos de transporte coletivo de passageiros por ônibus do município de Belo Horizonte são prestados por pelos três entes federados, União, Estados e Municípios cada um com sua competência de acordo com o esquema abaixo:

O Serviço de Transporte Municipal de Belo Horizonte agrega os seguintes órgãos gerenciais:

A) Circunscrição do Município – Linha que circulam dentro dos limites municipais - Gerenciado pela BHTRANS:

Serviço Transporte Público de Passageiros (STPP)

- Convencional - Tronco-Alimentado;

- Complementar

B) Circunscrição do Estado – Linhas que circulam entre os municípios - Gerenciado pelo DER:

- Serviço de Transporte Metropolitano

C) - Circunscrição Federal - Gerenciado pela CBTU /Ministério das Cidades:

- Trem Metropolitano (Metrô).

##### 4.1 – Serviço de Transporte Gerenciado pela BHTRANS

A Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A (BHTRANS) é uma Sociedade de Economia Mista Municipal dependente de capital fechado, composta pelo Município De Belo Horizonte, que detém 98% (noventa e oito por cento) do capital. Tem ainda como acionistas, com 1% (um por cento) do capital cada, a Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP) Autarquia Municipal e a Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A (PRODABEL), que é Sociedade de Economia Mista dependente e de capital fechado. A empresa que teve sua criação, em 1991, pela Lei Municipal nº 5.953 é subsidiada pelo FTU – Fundo de Transportes Urbanos, instituído por lei e gerido pela Secretaria Municipal de Políticas Urbanas tem como missão *”Assegurar a mobilidade urbana orientada para a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento sustentável de Belo Horizonte, contribuindo para a integração metropolitana.”* (BHTRANS 2010)

A linha de ônibus é o serviço regular de passageiros composta basicamente por: Itinerário (trecho realizado pelos veículos nas vias), o Ponto Inicial e Final (PC) juntos com os outros Pontos de Embarque Desembarque (PED) ao longo do itinerário. Os tipos de serviços classificação que define a abrangência espacial das linhas, que operam na rede gerenciada pela BHTRANS são:

CI – Circulares: Incluem as linhas circulares que operam na Área Central e as “circulares locais”, que têm como objetivo atender a demanda que se desloca na própria região, evitando-se o transbordo nas estações; apenas 1 PC;

DI – Diametraís: Linhas com dois PC’s, ligando bairros de duas Regionais distintas, passando pelo centro da cidade;

PE – Perimetrais: Linhas com 2 PC’s , ligando bairros de duas Regionais distintas, *sem passar pelo centro da cidade*;

RA – Radiais: Linhas com característica radiais, interligando o centro da cidade a bairros periféricos, onde se localiza o ponto de controle;

SE – Semi-Expressa: Linhas que fazem a ligação de determinado bairro ao hipercentro, retornado ao bairro, onde existe o ponto de controle;

TO – Troncaís: Linhas que atendem às Estações do BHBUS, interligando-as ao hipercentro de Belo Horizonte; o PC se localiza na própria Estação; normalmente possuem veículos de maior capacidade de transporte;

VF - Linha De Vila E Favela: linha de característica circular que atende aos aglomerados urbanos da cidade, operada com veículos de menor capacidade e atendendo à demanda que se desloca no próprio local ou mesmo possibilitando a integração com outras LINHAS do sistema;

RD / RE – Linhas de “Retorno”, com características radiais, tendo como objetivo o atendimento de trechos já atendidos por uma Diametral (RD) ou por uma Semi-Expressa (RE), mas com nítida concentração de demanda e necessitando de um “reforço” no atendimento;



O sistema de Transporte coletivo municipal de Belo Horizonte é estruturado em dois programas: o PROBUS e o BHBUS.

A fundação João Pinheiro através do Plano Metropolitano de Belo Horizonte (Plambel) elaborou no período de 1975 a 1980 programas na área de transporte para melhoria na qualidade de vida urbana, privilegiando o transporte público sobre o individual, o Programa Circulação Viária da Área Central (PACE) e o Programa de Organização do Transporte Público por ônibus - PROBUS, este foi implantado em 1982 pela extinta Companhia de Transporte Urbanos da Região Metropolitana (METROBEL), que era uma Empresa Pública do Governo do Estado de Minas responsável pela organização e gerenciamento o sistemas de transporte e trânsito da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Conforme (GEPL, 1994), o objetivo principal deste programa foi retirar os Pontos Finais das linhas Radiais do centro de Belo Horizonte, devido a problemas de fluidez no local, fazendo sua transferência para as regiões dos bairros, buscando melhor regularidade e operação. Incorporou na rede de transporte os seguintes tipos de serviços: Linhas Diametrais, Linhas Circulares e Linhas Semi-Expressas.

O crescimento urbano da cidade e conseqüentemente a elevação da quantidade de deslocamentos provocou saturação dos principais corredores de transporte e a área central. Também houve a necessidade de mais ofertas de viagens e criação de linhas, o resultado foi uma superposição dos serviços e concorrência com o metrô, criando deseconomias ao sistema de transporte como um todo. Diante deste quadro, com problemas de tráfego e crescimento da demanda, mantida a estrutura da rede de transporte do PROBUS, as possíveis intervenções trariam pequenas possibilidades de melhoria no serviço de transporte, portanto, houve a necessidade de reestruturar o sistema.

A BHTRANS criou em 1996 o Plano de Reestruturação do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte (BHBUS) que está articulado com o Novo Plano de Circulação Viária da Área Central (PACE) com o objetivo de possibilitar que a cidade tenha um sistema de transporte que confira aos seus usuários deslocamentos seguros, rápidos, com custo apropriado, melhorando a mobilidade e a acessibilidade, preservando o meio ambiente, fomentando a qualidade de vida na cidade, possibilitando o desenvolvimento social e econômico do espaço urbano, como também procura conferir a integração física e tarifária entre as linhas do sistema de transporte municipal, o trem metropolitano e o sistema de

ônibus metropolitano, que é o responsável pelas linhas que fazem a articulação de Belo Horizonte com as outras cidades da Região Metropolitana, criando uma rede mais eficiente e abrangente.

Procura-se colocar o sistema de transporte público como estruturador da locomoção na cidade, privilegiando, neste processo medidas que lhe permitam combinar preferencialmente com os deslocamentos nos modos não motorizados.

Segundo (GEPL 1994) o sistema de transporte de Belo Horizonte incorpora na sua essência o conceito de rede de integrada de transporte, contempla a associação espacial dos diferentes tipos linhas de transporte e entre estas com outros serviços de alta capacidade, como o metrô e as linhas Troncais que são considerados a espinhal dorsal do sistema, de modo a conferir melhor funcionabilidade e desempenho operacional.

De acordo com este entendimento de rede integrada pode-se avaliar melhor a função dos diversos tipos de serviços de ônibus e metrô dentro do sistema de transporte, os que exigem uma menor flexibilidade nos seus trajetos, pois circulam em vias segregadas ou em vias de alta capacidade operacional (Metrô ou Linhas Troncais), devem se situar no atendimento das grandes necessidades de transporte seja pelos seus elevados custos de implantação ou pela sua grande capacidade de transportar pessoas ou pela alta velocidade que conseguem manter, portanto, estes serviços serão predominantes nos principais corredores ou eixos de transporte de Belo Horizonte e a seleção destes irá ser em decorrência dos níveis de demanda a serem atendidas, do dimensionamento dos custos e das diretrizes do Plano Diretor.

Estes serviços estruturadores receberão os passageiros das linhas alimentadoras, que têm características mais flexíveis, por que não necessitam de vias exclusivas e trafegam nas vias locais dos bairros, portanto, carregam menos demanda. A maior parte das linhas da rede PROBUS será seccionada em terminais e transformada em linhas alimentadoras, formando o Sistema Tronco/Alimentado.

As outras linhas que não forem transformadas irão formar o Sistema Complementar, em que uma parte será preservada mantendo algumas linhas dos serviços Diametral, Circular e Semi-Expressas a outra parte de linhas serão transformadas em linhas Perimetrais e Radiais.

A transferência de passageiros é feita nas Estações de Integração, estas são estruturas de transporte que representam pontos de conexão entre as linhas ou entre linhas e o Metrô. Elas permitem ao usuário a integração física, que se refere a flexibilidade na utilização de diferentes serviços, ampliando suas alternativas de itinerário e a integração tarifária, que compreende a possibilidade de realizar mais deslocamentos com o menor custo, estas medidas representam aumento do grau de acessibilidade nas diversas áreas da cidade. Estão programadas a construção de 13 estações de integração, seis destas já foram implantadas: Estação Diamante – implantada em junho/1997; Estação Venda Nova – implantada em setembro/2000; Estação São Gabriel – implantada em fevereiro/2002; Estação Barreiro - implantada em dezembro/2002; Estação José Cândido - implantada em outubro/2005; Estação Vilarinho - implantada em setembro/2006.

Portanto, a rede do sistema de transporte público de Belo Horizonte da Prefeitura gerenciado pela BHTRANS, chamado de sistema Convencional, é estruturado em dois subsistemas o Tronco/Alimentado e o Complementar. Possui uma rede com 280 linhas de ônibus, 2.804 veículos, e transporta no dia útil cerca de 1.740.000 passageiros, dados de Setembro/2010, conforme (GESPR, 2010).

A partir de 2009 a BHTRANS incorpora no seu planejamento de transporte a tecnologia BRT (Bus Rapid Transit), que foi elaborada na cidade de Curitiba (Brasil), sendo um sistema de transporte de ônibus com alta capacidade, que opera em corredores e em vias segregadas integrado em estações com outros modais, possui integração tarifária com sistema de antecipado da tarifa, controle operacional de alta performance, com um elevado desempenho da velocidade operacional, o que proporciona um serviço rápido, eficiente, confortável e de qualidade. Os custos são reduzidos principalmente os de infra-estrutura, segundo o Ministério das cidades na comparação entre sistemas sobre trilhos que transportam o número semelhantes de passageiros, ele é 20 vezes mais barato que o VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) e 100 vezes mais barato que o Metrô. Os BRTs a serem implantados até 2014, para serem utilizados na Copa do Mundo, são: BRT Cristiano Machado (Abril/12); BRT Antônio Carlos (julho/13); BRT Pedro/ II Carlos Luz (julho/13).

#### **4.2 – Regulação Do Serviço de Transporte**

O serviço público de transporte está previsto na Constituição da República Federativa do Brasil, como um serviço essencial que deve ser assegurado à população, devendo ser

prestada diretamente pelo Poder Público Executivo ou indiretamente por meio da delegação de serviço, o modo que ocorre esta referida delegação será por meio de concessão ou permissão de serviço público.

De antemão deve-se conceituar tais institutos para melhor clareza: Primeiro, será apresentado conceito de serviço público: todo aquele prestado pela Administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade, ou simples conveniências do Estado.

Conforme o Artigo 175 da Constituição”. (BRASIL, 1988): *“incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos*

Dessa forma, faz-se necessário distinguir concessão e permissão. Concessão é o instituto através do qual o Estado atribui o exercício de um serviço público a alguém que aceite prestá-lo em nome próprio, por sua conta e risco, nas condições fixadas e alteráveis unilateralmente pelo Poder Público, mas sob garantia contratual de um equilíbrio econômico-financeiro, remunerando-se pela própria exploração do serviço, em geral e basicamente mediante tarifas cobradas diretamente dos usuários do serviço. Tendo tal instituto com características básicas: ter natureza contratual (acordo de vontades), ser estabelecido de forma não precária e possuir um prazo determinado.

Já a permissão de serviço público, tradicionalmente, considerada ato unilateral, discricionário e precário, pelo qual o Poder Público transfere a outrem a execução de um serviço público, para que o exerça em seu próprio nome e por sua conta e risco, mediante tarifa paga pelo usuário. Tendo como características essenciais: (1) depende sempre de licitação, de acordo com o artigo 175 da Constituição; (2) seu objeto é a execução de serviço público; (3) o serviço é executado em nome do permissionário, por sua conta e risco; (4) sujeição as condições estabelecidas pela Administração e a sua fiscalização; (5) pode ser alterado ou revogado a qualquer momento pela Administração, por motivo de interesse público; e (6) não possui prazo definido (embora a doutrina tenha admitido a possibilidade de fixação de prazo).

Como determina a Constituição da República no artigo 175 os serviços públicos quando executado por terceiros(delegação de serviços), deve a escolha do delegatário ser realizada

por meio de procedimento licitatório assegurando a todos os interessados igualdade de participação. Este procedimento administrativo é realizado observando várias fases, primeiramente, o Poder Público interessado realiza um edital convocatório da necessidade de prestar o serviço por meio de delegação e neste estabelece todos os requisitos para que o interessado possa participar do certame, logo depois da publicação do referido edital convocatório segue as fases seguintes: Apresentação das propostas (pautado no que determina o edital convocatório de prestação de serviço público); A habilitação (constitui o conjunto de condições a serem observadas em cada caso, por todos que desejem participar); Classificação e desclassificação ( será escolhido a proposta que mais se adéqua aos interesses da coletividade) e a homologação e adjudicação( a Administração Pública observará se o processo ocorreu pautado na legalidade e contratará com aquele que apresentou a melhor proposta e mais adequada às necessidades públicas).

A proposta vencedora deverá ser aquela que executará o serviço do modo mais vantajoso à coletividade que nem sempre será o melhor preço, a prestação deverá ser pautada, sempre, nos princípios administrativos previstos no artigo 37 da Constituição da República, nesta matéria o princípio de maior relevância é o da eficiência. Em respeito a este é que o edital determina requisitos mínimos que o concessionário não poderá deixar de cumprir para execução do serviço público.

Em Belo Horizonte Oo Edital de Concorrência 131/2008 (PBH, 2008), que regulou o Processo Licitatório para escolha dos prestadores de serviços de transporte coletivo do Município de Belo Horizonte determinou vários requisitos, alguns essenciais para a referida prestação de serviços e em novembro de 2008 entrou em vigor o novo Contrato de Concessão de Serviço Público de Transporte Coletivo por ônibus de Belo Horizonte, este foi celebrado entre a Prefeitura de Belo Horizonte e quatro concessionárias que tornaram as delegatárias do serviço supracitado.

Tal serviço deverá ser fiscalizado pelo Poder Delegante que continua o titular do serviço, foi transferido unicamente a execução, este papel fiscalizatório é realizado em Belo Horizonte pela Empresa de Sociedade de Economia Mista, componente da administração indireta municipal, a BHTRANS que passa a ser a entidade fiscalizadora e regulamentadora da prestação de tais serviços, que são operados pelas concessionárias e

distribuídos no território de Belo Horizonte em quatro Rede de Transporte e Serviços (RTS), a área central é comum a todas as concessionárias.

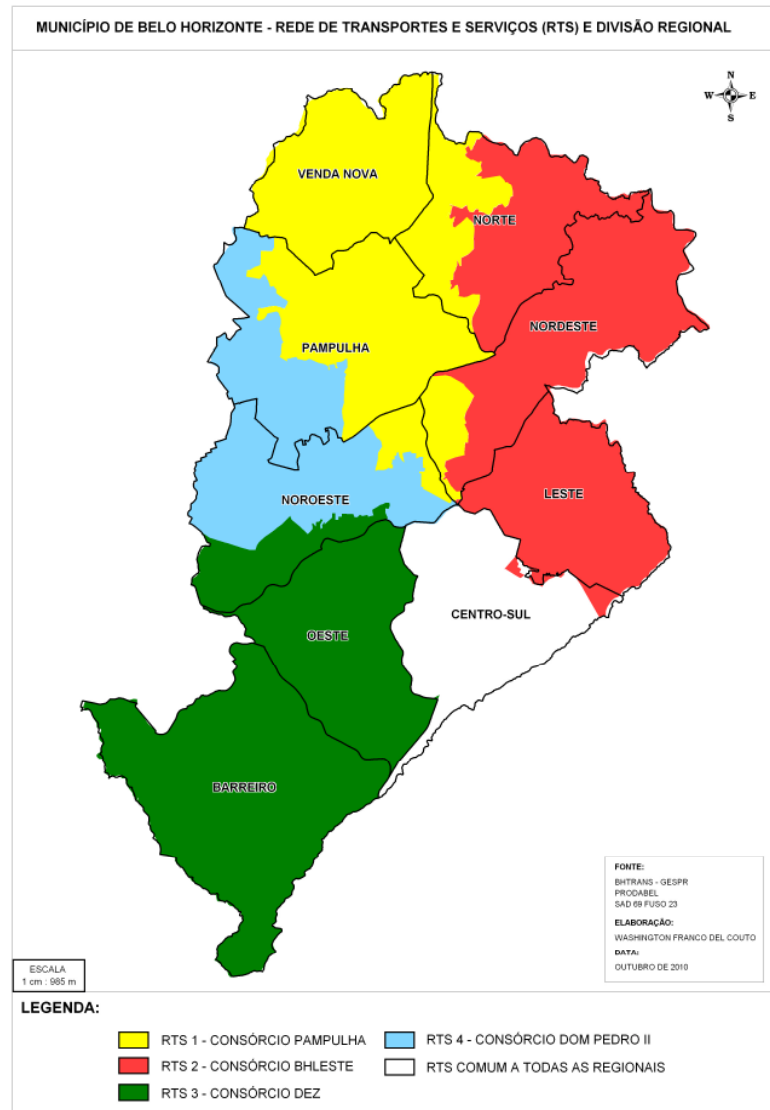


Figura1: Redes de Transporte e Serviços de Belo Horizonte

Como já ressaltado o vetor determinante da regulação de tal serviço é o Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008 (PBH, 2008), que no seu Anexo III institui os requisitos mínimos para a prestação dos serviços, entre eles, está o que estabelece o caminhamento máximo permitido realizado entre os equipamentos urbanos municipais até o ponto mais próximo de embarque e desembarque de uma linha de Transporte Público de Belo Horizonte. Esta distância máxima de caminhamento é de 600 metros no plano, para

caminhadas em aclives o percurso será reduzido de acordo com sua declividade, até chegar a 300 metros para uma declividade de 10%.

#### 4.3 – Norma de Acessibilidade

O Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008 no seu Anexo X define Acessibilidade PBH ( 2008, p.2)

##### *Cláusula 2a – DAS DEFINIÇÕES*

*“ACESSIBILIDADE: condição para utilização, por qualquer pessoa (seja ela portadora ou não de deficiência ou com mobilidade reduzida), com SEGURANÇA e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, veículos, sistemas e meios de comunicação e informação utilizados na prestação SERVIÇOS”*

O Anexo III do edital estabelece os parâmetros da norma de Acessibilidade PBH (2008, p.18):

##### *EDITAL DE CONCORRÊNCIA PÚBLICA 131/2008*

##### *Anexo III - Requisitos Mínimos Para a Prestação dos Serviços*

##### *3. Especificações Mínimas da Prestação do Serviço ...*

*I - garantir a acessibilidade, respeitando a distância máxima, no plano, de 600 metros de caminhada a pé pelo usuário.*

*Para caminhadas em aclives, considerar a redução da extensão em função da declividade, conforme gráfico abaixo:*

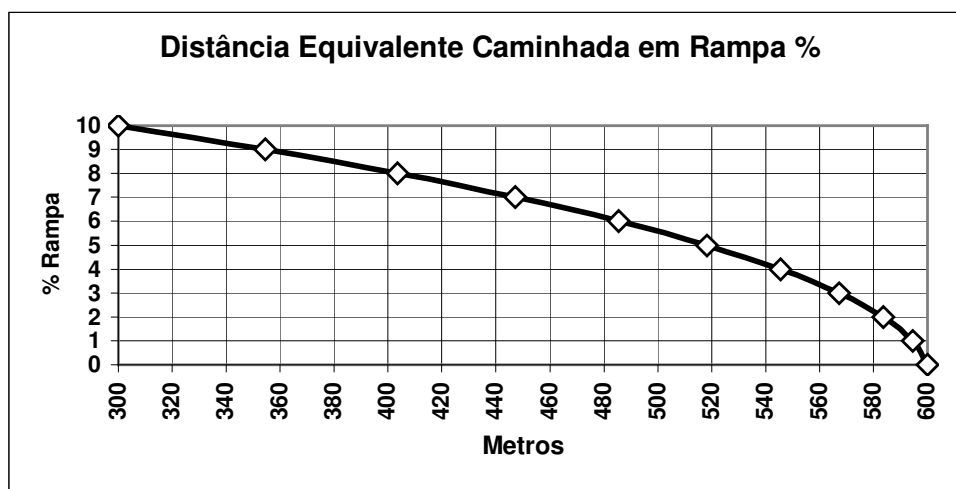


Figura 2: Gráfico de Distância de Caminhamentos em aclives

Pelo texto da norma acima se verifica que a acessibilidade no serviço é dada pela distância de caminhada, em metros, realizada pelo usuário para acessar os pontos de embarque e desembarque, que irá variar com a declividade da via por onde se realiza o percurso, ou seja, a acessibilidade depende de uma variável ambiental que é a topografia da via. A distância de caminhada para uma declividade de 0% será 600 metros, esta irá diminuindo com o aumento da declividade, até chegar em 10% em que a distância de caminhada permitida será 300 metros. Este critério estabelecido é relevante, porque a declividade é realmente uma impedância para o deslocamento. Ele foi realizado com base nos estudos de marcha feitos por Cororan onde ele afirma que “*A solicitação de energia muda durante a caminhada em rampa, dobrando em um aclave de 10-12%*”, segundo GESPR, (apud, Cororan, 1971). Foi um avanço na qualidade do serviço, visto que o anterior só estipulava a distância de caminhada em 600 metros independente da declividade da via.

Este critério de distância de caminhada em relação à declividade e que será utilizado no cálculo da acessibilidade deste estudo, ou seja, tal trabalho tem o objetivo central de determinar requisitos objetivos e mais eficazes para apuração de tal caminhada (acessibilidade a tal serviço).



## 5. ÁREA DE ESTUDO

A Regional Barreiro é uma das nove regiões administrativas de Belo Horizonte, está localizada a cerca de 18 KM de distância do Centro do município e faz divisa com os seguintes Municípios: Nova Lima (Leste), Contagem (Norte), Ibirité (Oeste) e Brumadinho (Sul). Segundo informações registradas no site da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte a área de jurisdição do Barreiro:

*“tem início no ponto em que a BR-040 cruza com as divisas dos municípios de Nova Lima e Belo Horizonte; segue, pela BR-040, até o trevo com o Anel Rodoviário; por este, até o Viaduto sobre a RFFSA; pelo leito ferroviário até a divisa com o município de Contagem; deste ponto, pelas linhas limítrofes dos municípios de Contagem, Ibirité, Brumadinho e Nova Lima, até a BR-040.”*

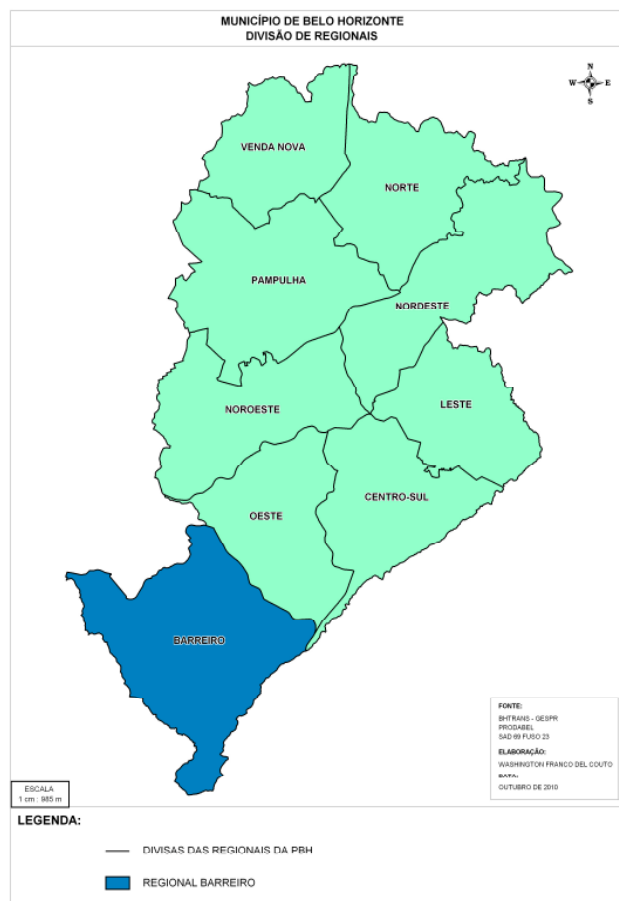


Figura 3: Belo Horizonte - Divisão Regional

## 5.1 – Caracterização da Região

Quanto aos aspectos físicos da Região do Barreiro está localizado, na parte sul, o Quadrilátero Ferrífero (Serra do Curral), que é composto por rochas que possuem minerais como o ferro, o itabirito e hematita e em menor escala rochas formadas por o filito e o quartzito, as outras áreas estão dentro da chamada Depressão de Belo Horizonte, que tem sua composição principal as rochas do Embasamento Cristalino, como o gnaiss. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Arrudas, uns dos principais rios de Belo Horizonte, situa-se na regional, em que os seus afluentes principais são o Córrego do Barreiro, Córrego do Jatobá, e o Córrego do Bonsucesso. A altimetria varia entre 851 a 1151m demonstrando que sua topografia é bastante acidentada.

Sua história começa com a fundação da Fazenda Barreiro, em 3 de agosto de 1855, de propriedade do Coronel Damazo da Costa Pacheco, mais tarde foi adquirida pelo governo do Estado, pois a abundância de seus recursos hídricos iria garantir o abastecimento da futura capital, também virou colônia agrícola de imigrantes europeus, principalmente italianos e portugueses, devido a fertilidade de suas terras com a criação da Colônia Vargem Grande no ano de 1896. A partir da década de 50 o Barreiro passa a ter um perfil industrial com a instalação da indústria alemã Cia. Siderúrgica Mannesmann, que após fusão com grupo francês Vallourec, passou a ser denominada Vallourec Mannesmann – V&M”. Hoje em dia, a região possui 380 indústrias, 5 mil estabelecimentos comerciais, e 4.500 prestadores de serviços é responsável por 38% do Valor Agregado Fiscal (VAF) municipal. Suas atividades econômicas geram aproximadamente 28 mil postos de trabalho, o que lhe possibilita certo grau de autonomia, polarizando 500 mil pessoas de municípios conurbados como Contagem, Sarzedo e Ibirité.

No item habitação a Regional Barreiro, de acordo com o Censo Demográfico 2000, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui 69.746 domicílios particulares permanentes, destes 91,82% são casas. Os homens são responsáveis 73% por desses domicílios e quase 27% têm entre 30 e 39 anos. O rendimento médio da maioria é de 49,65% e está na faixa entre ½ e 3 salários mínimos.

O Censo Demográfico de 2000 também indica que a Regional Barreiro de Belo Horizonte possui uma população de 262.194 habitantes, sendo 134.470 mulheres e 127.724 homens, como a extensão territorial da região mede 53,58 Km<sup>2</sup>, o que representa 16,19% da área do

município, a sua densidade demográfica fica em 4.893,32 hab./Km<sup>2</sup>, estando distribuída em 80 bairros que formam suas oito Unidades de Planejamento (UPs), segundo a Gerência Regional de Informações Técnicas SCOMGER-B (2010) “*são unidades espaciais que reúnem bairros e aglomerados, com características homogêneas de ocupação de solo, cujos limites muitas vezes são coincidentes com barreiras físicas, naturais ou construídas*”. A divisão do território em UPs objetiva facilitar o planejamento das intervenções da Prefeitura. As Ups da Região Administrativa do Barreiro são: Bairro das Indústrias, Lindéia, Barreiro de Baixo, Barreiro de Cima, Jatobá, Cardoso, Olhos d'água, Barreiro-Sul.

No que se refere ao serviço de educação a Regional possui: 27 escolas municipais, 24 escolas estaduais, 38 escolas particulares de ensino fundamental e médio, ainda conta com 02 Faculdades particulares de ensino superior: Faculdade Novos Horizontes Faculdade e Una-Tec, como também 01 universidade particular Universidade PUC Minas (Barreiro).

O Barreiro na área da saúde possui 4 hospitais: Hospital Eduardo de Menezes, Hospital Júlia Kubitscheck, Hospital Santa Lúcia e o Hospital Infantil de Urgência São Paulo, mais 02 unidades da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais – FHEMIG. Perto da Estação Diamante está localizada a Unidade de Pronto Atendimento (UPA- Barreiro) em uma área de 4.800m. Outros equipamentos são: os 17 Centros de Saúde, 05 Unidades Especializadas, 01 Unidade de Emergência, 01 Unidade de Pronto Atendimento - UPA- Barreiro, 01 Centro de Referência em Saúde Mental - CERSAM, 01 Centro de Referência em Saúde Mental para Infância e Adolescência-CRIA , 01 Centro de Referência em Saúde do Trabalhador-CERSAT e 01 Farmácia Distrital.

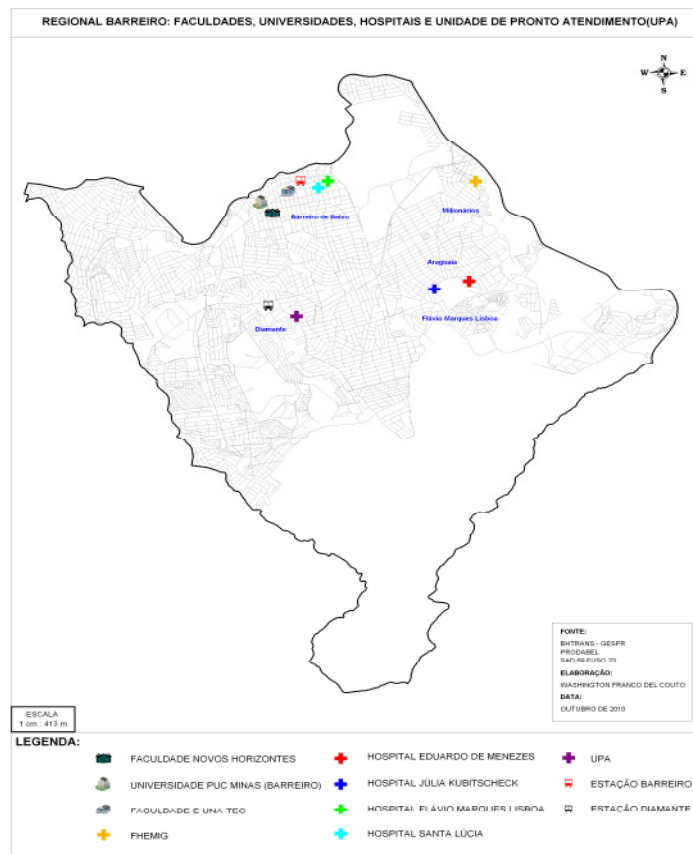


Figura 4: Regional Barreiro – Principais Centros de Ensino e Saúde

## 4.2 – Sistema Viário

A regional Barreiro conforme a Pesquisa de Origem e destino da Fundação João Pinheiro (2001), tem um elevado percentual de viagens intra-regionais, constatou-se que 40% dos deslocamentos com origem no Barreiro têm como destino a própria região. Isso indica a existência de uma dinâmica interna significativa com diversos serviços de consumo coletivo na região. Segundo GARBO (2007) existe na região 570,51 Km de vias e 28 Interseções Semaforizadas. Os principais corredores de tráfego são:

- Av. Waldyr Soeiro Emrich: Conhecida como “Via do Minério” este apelido foi adotado pela movimentação de carretas carregadas de minério que atendem a demanda da Vallourec Mannesmann. É uma via arterial, que recebe ao longo de sua extensão o fluxo de veículos dos principais bairros da região, através da Av. Solferina Pacce Riche faz a ligação com Bairros de Ibirité, como termina no Anel Rodoviário possibilita as ligações interestaduais e estaduais do eixo de ligação de

cidades vizinhas com o sul do estado e do país. A maioria dos ônibus que vão para estação Diamante passa por ela;

- Av. Olinto Meireles: Via arterial com grande movimentação de veículos, tem a função de ligar o Barreiro de Cima com área central do Barreiro, a Av. Amazonas e o Anel Rodoviário através da Av. Tito Fulgêncio;
- Av. Sinfrônio Brochado: Via arterial, é considerada como a principal via que permite o acesso ao centro comercial do Barreiro;
- Av. Afonso Vaz de Melo: Via arteriais da área central, onde localiza-se a estação Barreiro, tem sentido inverso ao da Av. Sinfrônio Brochado formando com esta um binário;
- Rua Visconde de Ibituruna: Via arterial, possui vários equipamentos comerciais, com grande tráfego de pedestre e veículo por isso é o principal corredor do centro comercial do Barreiro;
- Av. Senador Levindo Coelho: Via arterial, é a mais importante da região do Vale do Jatobá. Também faz a ligação do Barreiro com o Município de Ibitaré;
- Rua Antônio Eustáquio Piazza: Via arterial, principal corredor da região do Tirol, é usada para o acesso as cidades de Ibitaré, Sarzedo e Brumadinho com Belo Horizonte através da Rua Julio Mesquita;
- Av. Nélio Cerqueira: Via arterial também é um corredor importante do bairro Tirol;
- Rua Julio Mesquita: Via coletora dos bairros Itaipu, e Marilândia., também liga a regional com os municípios de Ibitaré, Sarzedo e Brumadinho;
- Rua Doutor Cristiano Rezende: Via coletora dos bairros, Milionários, Bom Sucesso e Araguaia que propicia acesso aos hospitais Júlia Kubitschek e Eduardo de Menezes;

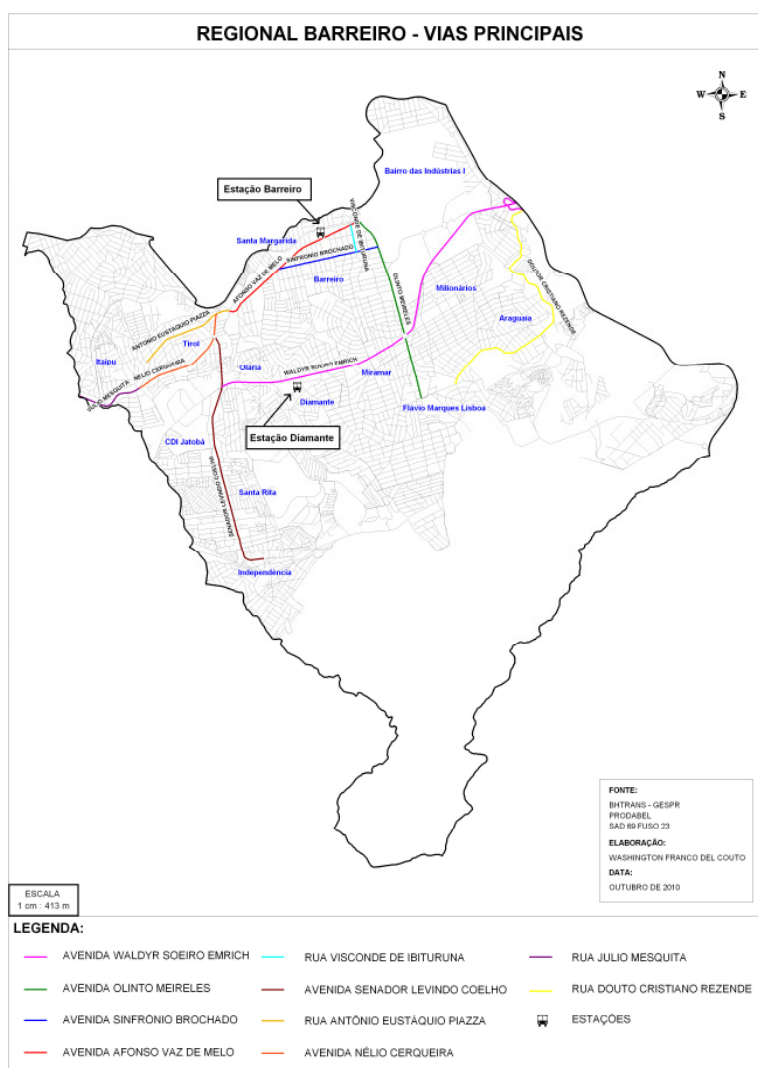


Figura 5: Regional Barreiro – Principais Vias

### 5.3 – Transporte

O Barreiro foi a primeira região da cidade a implantar os sistema tronco-alimentador, que foi concebido no projeto BHBUS. Este sistema é estruturado no modelo de operação de linhas alimentadoras (menor capacidade de passageiros) que tem a função de captação e distribuição, com linhas troncais (maior capacidade de passageiros) nos principais corredores de transporte, através da integração física e tarifária em estações. O projeto da nova rede de transporte na regional começou com a inauguração da estação Diamante, em junho de 1997, em que se seccionou 10 linhas Semi-Expressa transformando-as em 12 linhas alimentadoras e mais 2 linhas troncais: a linha 30 que vai para a Área Central e a

linha 31 atual 3050 que atende as regiões do BH-Shopping e Hospitais, sendo a primeira a ser instalada na cidade de Belo Horizonte.

Posteriormente, em dezembro de 2002, foi inaugurada a estação Barreiro, completando o processo de transformação da rede de diametral em rede tronco-alimentador, houve seccionamento de 15 linhas de característica Semi-Expressa, no qual foram criadas 14 linhas alimentadoras com mais cinco linhas troncais: 32,34 e 35 que vão para o Centro da cidade, linha 3053 tem como destino a região do Barro Preto e a linha 33 que além do centro circulava na região Hospitalar.

A implementação dessa nova rede de transporte tronco-alimentadora no Barreiro segundo GERSPR (2007), tinha como pressuposto básico melhorar o nível de serviço oferecido aos usuários do sistema de transporte coletivo por ônibus da região do Barreiro, aumentando a acessibilidade e reduzindo tempos de viagens e os custos. Os objetivos do projeto eram: Minimizar a superposição de linhas, reduzindo-se custos e melhorando a regularidade dos veículos nos principais corredores, apresentando intervalos mais constantes; Melhorar o nível de conforto e segurança para os usuários, adequando aos parâmetros do Contrato de Concessão; Promover a estruturação do sistema que passa a articular todas as regiões do município de Belo Horizonte melhorando a acessibilidade dos usuários, facilitando sua mobilidade para atendimento às suas necessidades de transporte; Criar atendimento a novas áreas urbanizadas que não possuem acesso ao transporte coletivo de passageiros; Implantar tarifa única, com integração temporal de 90 minutos, para os passageiros de posse do Cartão BHBUS;

Outra conquista importante foi a criação da Tarifa Regional, em Outubro de 2008, que possibilita que o usuário de uma linha alimentadora utiliza outra linha alimentadora sem pagar nova tarifa, no intervalo de 90 minutos. Este mecanismo potencializa o incremento das viagens dentro da região incentivando o desenvolvimento inter-regional. No mês de janeiro de 2010, aumentaram as possibilidades, de maneira que os passageiros podem fazer a integração com um segundo ônibus também fora das estações Diamante e Barreiro, em qualquer ponto de parada da região, trazendo mais rapidez e agilidade ao serviço. A regional também foi a primeira a implantar estas medidas de integração tarifária.

Em Dezembro de 2009, a rede de transporte da regional Barreiro passou por uma reestruturação, para otimizar a rede e adequar a oferta a demanda de serviços, assim foram

criadas sete linhas, sendo quatro alimentadoras da Estação Barreiro, uma perimetral ligando o Barreiro à região do BH Shopping, uma semi-expressa que operará somente nos horários de pico (manhã e tarde) e uma troncal que promoveu a ligação da Estação Barreiro com a Estação Vilarinho, localizada na Região Administrativa Venda Nova.

A rede de transporte Municipal do Barreiro possui 47 linhas: 27 alimentadoras, 11 troncais, 4 semi-expressas, 1 perimetral, 1 diametral e 3 de vilas e favelas. A maioria das linhas (total de 45) pertence a RT- 03, sendo o responsável por sua operação o Consórcio DEZ, as linhas 2004 e 6350 estão na RTS-2 operado pelo Consórcio BHLeste e a linha 8350 se encontra na RTS-1 do Consórcio Pampulha.

As linhas que atendem a regional Barreiro transportam 227.935 passageiros nos dias úteis (Setembro 2010), o que representa 13% do total de passageiros 1.740.012 das linhas municipais. Das 47 linhas 38 ou 81% tem ponto de controle nas estações e apenas 10 ou 21% fora destas, o que evidencia a característica tronco-alimentador da rede de transporte. Quanto à demanda destacam na Estação Barreiro as linhas troncais 32 e 8350 e as alimentadoras 330 e 329, na Estação Diamante temos as linhas troncais 30 e 3050 e as alimentadoras 305 e 311, já nas linhas com ponto de controle fora da estação temos as linhas semi-expressas 3051 e 3054

A Estação Barreiro é a maior possui um Shopping Center, chamado de Via Shopping, com várias lojas, cinemas e estacionamentos, tem 25 linhas, sendo 17 alimentadoras que atendem a diversos bairros e 8 troncais que fazem a ligação da regional com as regiões: Central, Hospitais, BH-Shopping, Savassi, Hospitais, São Gabriel e Venda Nova, suas linhas transportam 109.304 mil passageiros nos dias úteis.

A Estação Diamante é menor e conta com 16 linhas: sendo 13 alimentadoras que atendem a diversos bairros e 3 troncais que fazem a ligação da regional com as regiões: Central, Hospitais, BH-Shopping e Savassi, esta estação possui também cinco linhas do sistema Metropolitano que fazem integração com as linhas municipais, o que possibilita a ligação com os municípios de Ibirité e Contagem, as suas linhas transportam 62.042 mil passageiros nos dias úteis.

As linhas 341, 342 e 3350 atendem as duas estações o que permite mais possibilidades de integração e de destinos a serem alcançados pelos usuários na rede de transporte.



<b>Nº</b>	<b>Nome</b>	<b>Ponto de Controle</b>	<b>Linha Tipo</b>
30	Est. Diamante/Centro	Diamante	Troncal
32	Estação Barreiro/Centro-Tamoios	Barreiro	Troncal
33	Est. Barreiro/Centro-Hospitais	Barreiro	Troncal
34	Est. Barreiro/Via Expressa	Barreiro	Troncal
35	Est. Barreiro/Centro-Via Santos Dumont	Barreiro	Troncal
301	Est.Diamante Via Saúde /Novo Sta. Cecília V. Brasil Industrial	Diamante	Aliment.
302	Vila Pinho/Novo Santa Cecilia	Diamante	Aliment.
303	Santa Cecilia/Castanheiras	Diamante	Aliment.
304	Jatoba IV	Diamante	Aliment.
305	Mangueiras	Diamante	Aliment.
308	Tirol	Barreiro	Aliment.
309	Bairro Petropolis	Diamante	Aliment.
310	3 e 4 Seção	Diamante	Aliment.
311	Morada da Serra	Diamante	Aliment.
313	Diamante/Olaria	Diamante	Aliment.
314	Santa Helena/Teixeira Dias	Barreiro. Diamante	Aliment.
315	Barreiro/Est. Barreiro	Barreiro	Aliment.
318	Est Barreiro/Jdim Liberdade-Via Milionários	Barreiro	Aliment.
319	Vila Cemig / Conj Esperança	Fora Est.	At Social
321	Olhos D'Aguá / Pilar	Barreiro	Aliment.
325	Flavio Marques Lisboa / Est Barreiro	Barreiro	Aliment.
326	Vale do Jatoba/Est. Barreiro	Barreiro	Aliment.
327	Cardoso A / Est Barreiro	Barreiro	Aliment.
328	Cardoso B / Est Barreiro	Barreiro	Aliment.
329	Jatoba/Est Barreiro	Barreiro	Aliment.
330	Independencia / Est. Barreiro	Barreiro	Aliment.
331	Conj Antonio Teixeira Dias/Est Barreiro	Barreiro	Aliment.
332	Milionários/Est. Barreiro	Barreiro	Aliment.
333	Bonsucesso Via Milionários Barreiro	Barreiro	Aliment.
335	Est Barreiro / Lindeia	Barreiro	Aliment.
336	Hosp.Eduardo de Menezes/Vila Bernadete	Fora Est.	At Social
340	Est Barreiro / Vila Mangueiras	Barreiro	Aliment.
341	Est Barreiro / Est.Diamante Via Saúde	Barreiro. Diamante	Aliment.
342	Est Barreiro / Solara Via Est.Diamante Via Saúde	Barreiro. Diamante	Aliment.
1145	Bairro das Industrias	Fora Est.	Semi-Expr.
2004	Bandeirantes/Pilar via Olhos D'Água	Fora Est.	Diametral
3029	Regina/Centro	Fora Est	Troncal
3050	Est.Diam./Hospital Via BH Shopping	Diamante	Troncal
3051	Flavio M.Lisboa/Savassi Via NSCarmo	Fora Est.	Troncal
3052	Est Diamante/BH Shopping-Vias Havai	Diamante	Troncal
3053	Est. Barreiro / B Preto	Barreiro	Troncal
3054	Milionários/Centro	Fora Est.	Troncal
3055	Est Barreiro/Savassi Via BH Shopping	Barreiro	Troncal
3150	Regina-Lindeia/BHShopping Via Anel Rodoviário	Fora Est	Troncal
3350	EstBarreiro/Est Diamante	Barreiro. Diamante	Troncal
6350	Est. Vilarinho/ Est Barreiro Via Anel Rodoviário	Barreiro	Troncal
8350	Est. São Gabriel/ Est Barreiro	Barreiro	Troncal

Tabela 1: Relação de Linhas da Região Barreiro

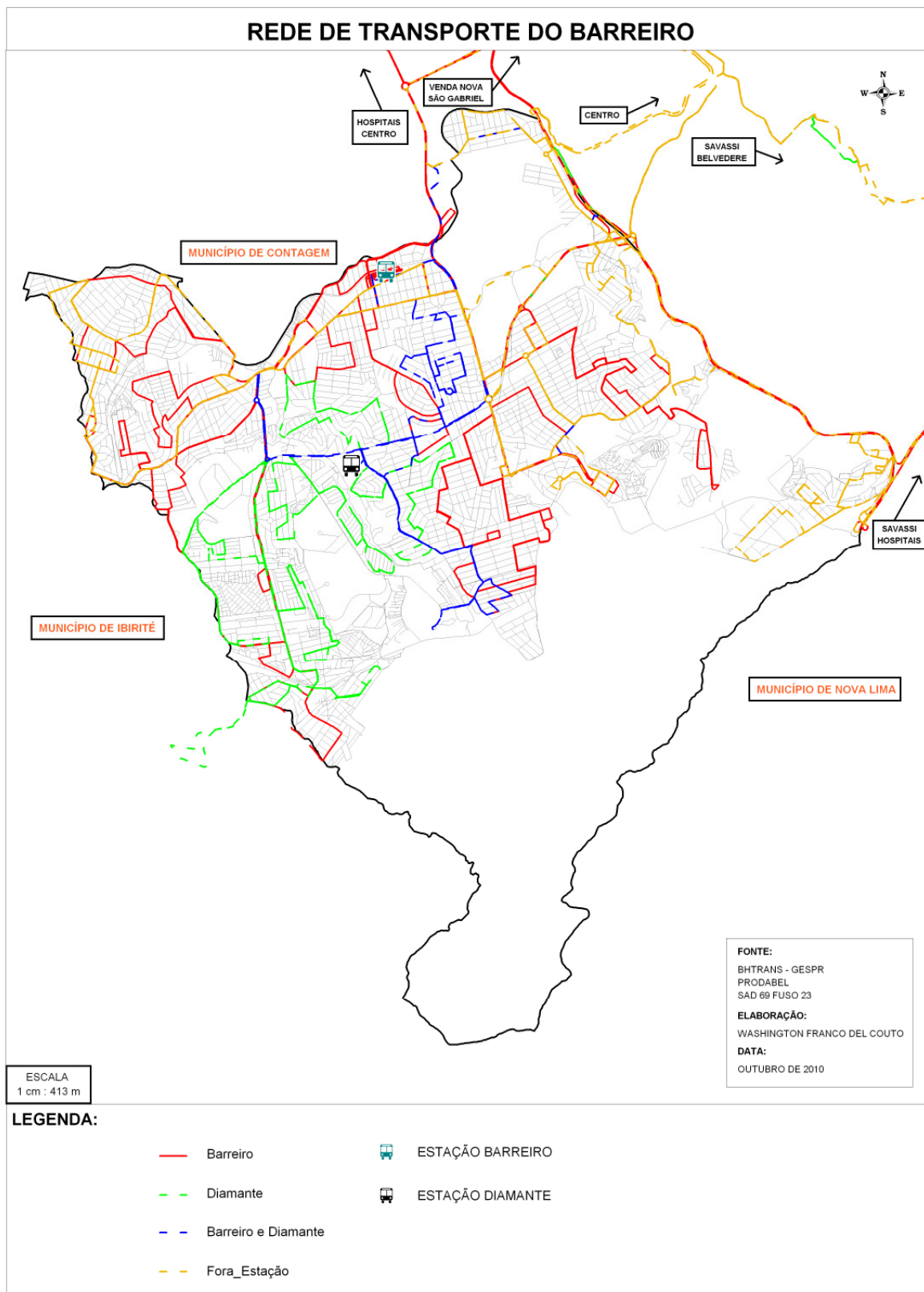


Figura 6: Rede de Transporte da Regional Barreiro

## 6. REDE

A terminologia da palavra “Geoprocessamento” é explicada por Moura (2005 p.8):

*“O termo Geografia que, no latim é geographia, vem do grego γεωγραφία que é o somatório de gh - Terra e grafia - grafia, ou seja, a grafia, a representação da Terra. Vem também dos gregos o pensamento geográfico sistematizado, objetivando a localização dos lugares, ainda muito ligada à matemática e à geometria. Já o sufixo "processamento", de Geoprocessamento, vem de processo, que é do latim processus, que significa "andar avante", "progresso". Os vocábulos latinos “processus” e “progressus” têm o mesmo significado, que é "andar avante", "avançar”.*

O Geoprocessamento pode ser definido como o uso de técnicas de computação que trabalham com as informações geográficas realizando aquisição, tratamento e análise de dados espacialmente referenciados. A mesma autora cita seus componentes que “segundo a maioria dos autores da área, engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas de Informação geográfica” SIG ou GIS - Geographic Information System que é o conjunto de hardware, software e procedimentos, eles são as ferramentas computacionais que possibilitam o processamento e a análise de dados georeferenciados no Geoprocessamento. Este tem característica transdisciplinar, pois é utilizado em várias áreas do conhecimento que enfatizam as questões espaciais, a sua qualidade mais importante é a capacidade de ser um instrumento poderoso na construção de análises para tomada de decisões conforme salienta Moura (2005) “Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas”.

Através da construção de modelos o geoprocessamento busca de maneira mais simples representar a realidade que é complexa, com a pretensão de explicá-la. A modelagem dos dados espaciais é uma etapa muito importante no processo de construção do SIG, pois vai ser fundamental na eficiência dos resultados que podem ser comprometidos pelo exagero no processo de simplificação, assim, não promovendo o necessário entendimento de como as alterações das variáveis ambientais estão relacionadas. Conforme Moura (2005 p.36):

*“O geoprocessamento está intimamente relacionado à modelagem. Os modelos, que são tentativas de representação simplificada da realidade, foram e são passos importantes na busca de respostas sobre as correlações e comportamentos de variáveis ambientais. Os modelos são criticados quando promovem excesso de generalização, pois resultam em simplificações pobres da realidade espacial.*

*Quando construídos sobre lógicas adequadas para lidarem com complexidade, como a lógica nebulosa, apresentam significativo caráter heurístico, revelador”.*

A representação espacial do deslocamento realizado pelas pessoas no sistema viário remete ao conceito de rede, segundo INPE (2005 p.19):

*“O modelo de redes concebe o espaço geográfico como um conjunto de pontos no espaço (chamados de nós), conectados por linhas (chamados arcos), onde tanto os nós quanto os arcos possuem atributos. Os fenômenos modelados por redes incluem fluxo de pessoas ou materiais, conexões de influência, linhas de comunicação e acessibilidade”*

Outro autor também se refere ao conceito de rede, como salienta Freitas (2006 p.31)

*“No conceito de rede, dois elementos básicos formam sua representação física. Os fixos, representados pelos objetos componentes do espaço ou fenômeno, materializados em forma de vértices, e os fluxos, que representam as relações entre elementos, materializados em forma de arestas ou linhas”*

A rede é baseada na teoria dos Grafos que foi desenvolvida pelo matemático Leonard Euler na sua solução para o seguinte problema: na sua cidade Königsberg na área central, passava um rio que tinha duas ilhas com sete pontes. Ele queria saber se era possível realizar um caminho que atravessasse todas as pontes uma vez só e que retornasse ao ponto de origem. Tentando resolver o problema, que aliás não teve solução, Euler o representou com o grafo ilustrado equivalente.

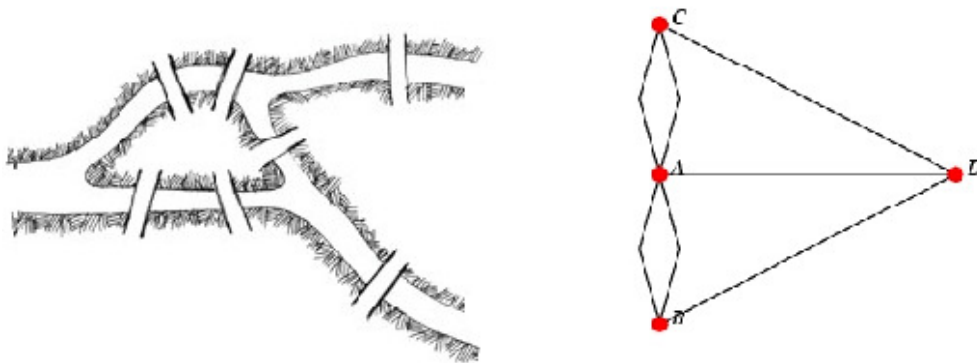


Figura 7 – As sete pontes de Königsberg e o grafo equivalente.

Portanto, uma rede é um estrutura geográfica baseada em grafo  $G = (N, A)$ , esse é um conjunto não-vazio, em que  $N$  são denominados nós e um outro conjunto  $A$  de arestas, esta é um par não-ordenado  $(n_i, n_j)$ , onde  $n_i$  e  $n_j$  são elementos de  $A$ .

Com relação a topologia das redes segundo o INPE (2005 p.28):

*“é fundamental armazenar explicitamente as relações de adjacência, utilizamos a topologia arco-nó. Um nó pode ser definido como o ponto de intersecção entre duas ou mais linhas, correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha. Nenhuma linha poderá estar desconectada das demais para que a topologia da rede possa ficar totalmente definida.*

Assim, na modelagem da circulação as vias podem ser modeladas como linhas e pontos de embarque e desembarque e cruzamentos tomando a forma de nó ou centróide.

Outra característica ligada às questões de movimentação é a diferença de volume de tráfego em sentidos opostos de um trecho, a fluidez será menor no sentido em que houver maior concentração de elementos, esta distinção permite a real apuração das condições do trânsito, o que é contemplado na modelagem de rede. De acordo com (INPE 2005) *”a definição de redes pode ser estendida para considerar o caso de conexões bidirecionais, como no caso de redes de transporte, onde as relações entre os nós não são simétricas, pois os fluxos em sentidos opostos podem ser diferentes”*.

A adoção do modelo baseado na noção rede é a mais apropriada para representação dos fenômenos espaciais caracterizados pela fluidez, pois insere o entendimento de que ela depende dos retardamentos provocados no ato de circular pelo espaço, como fluxo de outros veículos, semáforos, congestionamentos dentre outros, conforme Freitas (2006 p.32):

*“Nenhum modelo de representação de fenômenos fluídos é mais eficiente que a representação em rede. Isso ocorre pela possibilidade de inserção de um novo conceito na relação dos elementos dispostos na rede. O conceito é denominado de impedância ou atrito. O atrito está associado às arestas da rede e pode estar relacionado a um fator de distância ou mesmo a fatores logísticos e/ou ambientais, que bloqueiam ou retardam a fluidez”*

Os impedimentos como a diminuição da velocidade determinada pelo grau de saturação da capacidade das vias, os tempos de parada nos cruzamentos, semáforos, pontos de embarque e desembarque, as condições do pavimento, inclinação e geometria viária, proibição de sentido de circulação, como também fatores naturais como topografia,

condições climáticas e luminosidade constituem variáveis ambientais que afetam o desempenho da mobilidade e a condição de acessibilidade.

A rede está baseada na concepção de conectividade, pois demonstra as possibilidades de trajetos de ponto aos diversos destinos a serem alcançados refletindo o arco de possibilidades de relações entre os elementos da rede.

Ela possibilita a alocação dos atritos nas arestas, com isso, pode-se calcular o Caminho Mínimo, sendo este o percurso que minimiza o custo da viagem que geralmente é traduzido em termos de tempo, distância e outros ou uma combinação entre eles, ou seja, o objetivo é determinar o custo mínimo de um deslocamento para sair de uma origem e chegar a um ou vários destinos, portanto pode-se comparar os custos de todas as ligações da rede.

## **7. METODOLOGIA**

O objetivo da construção do SIG como já dito anteriormente é a apuração da acessibilidade do ponto de embarque e desembarque (PED), o SIG será usado para calcular a distância máxima permitida no caminhamento dos usuários no trajeto entre o PED e Endereço e vice-versa de acordo com o estabelecido no Edital.

A metodologia elaborada no presente trabalho buscou que esta aplicação possa ser realizada pela BHTRANS dentro da sua atual condição de infra-estrutura computacional, portanto, os softwares escolhidos além de possuírem ferramentas que possibilitem a realização da aplicação, por isso, será utilizado dois softwares: o MapInfo e o SPRING, o primeiro a BHTRANS possui licenças, o segundo usado para completar o procedimento que é gratuito.

### **7.1 – Estudo de Caso**

Será realizado a aplicação do SIG para um caso concreto de demanda de acessibilidade de moradores de uma área conhecida como “Região do Cristo”, na praça dessa região existe uma estátua do Cristo redentor, localizada no Bairro Milionários e que faz parte da Regional Barreiro.

A Gerência de Ação Regional Barreiro (GARBO) encaminhou a Gerência de Estudo e Programação (GESPR) o pedido dos moradores da “Região do Cristo” feito na Comissão de Regional de Transporte Trânsito (CRTT), que é um órgão municipal através do qual os moradores de Belo Horizonte se reúnem com os representantes da BHTRANS para tratar assuntos ligados ao transporte e trânsito.

A solicitação em questão era diminuir o caminhamento dos moradores no acesso a uma linha de transporte do sistema público de passageiros coletivos. Conforme, o mapa da próxima página, em torno da região do Cristo estão as linhas alimentadoras 318 (Estação Barreiro/Conjunto Liberdade Via Milionários) e 332 (Estação Barreiro/Milionários-Bonsucesso) e as linhas semi-expressas 1145 (Bairro das Indústrias) e 3054 (Milionários/Centro). O objetivo do estudo de caso é verificar se os caminhamentos dos moradores dessa região aos pontos de embarque e desembarque, mais próximos do local, estão dentro dos parâmetros da norma de acessibilidade, que é expressa na distância em

metros e varia de acordo com a declividade da via, ou seja, saber se a solicitação dos moradores procede ou não.

A localização dos pontos de embarque e desembarque nos logradouros estará correta e conseqüentemente o atendimento dos serviços de transportes, se abrangência espacial da acessibilidade deles cobrir toda a região, caso contrário, se ficar constatado alguma área sem cobertura, a localização dos pontos e o itinerário das linhas deverá sofrer alteração para garantir o serviço adequado aos passageiros.

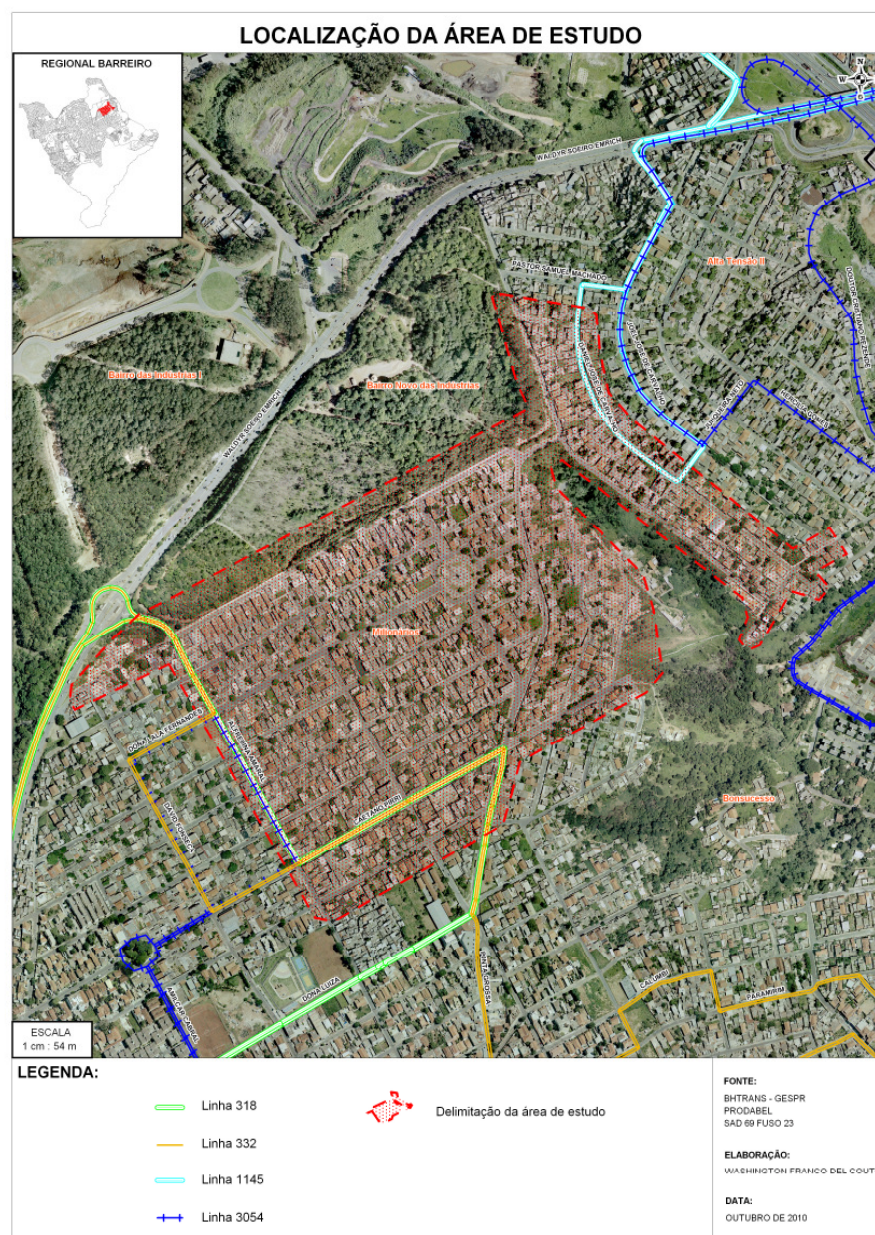


Figura 8 – Mapa da Área do Estudo de Caso



## 7.2 – Organização dos Dados

A camada TrCircul representará o caminhamento dos moradores no acesso aos pontos de embarque e desembarque das linhas. A sua escolha baseia-se no fato que o deslocamento das pessoas pelas vias usando o seu próprio corpo, o modal pedestre não possui restrições de circulação apresentando grande flexibilidade, assim, ele pode transitar nos dois sentidos de circulação. A modelagem adotada na camada permite a representação do deslocamento dos pedestres nos trechos das vias, pois foi representada através de uma linha que segue o eixo central viário. Sendo necessário verificar se os trechos estão adequados, se estão representados em todos os logradouros e dispostos como uma rede com as devidas conexões.

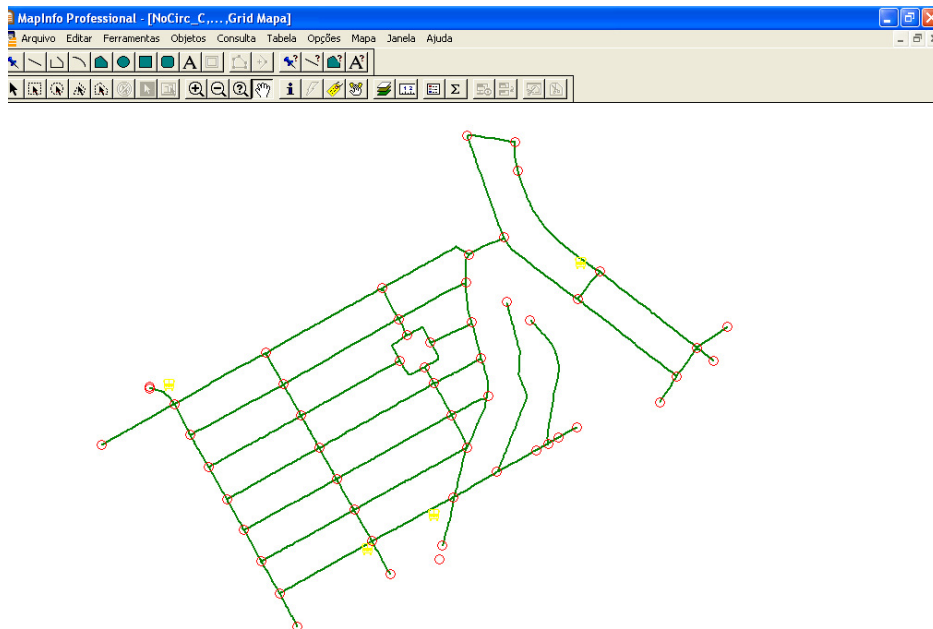


Figura 9 – Representação gráfica do Caminhamento

### 7.3 – Divisão dos Trechos

O primeiro procedimento a ser feito é a definição do tamanho do comprimento máximo dos trechos, na camada os trechos geralmente medem 120 metros, pois eles representam a distância média de um quarteirão, o que geraria problemas depois para a futura etapa do cálculo do caminhamento, isto porque, o software ao somar os comprimentos dos trechos poderia achar valores maiores que o máximo permitido de 600 metros. Para resolver o problema é necessário dividir os trechos em um comprimento máximo, que não comprometa o resultado, deste modo, vai se trabalhar com um erro de 5% que é o padrão aceitável estatisticamente.

O limite é 600 metros 5% desse valor serão 30 metros, como na etapa futura da atribuição da impedância aos trechos, o comprimento destes poderá ser multiplicado pelo valor máximo que será de dois, então um trecho de 30 metros na situação em que se aplica a máxima impedância, resultará num comprimento de 60 metros o que corresponde a 10% de possibilidade de erro, deste modo, os trechos devem ter o valor máximo de 15 metros para preservar a margem de erro aceitável.

O Mapinfo não tem uma ferramenta que divide as linhas, para solucionar o problema criou-se um gride que é um conjunto de quadrados e a partir das arestas destes cortam-se os trechos, só que o valor máximo de um quadro não é o seu lado e sim a sua diagonal, uma das possíveis posições em que o trecho pode estar disposto em relação ao corte das arestas dos quadrados do gride, portanto, em vez de criar um gride com quadrados de lados medindo 15 metros, calcula-se o lado de um quadro que possua uma diagonal que mede no máximo 15 metros, com a fórmula da Diagonal, será possível chegar ao valor real do lado dos quadrados que será igual a 10,6 metros.

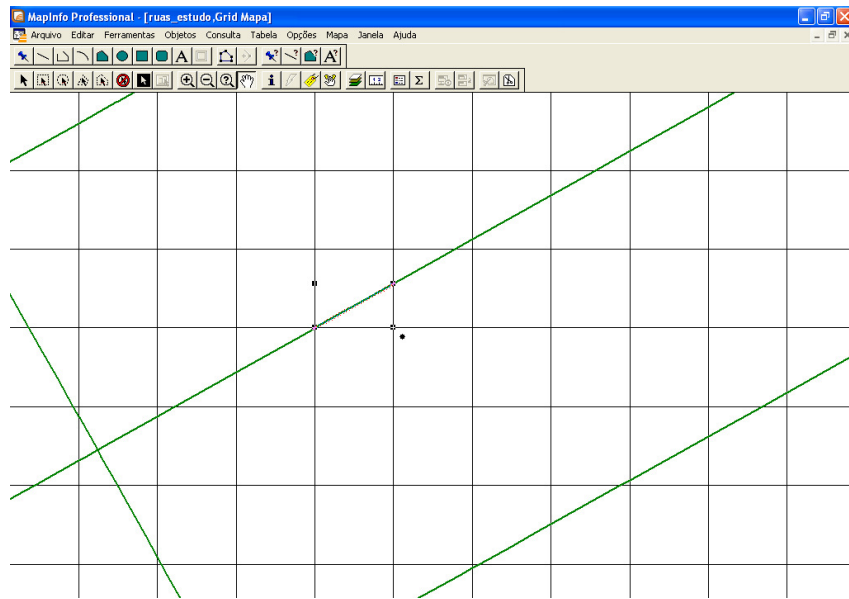


Figura 10 - Divisão dos trechos

#### 7.4 – Construção do Banco de Dados

No software Spring é necessário criar um banco de dados e indicar um gerenciador para este, no caso, a escolha foi pelo software Microsoft Acces, devido sua boa acessibilidade perante o usuário-padrão de informática. Depois é necessário criar um projeto onde se delimita a sua área de abrangência, que corresponde a porção do espaço a ser mapeada, isto é feito através da inserção das coordenadas geográficas no processo de identificação do retângulo envolvente.

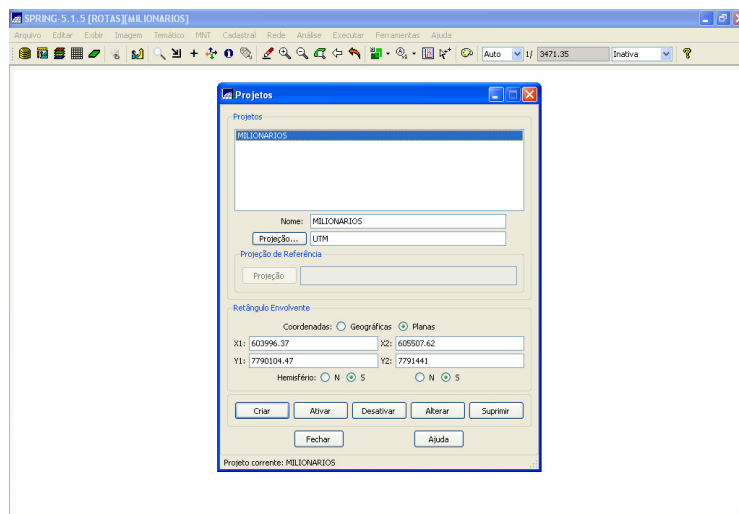


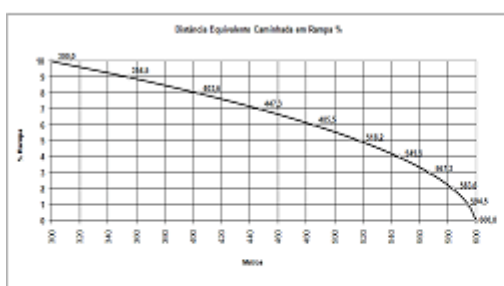
Figura 11 – Delimitação do Projeto

O Spring separa a informação espacial por categorias, sendo necessário um estudo criterioso do analista na discriminação das categorias adotadas com relação a inclusão dos dados espaciais no software, visto que estes denotam de características singulares. As camadas inseridas nas categorias são no software denominado de Plano de Informação. Outro ponto a ser observado é separação entre a interface geográfica e a interface de dados, quando se quer realizar a associação da representação espacial ao seu correspondente registro no banco de dados deve-se criar uma categoria tipo Objeto. No processo de transferência dos arquivos com os dados para os Planos de Informação é necessária a conversão para o padrão ASCII/SPRING, que vai gerar dois arquivos: um contendo os identificadores dos dados geográficos e outro com a informação dos vetores.

### 7.5 – Apuração da declividade

A declividade da via como já foi explicado, anteriormente, é a impedância na norma de acessibilidade e está expressa como distância de caminhamento em metros. Através do gráfico de declividade e caminhamento especifica-se o valor deste último em relação ao primeiro, depois calcula o índice de impedância dividindo o caminhamento no plano de 600 metros (declividade 0%) pelos outros a serem realizado em cada inclinação da rampa. Realizado este cálculo elabora a tabela de impedância com a relação das faixas dos valores da declividade e seu correspondente peso.

Gráfico de Declividade



% Rampa	Distância	Índice de Declividade
0%	600,0	1,00
1%	594,5	1,01
2%	583,6	1,03
3%	567,3	1,06
4%	545,5	1,10
5%	518,2	1,16
6%	485,5	1,24
7%	447,3	1,34
8%	403,6	1,49
9%	354,5	1,69
10%	300,0	2,00
>10%	300,0	2,00

Tabela 2: Índice de Impedância

Faixa Declividade	PESO
< 1	1
1 - > 2	1,01
2 - > 3	1,03
3 - > 4	1,06
4 - > 5	1,10
5 - > 6	1,16
6 - > 7	1,24
7 - > 8	1,34
8 - > 9	1,49
9 - > 10	1,69
> 10	2

Tabela 3: Faixas de Declividade e Peso

O Spring faz o mapa temático de declividade, para a realização do procedimento foi usado um arquivo com o modelo numérico do terreno produzido, a partir do sensor a layser (base Prodabel). Com este foi construído uma camada de declividade com um píxel de 10,6 m que é compatível com o valor do comprimento dos trechos. Em seguida inicia-se o procedimento de Fatiamento definindo as classes de declividade com base nos valores do gráfico de inclinação da norma de acessibilidade. Observa-se que a topografia da região possui, na sua maior parte, trechos com declividades iguais ou maiores que dez por cento (cor vermelha).

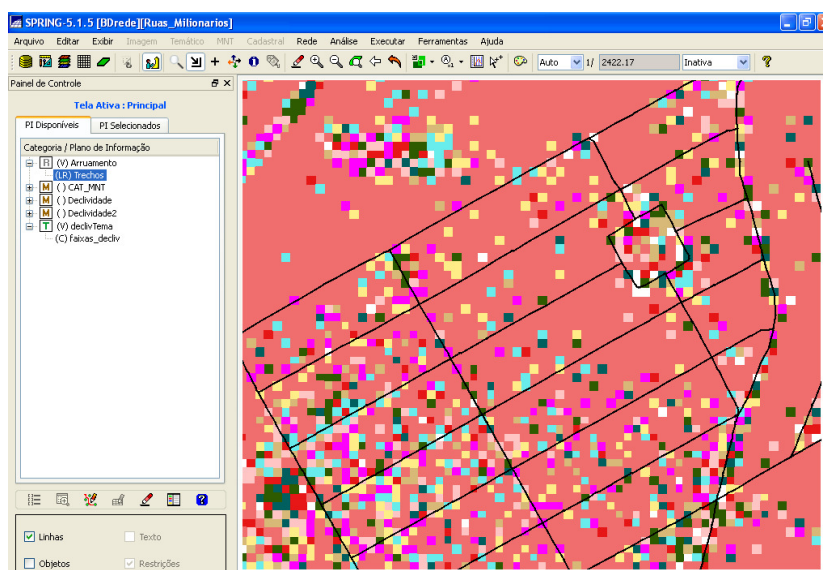


Figura 12 – Apuração da Declividade da Região

## 7.6 – Atribuição da Impedância aos Trechos

O Spring não possui uma ferramenta capaz de atribuir a inclinação aos trechos, mas o Mapinfo possui, por isso, exporta-se as camadas de trechos e de classes de declividade. No Mapinfo realiza uma segunda divisão dos trechos através do corte dos quadrados dos pixels oriundos da camada de classe de declividade, este procedimento irá garantir a individualização da declividade de cada trecho, evitando que este esteja situado em faixas diferentes de inclinação.

Para a atribuição dos valores cria-se um novo campo na tabela trecho denominado declividade, que receberá os valores das classes através de uma junção espacial (joing) das duas camadas.

O processo da segunda divisão implica no surgimento de novos trechos, tendo que se individualizar novamente os trechos com a função ROWID no campo ID e também inserir outro atributo chamado extensão\_m em que é inserido o comprimento dos trechos.

Depois da atribuição da declividade aos trechos é necessário atribuir os pesos deste, através de um join entre a camada dos trechos e a tabela de faixas de declividade inserindo o valor dos pesos em um novo campo criado na camada de trechos chamado Peso.

O próximo procedimento é criar um novo campo chamado Impedância que representa o valor dos trechos com o peso, através da operação da multiplicação do comprimento do trecho pelo devido peso, a camada agora tem como retratar os dois tipos de cenários de caminhamentos: o sem impedância que é o valor do campo extensão\_m e o com impedância no campo Impedância.

**Fórmula da Impedância = Comprimento X Peso**

No final desta etapa é feito um procedimento importante, pois para utilizar o algoritmo de alocação é preciso criar outro campo na tabela da camada de trecho, denominada demanda necessário para rodar a ferramenta de alocação no Spring.

ID	HULOG	HomLog	extensao_m	declividade	Peso	Impedancia	demand
1	015641	RUA CINCO	4,99791	>10	2	9,99582	1
2	015641	RUA CINCO	2,44683	6-7	1,23584	3,02389	1
3	015641	RUA CINCO	18,2683	>10	2	36,5366	1
4	015641	RUA CINCO	2,92324	5-6	1,15785	3,38469	1
5	015641	RUA CINCO	13,078	>10	2	26,156	1
6	015641	RUA CINCO	10,8814	6-7	1,23584	13,4476	1
7	015641	RUA CINCO	17,0396	>10	2	34,0791	1
8	015641	RUA CINCO	7,17235	>10	2	14,3447	1
9	015641	RUA CINCO	7,67117	7-8	1,34138	10,29	1
10	015641	RUA CINCO	2,09728	>10	2	4,19457	1
11	015641	RUA CINCO	10,6093	5-6	1,15785	12,284	1
12	015641	RUA CINCO	19,056	>10	2	38,1119	1
13	015641	RUA CINCO	10,5971	8-9	1,48662	15,7539	1
14	015641	RUA CINCO	7,67117	>10	2	15,3423	1
15	015641	RUA CINCO	2,92324	4-5	1,09991	3,2153	1
16	015641	RUA CINCO	11,04	8-9	1,48662	18,4123	1
17	015641	RUA CINCO	15,6082	>10	2	31,2165	1
18	015641	RUA CINCO	21,1943	>10	2	42,3886	1
19	015641	RUA CINCO	18,7973	>10	2	37,5947	1
20	015641	RUA CINCO	3,01146	>10	2	6,02293	1
21	006570	RUA DOS ATLETICANOS	11,4817	7-8	1,34138	15,4014	1
22	006570	RUA DOS ATLETICANOS	20,6873	>10	2	41,3746	1
23	006570	RUA DOS ATLETICANOS	2,41339	2-3	1,0281	2,48121	1
24	006570	RUA DOS ATLETICANOS	1,13203	9-10	1,89252	1,91599	1
25	006570	RUA DOS ATLETICANOS	5,67223	7-8	1,34138	7,60863	1
26	006570	RUA DOS ATLETICANOS	4,43177	>10	2	8,86355	1
27	006570	RUA DOS ATLETICANOS	11,4432	9-10	1,89252	19,3678	1
28	006570	RUA DOS ATLETICANOS	5,97087	7-8	1,34138	8,00921	1
29	006570	RUA DOS ATLETICANOS	0,180673	>10	2	0,361346	1
30	006570	RUA DOS ATLETICANOS	11,4432	7-8	1,34138	15,3497	1
31	006570	RUA DOS ATLETICANOS	11,448	>10	2	22,8961	1
32	006570	RUA DOS ATLETICANOS	7,94837	8-10	1,69252	13,4528	1

Figura 13 – Tabela da Camada Trecho

## 7.7 – Simulações

Na apuração da acessibilidade que é o cálculo dos caminhamentos máximos realizados pelos moradores de acordo com a disposição dos pontos de embarque e desembarque, utilizou o algoritmo de alocação de recursos, sendo o mais apropriado para a aplicação, isto porque, é uma ferramenta que permite identificar a área de abrangência da distribuição dos fluxos que chegam ou partem de um objeto pontual que serve como referência e que possui um valor de demanda associado.

Antes de realizar o processo de simulação de alocação é necessário inserir na camada os pontos de embarque e desembarque, que no caso em questão serão os pontos de referência tanto para os caminhamentos que partem deste, assim representam o desembarque do passageiro que realiza o trajeto do ponto para o endereço, como também pontos de referência para os caminhamentos que chegam até eles e que representam o embarque do passageiro que faz o trajeto do endereço para o ponto. Neste processo é importante incluir

um número fictício para a quantidade de demanda no banco de dados do Access, senão a alocação não irá atingir o valor máximo permitido para os caminhamentos.

A norma de acessibilidade estabelece dois critérios para as distâncias máximas percorridas e que têm que ser atendidas nos deslocamentos dos usuários para embarque e desembarque, conforme, o tipo de caminhamentos sendo estes com ou sem impedância que é a declividade. Por isso, para cada ponto de embarque e desembarque é preciso fazer dois procedimentos de simulação de alocação, para representar dois possíveis cenários:

- Caminhamentos sem Impedância: trechos percorridos no plano (sem inclinação, reto) ou em declives (inclinação negativa, decida), distância máxima permitida de 600 metros, considerada a melhor situação.
- Caminhamentos com Impedância: trechos percorridos em aclives (inclinação positiva, subida), distância máxima permitida de 300 metros, considerada a pior situação.

A necessidade da construção dos dois cenários de caminhada deriva do fato que em vias com inclinação, quando o pedestre faz o caminhada no sentido do seu endereço ao ponto de ônibus realizando a operação de embarque, onde os trechos se caracterizam como aclive (inclinação positiva), ele estará subindo as ruas, neste caso existirá impedância no trajeto, isso porque, o ponto de ônibus está em uma altitude maior que a do endereço. Já o sentido contrário caminhando do ponto para o endereço, tendo feito a operação de desembarque o trecho configura-se como declive (inclinação negativa), neste caso ele estaria descendo as ruas, não havendo impedância, devido ao fato de que o ponto está em uma altitude maior que a do endereço. Portanto, em deslocamentos em aclives e declives para definir se o usuário realiza operação de embarque ou desembarque, é necessário observar nos dois sentidos, a localização do ponto em relação ao endereço no tocante a altimetria.

Um caminhada em vias sem inclinação, quando o pedestre estiver deslocando no plano não terá impedância, mas não estará nem subindo nem descendo, pelo fato que o seu endereço tem mesma altitude do ponto, portanto, os dois sentidos de deslocamentos não vão variar de acordo com a posição do ponto em relação a altitude, pois na direção endereço para o ponto sempre será embarque, no sentido contrário sempre desembarque.



Nos seus caminhamentos os usuários nem sempre vão fazer trajetos que são só subidas ou só descidas ou só planos, poderá haver alternância destes. O deslocamento dos pedestres, com já dito anteriormente, caracteriza por uma grande flexibilidade possibilitando uma grande variedade de opções de trajetos, que a ferramenta de alocação consegue demonstrar, entretanto, esta só é eficiente quando o caminhamento é realizado em uma seqüência de trechos, onde todos eles possuam o mesmo tipo de inclinação, ou seja, em uma situação onde o deslocamento é sempre feito por trechos em aclives (positiva) ou em outra situação onde é sempre realizado, por trechos em declives ou planos (negativa ou nula), no primeiro caso a simulação de alocação com impedância e no segundo caso a simulação de alocação sem impedância são devidamente apropriadas para identificar os possíveis trajetos e calcular suas respectivas distâncias.

Já para os caminhamentos, em que a seqüência de trechos possui inclinações de tipo diferente as simulações de alocação não são apropriadas, pois o software não possui um algoritmo de alocação que consiga distinguir se ao trecho deve ser atribuída impedância ou não, deste forma, para percursos onde existe alternância entre os trechos de subida e os trechos de decida ou plano, a alocação com impedância irá super-dimensionar os trechos em declive ou no plano resultando na diminuição indevida da área de abrangência dos caminhamentos, por sua vez, a alocação sem impedância irá sub-dimensionar os trechos em aclave aumentando de maneira incorreta, a área de abrangência. Por exemplo, em um caminhamento até o ponto de ônibus que possua a parte de seus trechos em declive ou plano 150 metros (peso 1), resultando em um comprimento de 150 metros e a outra parte em aclave medindo 150 metros acima de 10% (peso 2), totalizando 300 metros o cálculo correto da distância do caminhamento será 450 metros.

O cálculo da alocação com impedância multiplica também o trecho em declive ou plano pelo peso dois resultando em 300 metros, totalizando um caminhamento de 600 metros, já o cálculo da alocação sem impedância multiplica o trecho e em aclave pelo peso um resultando em 150 metros chegando a um valor de 300 metros. O resultado das simulações distorceu o valor da abrangência da área da alocação em 150 metros para cima ou para baixo.

As distorções dos resultados das simulações de alocação elevam com o aumento da declividade e vai variar de acordo com a diferença proporcional da parcela do

comprimento da extensão correspondente a cada um dos dois tipos de trechos, em trajetos onde a assimetria dos trechos resulta em uma imprecisão de 30 metros a distorção estará dentro da margem de erro.

Depois de realizar as simulações de alocação, a seqüência de trechos dos caminhamentos tem que ser analisadas, isso pode ser feito através da interpretação dos mapas das simulações acrescido de informações da topografia do terreno, como as curvas de nível, onde forem identificados trajetos com tipos de declividades diferentes o planejador deve fazer os ajustes necessários na área da abrangência das alocações.

### **7.8 – Análise das Simulações**

As análises dos cenários produzidos pela simulação em duas etapas permitem identificar se o passageiro está sendo ou não atendido no tocante a norma de acessibilidade no seu caminhada para o embarque ou desembarque em relação aos pontos de ônibus, quando este desloca por um trecho plano ou em declive (sem impedância) ou quando em um trecho em aclave (com impedância) em que a distância de caminhada vai variar de acordo com a declividade.

A análise da simulação da alocação de recurso sem impedância de um ponto de embarque e desembarque é realizada na camada trecho, a partir do atributo do objeto `extensao_m` da tabela, que possui o valor que é igual ao comprimento dos trechos.

A análise da simulação da alocação de recurso com impedância de um ponto de embarque e desembarque é realizada na camada trecho, a partir do atributo do objeto `impedancia` da tabela, que possui um valor que deriva da multiplicação do comprimento dos trechos pelo peso da declividade.

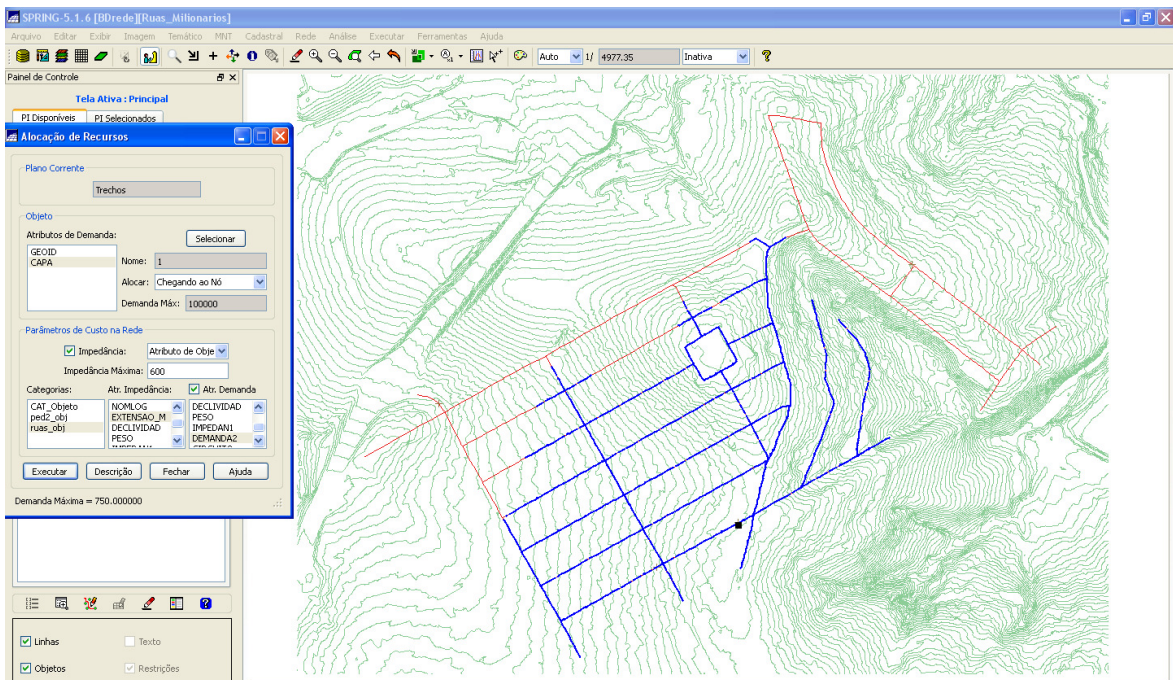


Figura 14 – Alocação Sem Impedância

Com base na figura acima que demonstra simulação da área de abrangência da alocação sem impedância, a partir do ponto de ônibus em que os trechos de caminhamentos estão representados no mapa pela cor azul, pode-se fazer as seguintes análises:

- Os moradores dos endereços que se encontram dentro da área de abrangência da alocação estão atendidos com a norma de acessibilidade, já os que estão fora não estão sendo atendidos;
- Os moradores atendidos que deslocam em declives no sentido endereço ponto e que se encontram em um local com altimetria maior ao da localização do ponto de ônibus estão chegando a este para realizar a operação de embarque, já aqueles que se situam em um ponto com uma altitude menor que o ponto de ônibus estão desembarcando e saindo deste em direção ao seu endereço;
- Os moradores atendidos que deslocam no plano no sentido endereço ponto estão chegando a este para realizar a operação de embarque, já aqueles que estão caminhando no sentido contrário do ponto ao endereço estão desembarcando.

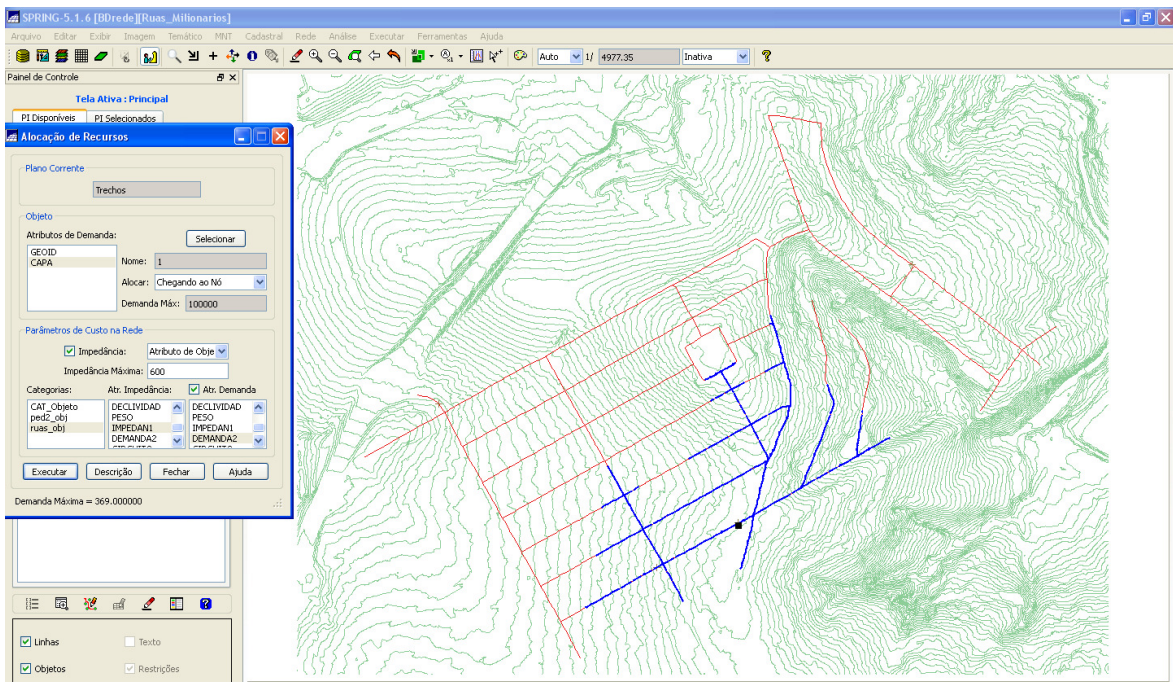


Figura 15 – Alocação Com Impedância

Com base na figura acima que demonstra simulação da área de abrangência da alocação com impedância, a partir do ponto de ônibus em que os trechos de caminhamentos estão representados no mapa pela cor azul, pode-se fazer as seguintes análises:

- Os moradores dos endereços que se encontram dentro da área de abrangência da alocação estão atendidos pela norma de acessibilidade, já os que estão fora não estão sendo atendidos;
- Os moradores atendidos que se encontram em um local com altimetria maior que a localização do ponto de ônibus estão desembarcando e saindo deste em direção ao seu endereço, já aqueles que se situam em um ponto com uma altitude menor que o ponto de ônibus estão chegando a este para realizar a operação de embarque;

Comparando as duas simulações de alocação verifica que a diferença de área de abrangência, ou seja, a menor acessibilidade é da com impedância, refletindo a pior situação.

Os pontos de ônibus são marcos nas vias estando sempre imobilizados representando na rede os fixos no espaço, os pedestres podem se movimentar pelas vias, assim seus

caminhamentos representam fluxos no espaço, por isso, os passageiros podem utilizar diferentes pontos de ônibus para embarcar ou desembarcar, a abrangência da área de um ponto pode garantir a acessibilidade do passageiro no seu embarque e a de outro ponto pode assegurar o acesso no seu desembarque. A norma não determina que o passageiro tenha que ser atendido no critério de acessibilidade pelo mesmo ponto, e sim que lhe seja assegurada a acessibilidade aos seus caminhamentos tanto para o embarque e o desembarque.

Na análise dos cenários de caminhamentos é necessário somar as áreas de abrangência das simulações de alocações dos quatro pontos para avaliar a acessibilidade em conjunto, porque uma área sem abrangência de um ponto de ônibus poderá ser coberta por outro, mas para que isso seja válido, esta cobertura tem que ser produzida por simulações de alocações que são do mesmo atributo, isto quer dizer que uma área de abrangência de um determinado ponto feita na simulação alocação com impedância, só poderá substituir uma outra área descoberta de um outro ponto se também for feita na alocação com impedância.

O resultado da simulação de alocação sem impedância indica os possíveis cenários:

- Se a área de abrangência da alocação não cobrir algum lugar isso já indica que há problemas de acessibilidade na região, por que ela representa existência de caminhada acima do máximo permitido de 600 metros no plano ou declive, sendo esta a melhor situação, portanto se não atende está, também se pode afirmar que ela não atenderá o limite de caminhada no aclive que é a pior situação (com impedância) ela também já demonstra que a distribuição espacial dos pontos de ônibus deve ser alterada ou que há necessidade de criação de novos pontos;
- Se a área de abrangência da alocação cobrir todos os lugares indica que a da acessibilidade da região atende ao primeiro critério da norma, pois os caminhamentos realizados no plano ou em declive estão dentro do valor máximo permitido de 600 metros.

Para definir o resultado Final é necessário realizar agora a análise da simulação de alocação com impedância que também indica os seguintes cenários:

- Se a área de abrangência da alocação não cobrir algum lugar isso indica que há problemas de acessibilidade na região, por que ela representa existência de caminhada acima do máximo permitido de 300 metros no aclave, sendo a pior situação, o que significa que a acessibilidade da região não atendeu o segundo critério da norma, deste modo também demonstra que a distribuição espacial dos pontos de ônibus deve ser alterada ou que há necessidade de criação de novos pontos;
- Se a área de abrangência da alocação cobrir todos os lugares indica que a da acessibilidade da região atende também ao segundo critério da norma, pois os caminhamentos realizados no aclave, sendo a pior situação, estão dentro do valor máximo permitido de 300 metros.

È muito importante ficar entendido que a acessibilidade de uma região para estar de acordo com os critérios da norma tem que além de atender a melhor situação (alocação de sem impedância), também tem que atender a pior situação (alocação com impedância), sendo esta, a que realmente irá determinar se a acessibilidade dos usuários do serviço de transporte de uma região está correta ou não.

## 8. ANÁLISE DO RESULTADO

A análise do primeiro cenário construído que é a alocação sem impedância, demonstra que a área de abrangência cobre toda a região, ou seja, a distribuição dos fluxos percorre todos os trechos, assim, os usuários do serviço de transporte da “Região do Cristo” no Bairro Milionários localizado na Regional Barreiro, quando dos seus deslocamentos em relação aos pontos de embarque e desembarque, realizam caminhamentos que estão dentro do limite de 600 metros para trajetos no plano ou em declive atendendo, portanto, ao primeiro critérios da norma de acessibilidade, conforme mapa abaixo.

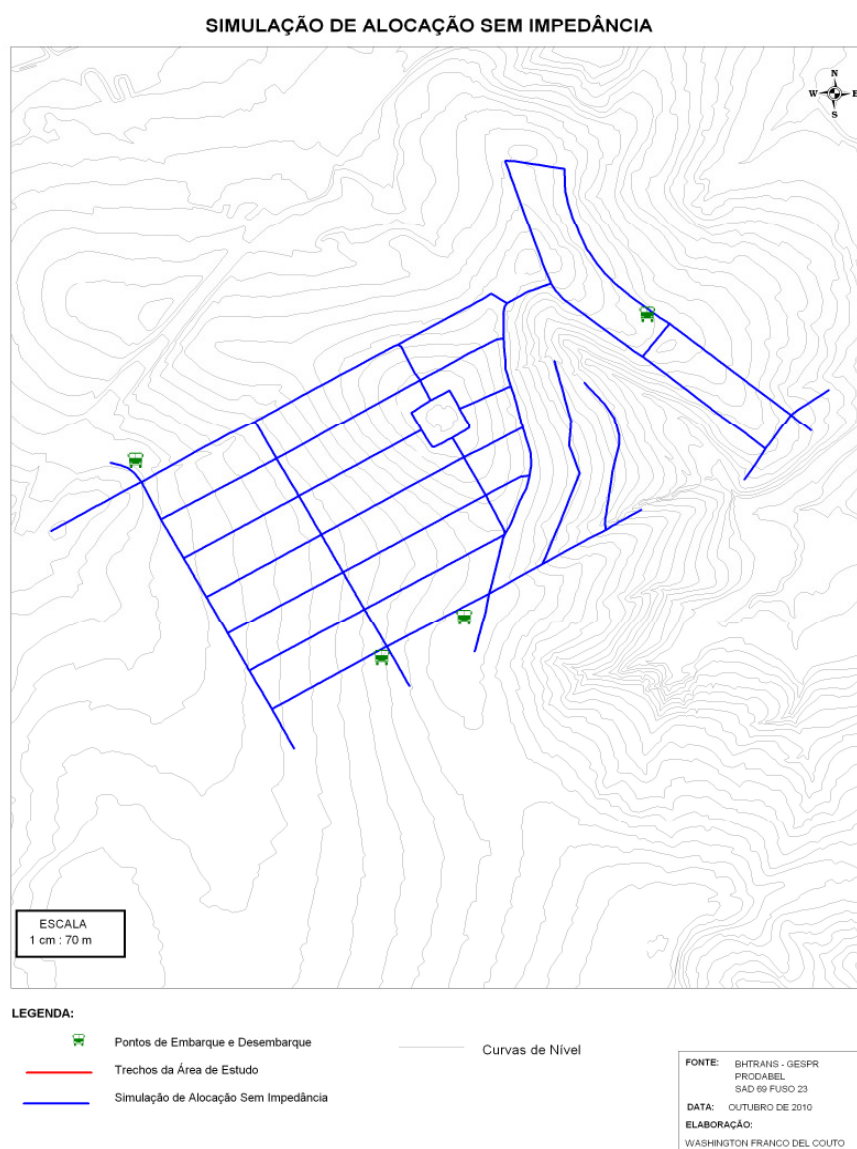


Figura 16 – Resultado da Alocação Sem Impedância

Na segunda análise do cenário produzido, a alocação com impedância, constata-se que a área de abrangência não cobre toda a região, ou seja, a distribuição dos fluxos não percorre todos os trechos, assim, os usuários do serviço de transporte da “Região do Cristo” no Bairro Milionários localizado na Regional Barreiro quando nos seus deslocamentos em relação aos pontos de embarque e desembarque realizam caminhamentos que estão acima do limite de 300 metros para trajetos no em aclave, não atendendo, portanto, ao segundo critério da norma de acessibilidade, conforme mapa abaixo.

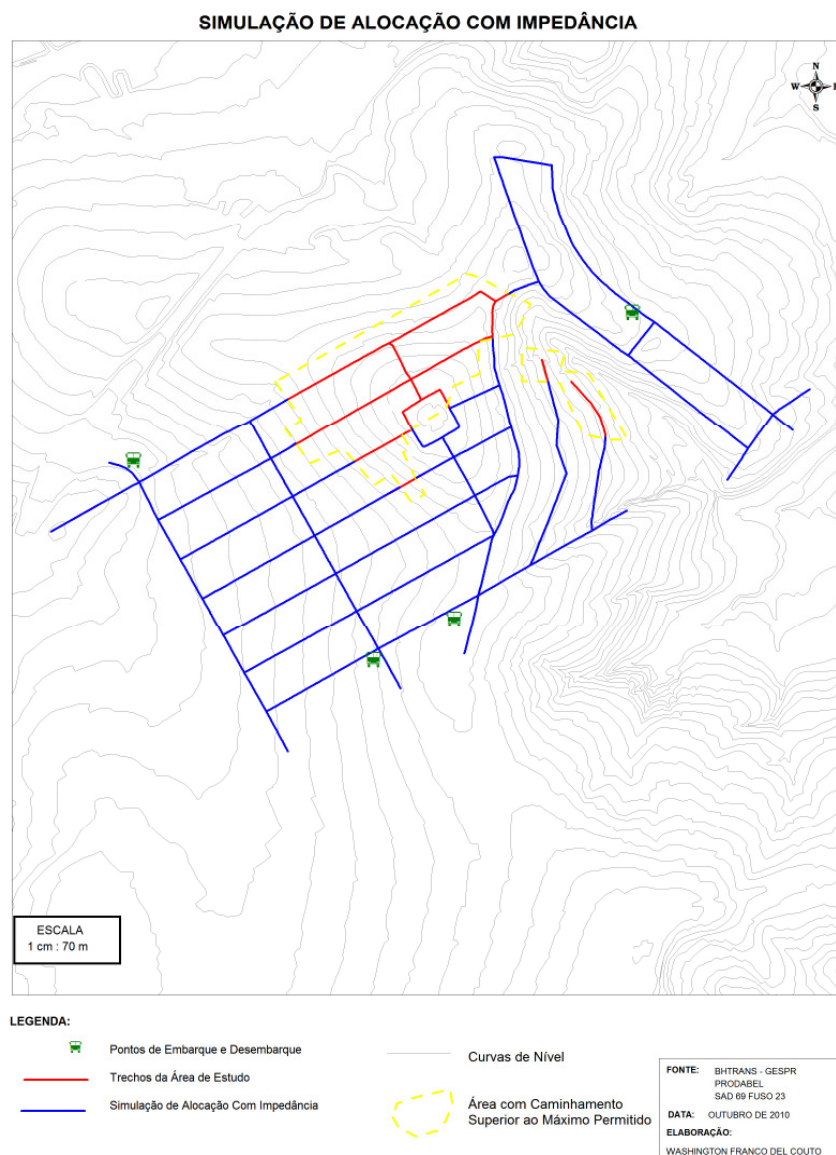


Figura 17 – Resultado da Alocação Com Impedância



Diante do exposto acima, conclui-se que o serviço de transporte coletivo prestado aos usuários da Região do Cristo no Bairro Milionários na Regional Barreiro não cumpre os critérios da norma de acessibilidade, não sendo ofertado, em conformidade com os requisitos mínimos do Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008. O presente estudo demonstra que a solicitação de maior acessibilidade realizada pelos usuários é procedente.

Assim de acordo com a norma reguladora vigente, faz-se necessário que a Concessionária responsável pela operação e programação da rede de transporte da Região, realize estudos para a alteração da distribuição espacial ou criação de novos pontos de embarque e desembarque de passageiros da Região, de maneira a solucionar os problemas de acessibilidade dos usuários.

A comparação entre os métodos é interessante para apontar as diferenças e as vantagens de cada processo. O chamado método de Campo realizado para a apuração dos caminhamentos é dividido em duas etapas: a primeira que é a coleta em campo dos dados e a segunda que é a parte de tabulação, análise dos caminhamentos e produção dos mapas de acessibilidade. Na primeira são feitas as medições dos comprimentos dos trechos através de uma Trena ou o Odômetro aparelho instalado nos veículos e das declividades realizadas com um Clinômetro.

No caso em questão, realizou-se 34 medições, se dividirmos pelo comprimento total da soma dos trechos que é aproximadamente 8.945 metros, chega-se a conclusão que a amostra de uma medição de declividade vai servir para representar a inclinação de um trecho de 263 metros de comprimento. Nesta etapa se gastou cerca de 8 horas para concluir o trabalho, depois mais 8 horas para realizar a segunda etapa, totalizando 16 horas o que representa dois dias de serviço.

A aplicação com o SIG foi realizada em torno de 8 horas, representando a metade do tempo, isso se deve a agilidade nos procedimentos como: a elaboração das medidas dos comprimentos, a atribuição da declividade dos trechos e seu respectivo cálculo de impedância que permitiram a produção, com maior rapidez, da construção dos possíveis cenários de simulações de alocações dos caminhamentos. A precisão do SIG em relação a atribuição da declividade que é base para o cálculo correto dos caminhamentos é mais eficaz, no caso em questão, a declividade foi apurada para um trecho máximo de 15 metros

sendo o valor da diagonal do quadrado do pixel de 10,6 metros, isto significa que se fosse realizada em campo seriam necessários 596 medições.

Os valores medidos em campo devido a sua generalização podem ter grandes distorções no cálculo dos caminhamentos, se a área de estudo apresenta muita diversidade das classes de declividades e se houver grande parte do comprimento total dos trechos com inclinação variando na faixa entre 4% até 10%, isto porque o primeiro valor está próximo o limite de erro 30 metros (1,06) e o último representa uma grande faixa de valores que têm o mesmo peso (2). No caso contrário, como nesta área de estudo, onde a maior parcela está acima de 10% as distorções serão menores. A diferença entre a abrangência da alocação na área de estudo ficou 103,9 metros, maior usando o SIG que o método em campo o que representa uma diferença entre elas de 3,9%, quando se compara este valor com o comprimento total dos trechos da área de estudo apura-se 1,2%.

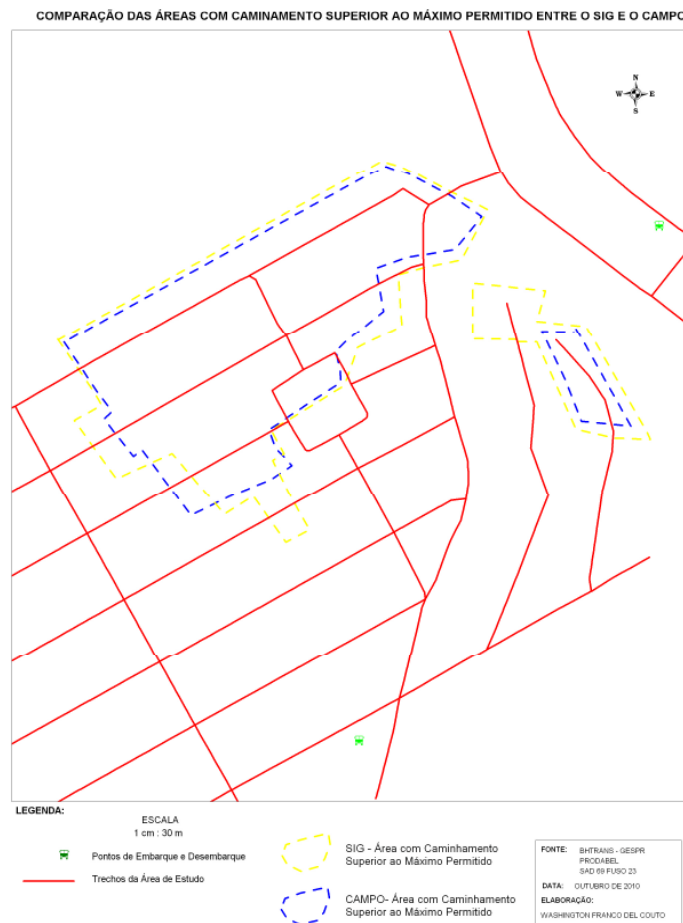


Figura 18 – Comparação SIG e Campo

## 9. CONCLUSÃO

A análise do estudo de aplicação do SIG na apuração da acessibilidade dos usuários dos serviços de transporte aos pontos de embarque e desembarque demonstra que os dois Softwares usados no processo têm ferramentas específicas ou que são mais apropriadas para um determinado procedimento.

O Software Mapinfo é o mais adequado no que tange a manipulação, a operação dos dados, como também a inserção de novos atributos nas tabelas das camadas sendo o único que pode realizar os procedimentos de divisão dos trechos e atribuição da declividade.

O Software Spring por sua vez é eficaz na construção do mapa de declividades e na realização das simulações de alocação de recursos, que representou a ferramenta mais adequada para a apuração da acessibilidade.

Os resultados obtidos com os cenários produzidos pelo SIG indicam que as simulações de alocações são apropriadas para a identificação da abrangência espacial e o cálculo das distâncias dos caminhamentos que mantêm o mesmo tipo de inclinação (ou só positiva ou só negativa-nula) na construção sequencial de seus trechos.

Para os caminhamentos que possuem uma sequência de trechos, com diferentes tipos de inclinação (positiva e negativa-nula), o Spring não possui um algoritmo que identifique a alteração da inclinação, por isso, nestes caminhamentos a simulação distorce o resultado podendo apresentar diferenças significativas, mostrando-se inapropriada sendo necessário fazer ajustes, constituindo a etapa mais trabalhosa e importante da aplicação, pois requer do planejador capacidade de análise. É um ponto a ser explorado em novos estudos mais aprofundados, para tornar o processo mais eficiente, que poderá ser resolvido com técnicas também da área de programação. Todavia, feita as devidas correções a aplicação se mostra eficiente na apuração da acessibilidade.

Na comparação dos dois métodos Campo e SIG, este último, mostrou-se ser mais eficiente quanto ao tempo e recursos gastos com o trabalho e que foi reduzido pela metade. Também revela que possui grande capacidade de precisão nos cálculos de declividade (impedância). O trabalho de campo, notadamente, é importante pois é o meio pelo qual se pode auferir a qualidade dos dados e os resultados do SIG.

O presente estudo permite a realização de outros cenários e análises ligadas ao tema da acessibilidade, como por exemplo, identificar o grau de acessibilidade de cada área da região estudada, como ela está distribuída no local, no acesso aos pontos de embarque e desembarque, qual é o arco de possibilidades que é oferecido aos usuários dos serviços de transportes, conforme sua localização geográfica em relação aos pontos de ônibus da região.

As simulações de alocação podem ser usadas para construção de possíveis cenários com novas redistribuições dos arranjos espaciais dos pontos de ônibus, como também a inserção ou exclusão destes. Demonstrando, portanto, como ficaria a acessibilidade diante destes novos quadros advindos de projetos de mudanças de circulação e alterações de itinerários dentre outros.

A principal contribuição deste estudo é demonstrar como é grande o potencial do SIG em aplicações de rede de transporte com relação ao estudo da acessibilidade e como a ferramenta, principalmente, com o seu poder de precisão, rapidez e análise possibilita a realização das tarefas para alcançar os objetivos pretendidos, mas que mesmo assim, tem limitações e por isso não dispensa a capacidade de análise do planejador. A aplicação do SIG pode contribuir para o processo de apuração da acessibilidade, sendo um artifício capaz de instrumentalizar a norma reguladora e garantir o direito do cidadão no acesso ao serviço de transporte coletivo e conseqüentemente as oportunidades que a cidade oferece.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Justiça. Código Nacional De Trânsito, Brasília: Imprensa Nacional, 1997.

BRASIL. Ministério das Cidades. Caderno PlanMob: para orientação aos órgãos gestores municipais na elaboração dos Planos Diretores de Mobilidade Urbana. Brasília, 2007.

FREITAS, Christian Rezende. Impacto das Novas Técnicas de Ggeoinformação nos Estudos Espaciais e nas Representações Cartográficas Destinados ao Turismo Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2006.

GERÊNCIA DE AÇÃO REGIONAL BARREIRO OESTE - GARBO/BHTRANS. Diagnóstico Regional Barreiro, Belo Horizonte, 2007.

GERÊNCIA DE ESTUDOS E PROGRAMAÇÃO - GESPR/BHTRANS. Sistema de Transporte Público de Passageiros - Manual de Especificação de Linhas de Ônibus, Belo Horizonte, 2006.

GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO - GEPL/BHTRANS. Plano de Reestruturação de Transporte Coletivo de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS – INPE. Banco de Dados Geográficos, Curitiba, 2005.

MOURA, Ana Clara Mourão. Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano. Belo Horizonte: Ed. Da Autora, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PBH, Edital de Concorrência Pública Nº 131/2008 , Belo Horizonte, 2008.

VASCONCELLOS, Eduardo A., Transporte Urbano, Espaço e Equidade: análise das políticas públicas, São Paulo, Editoras Unidas, 1996.