

Viviane Castelan

Uso do Geoprocessamento como  
Ferramenta de Auxílio na  
Distribuição de Alunos da Rede  
Publica de Ensino: Estudo de Caso  
do Município de Santa Luzia

IX Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2006



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

**VIVIANE CASTELAN**

**USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NA  
DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO: ESTUDO DE  
CASO DO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA**

Monografia apresentada ao Curso de Pós  
Graduação em Geoprocessamento,  
Departamento de Cartografia, Instituto de  
Geociências, Universidade Federal de Minas  
Gerais, como requisito parcial à obtenção do  
Título de Especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Ana Clara Moura  
Co-Orientador: Prof<sup>o</sup> Christian Rezende Freitas

Belo Horizonte, 10 de Dezembro de 2006

CASTELAN, Viviane

Uso do Geoprocessamento como Ferramenta de Auxílio na  
Distribuição de Alunos da Rede Pública de Ensino: Estudo de Caso do  
Município de Santa Luzia – Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006  
Vii, 51 f., il.

Monografia (Especialização) Universidade Federal de Minas  
Gerais, Instituto de Geociências, 2006.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Ana Clara Moura

Co-Orientador: Christian Rezende Freitas

1. Geoprocessamento. 2. Aplicativos de Rede.
3. Planejamento Urbano

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos àqueles que acreditam que a ousadia e o erro são caminhos para as grandes realizações.

AUTOR DESCONHECIDO

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Christian Rezende, pela paciência e compreensão nos momentos mais difíceis durante a elaboração deste trabalho.

Aos amigos do curso, em especial a Rosângela, Renata, Wladimir, Aguimar e Henrique, pela rica convivência e pelo incentivo em horas de cansaço.

Ao Davidson, que esteve sempre presente, dando-me apoio e incentivo em todos os momentos.

A minha família por sempre acreditar em meu potencial.

À Prefeitura de Santa Luzia, Departamento de Desenvolvimento Urbano, pela disponibilização de todos os dados e fontes necessárias ao desenvolvimento deste trabalho.

A Secretária Municipal de Educação de Santa Luzia, representada por Francis, pela atenção dispensada com a cessão dos dados das escolas municipais.

## RESUMO

Este trabalho apresentou através de um estudo de caso a importância do uso do geoprocessamento no processo de avaliação da distribuição dos alunos nas escolas públicas do Município de Santa Luzia, através de vários métodos de análise espacial, entre eles, a análise em rede, que leva em conta a distância dos deslocamentos casa-escola de uma determinada classe estudantil. Como resultado, observamos pelas análises feitas que o método pode auxiliar as autoridades competentes na definição da melhor localização para os alunos no momento do recadastramento escolar, de forma a melhor atender a comunidade, objetivando a redução da distância dos deslocamentos.

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Geral</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Específicos</b> .....	<b>5</b>
<b>3. GEOPROCESSAMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Sistemas de Informações Geográficas - SIG</b> .....	<b>7</b>
3.1.1 Algumas funções dos SIG's .....	8
<b>3.2 Planejamento Urbano</b> .....	<b>8</b>
<b>4. ESTUDO DE REDE</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Grafos</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2 Caminhos Ótimos</b> .....	<b>14</b>
<b>5. Caracterização do MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1 Aspectos Demográficos</b> .....	<b>18</b>
5.2.1 Fatores que Influenciam na Escolaridade da População .....	20
5.2.2 Das Leis.....	20
5.2.3 Educação no Município.....	21
<b>6. Organização e Entrada de Dados Existentes</b> .....	<b>23</b>
<b>7. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
<b>7.1 Simulação Por Mediana</b> .....	<b>30</b>
<b>7.2 Simulação no Software Spring</b> .....	<b>32</b>
<b>7.3 Simulação no Software Saga Utilizando o Aplicativo de Voronoi</b> .....	<b>35</b>
<b>7.4 Soluções Propostas</b> .....	<b>50</b>
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>9. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Grafo</i> .....	12
<i>Figura 2: Grafo Representado por Laços</i> .....	12
<i>Figura 3: Informação Redes e Grafos</i> .....	13
<i>Figura 4: Modelo de Rede</i> .....	14
<i>Figura 5: Localização de Santa Luzia na Região Metropolitana</i> .....	17
<i>Figura 6: Malha Urbana do Distrito de São Benedito</i> .....	19
<i>Figura 7: Início da Digitalização dos Eixos de Rua</i> .....	24
<i>Figura 8: Digitalização dos Eixos de Rua</i> .....	25
<i>Figura 9: Entrada de dados</i> .....	25
<i>Figura 10: Distribuição dos Alunos e Escolas</i> .....	28
<i>Figura 10: Ferramenta de Alocação de Recursos</i> .....	29
<i>Figura 11: Distribuição dos Alunos por Mediana</i> .....	31
<i>Figura 12: Distribuição dos alunos no Spring</i> .....	32
<i>Figura 13: Áreas de Influência Voronoi</i> .....	37
<i>Figura 13: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Maria das Graças – Situação Atual ...</i>	39
<i>Figura 14: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Maria das Graças – Situação Pretendida</i> .....	40
<i>Figura 15: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia – Situação Atual</i> .....	42
<i>Figura 16: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia – Situação Pretendida</i> .....	43
<i>Figura 17: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória – Situação Atual</i> .....	45
<i>Figura 18: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória – Situação Pretendida</i> .....	46
<i>Figura 19: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana – Situação Atual</i> .....	48
<i>Figura 20: Áreas de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana – Situação Pretendida</i> .....	49
<i>Tabela 21: Área Proposta</i> .....	52



**LISTA DE TABELAS**

<i>Tabela 1: Distribuição Espacial.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 2: Crescimento Demográfico.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 3: Cadastro de Logradouro.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 4: Modelo de Tabela para Geocodificação.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 5: Distribuição dos Alunos pelo método de Localização de Medianas.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 6: Área de Influência do Spring – E.M. Maria da Glória.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 7: Área de Influência do Spring – E.M. Maria das Graças:.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 8: Área de Influência do Spring – E.M. Marina Viana:.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 9: Área de Influência do Spring – E.M. Ana Zélia:.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 10: Quantidade de vagas das Escolas.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 11: Área de Influência – E.M. Maria das Graças.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 12: Área de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 13 Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 14: Área de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 15: Situação Proposta.....</i>	<i>53</i>

# 1. INTRODUÇÃO

A educação é amplamente reconhecida como a base para um dos setores mais importantes para o desenvolvimento de uma nação. É através da produção de conhecimento que um país cresce, aumenta sua renda e a qualidade de vida das pessoas. Existe, até o consenso, de que a inserção de um país no bloco dos países do 1º mundo tem como condição os investimentos em educação. Embora, se constate que, empiricamente, o Brasil vem avançando neste campo nas últimas décadas, muito ainda há para ser feito.

Um dos importantes problemas que afeta a rede escolar é a distribuição espacial dos alunos nas escolas, pois, após várias décadas de expansão populacional, de migração desordenada e de intensa urbanização, o poder público não conseguiu acompanhar adequadamente a demanda ampliada e mutante desse crescimento populacional.

Para tanto, torna-se necessário um conhecimento das demarcações das áreas do município, os tipos de serviços atualmente prestados à comunidade em cada área, sua abrangência e os múltiplos aspectos ligados à mesma. Este conhecimento tornará possível a construção ordenada de instalações que melhor atendam à comunidade em um futuro próximo.

O presente trabalho se delimita ao fator de distribuição espacial de um desses serviços, a rede escolar, apresentando o uso de ferramentas de geoprocessamento para o estudo da localização das escolas e a distribuição espacial dos alunos nas mesmas, levando-se em consideração a distância, percorridas por uma determinada classe de demanda. Desta forma, será possível que este aplicativo forneça suporte a decisão na distribuição dos alunos no momento do cadastramento escolar.

Diante do exposto, este trabalho se deterá aos deslocamentos decorrentes do “trajeto-escola” de uma parcela da classe estudantil, no Distrito de São Benedito área urbana do Município de Santa Luzia, buscando um comparativo no que de fato existe e o que seria quando da utilização de tecnologias modernas das ferramentas de geoprocessamento, na escolha das melhores alternativas de distribuição espacial para esta classe estudantil.

Com o estudo, será possível apresentar Prefeitura Municipal de Santa Luzia, a importância de um SIG – Sistema de informações Geográficas, para o auxílio nas atividades de gestão e no planejamento urbano do Município, onde não possui nenhuma avaliação da distribuição dos

alunos nas escolas públicas quando do recadastramento escolar e que apesar de ser um município de médio porte já enfrenta problemas de deslocamento da população.

Para a consecução deste trabalho, foi necessária a construção de um cadastro de endereços da referida cidade, contendo informações das escolas e suas referidas demandas.

Dois softwares foram escolhidos para reproduzir esta base de dados o SPRING, que além de servir como banco de dados também possui rotinas específicas para apresentar e tratar os mapas de redes, onde, também será possível através das simulações, analisar e apresentar visualmente distâncias que alunos percorrem, mostrando como está a situação atual e deslocamento dos estudantes, e o software SAGA, que pode gerar áreas de influência das Escolas, empregando as quantidades de vagas como potencial de crescimento da área de influência de cada uma.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Este trabalho tem como objetivo estabelecer uma metodologia de emprego do SIG como ferramenta do geoprocessamento nos estudos de distribuição de alunos da rede de ensino do Município de Santa Luzia.

### **2.2 Específicos**

Alguns objetivos específicos serão abordados durante o projeto. Todos serão de extrema importância para alcançarmos o objetivo geral, não sendo assim excludentes, e sim, complementares:

- Caracterizar a região de estudo;
- Descrever as características da atual situação da Prefeitura na distribuição dos alunos;
- Identificar os problemas desta situação;
- Construir um SIG para suporte a decisão na distribuição dos alunos;
- Propor uma nova distribuição dos alunos.

### 3. GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais através de um processamento informatizado de dados georreferenciados. Utilizam programas de computador para o uso de informações cartográficas, como mapas, plantas e informações que possuam coordenadas de localização, ou seja, a sua localização na superfície terrestre.

Podemos dizer que o geoprocessamento é composto de ferramentas para a manipulação de dados, podendo ser dados da sociedade local, das atividades econômicas, de localização, disponibilidade e organização de serviços públicos geograficamente referenciados como escolas, postos de saúde etc.

Segundo Valdepenã (1994), geoprocessamento envolve um conceito mais global, relacionando-se, às atividades de sensoriamento remoto, cadastros e outros tipos de pesquisas e investigações de campo para a obtenção de dados. Ou seja, o Geoprocessamento pode ser necessário à montagem do banco de dados; no entanto, para a manipulação, organização e atualização das informações, usam-se os SIG's também como ferramenta de geoprocessamento.

Com os dados organizados em um ambiente de geoprocessamento, é possível recuperar informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Trata-se de um conjunto de técnicas bastante recentes, cuja utilização oferece ao planejador uma visão inédita de seu campo de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao alcance sempre relacionada à sua posição geográfica. Isto só foi possível após o advento da Cartografia Digital, isto é, a informação cartográfica sai do ambiente analógico (Papel) e passa para o universo computacional.

### 3.1 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

*“Conjuntos de procedimentos que permitem analisar, processar, inter-relacionar, e mapear qualquer conjunto de características que cumpram com a condição de ser referenciáveis e georreferenciáveis (referências à terra) e que sejam elementos geográficos – comumente representados por pontos linhas e áreas.”* (Bravo F.& Cerda T., 1995, P. 548)

*“São sistemas automatizados, usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la”* (S. Aronoff. 1989 & G. Bull, 1994).

Um SIG pode ser visto como um sistema composto por um banco de dados, por um conjunto de software, dedicado à execução de operações sobre os dados (análise espacial) e pelo hardware. (Teixeira, 1992).

Dois fatores significativos influenciaram na descrição dos SIG's: sua aplicação em diversas áreas (geografia, Planejamento Urbano, Engenharia, Processamento de Dados, Arquitetura e Urbanismo, entre outras) e a consistência do conjunto de ferramentas que os profissionais destas áreas usam para implementar seus trabalhos, aumentando a eficiência e eficácia na geração de informações gráficas e descritivas

Com essa diversidade de perfis de usuários, tipos de dados e necessidades das aplicações, os SIG's também precisam prover aos usuários um conjunto adequado de funções de análises e manipulações dos dados geográficos.

Antes do advento dos SIG's, as análises e manutenção de entidades em um contexto espaço temporal eram executadas de forma analógica, onde o processamento e a apresentação dos dados eram feitos através de mapas e cartas impressas, que eram as formas mais antigas e comuns. A produção de mapas é um processo caro, onde os elementos, em geral, possuem coordenadas de localização, de acordo com um sistema de coordenadas. Com os SIG's, foi possível diminuir gastos com produção, armazenamento e atualização manuais dos mapas.

### 3.1.1 Algumas funções dos SIG's

Segundo Câmara (1994), as funções de um SIG são:

Integrar informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastro, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, numa única base de dados;

- Cruzar informações através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos, derivados;
- Consultar, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas para o conteúdo da base de dados geocodificados.
- Os SIG's abrangem diferentes tipos de dados e aplicações nas mais variadas áreas do conhecimento. Como exemplo, tem-se a otimização do tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços e utilidade pública, cartografia, planejamento urbano e outros.

### 3.2 Planejamento Urbano

Planejamento é um termo que envolve conceitos bastante amplos. Pode ser visto como teoria, como processo, como sistema ou como instrumento aplicável a vários tipos de níveis de atividade humana, com objetivos variados que vão desde a alteração estrutural da sociedade até a simples composição de programas. Pode-se assim, definir o planejamento como a aplicação racional do conhecimento do homem ao processo de tomada de decisões para conseguir uma ótima utilização dos recursos, a fim de obter o máximo de benefícios para a coletividade (Santos & Nascimento, 1992).

O Brasil é um dos países que mais rapidamente se urbanizou em todo mundo. Essa abrupta expansão urbana não foi acompanhada dos devidos investimentos em infra-estrutura ou de qualquer outra forma de controle urbano.

Com a crescente urbanização da população rural, devido à mecanização das lavouras e outros fatores, tamanho foi o surto de favelas e loteamentos clandestinos nas cidades e nos seus arredores, que levou o governo federal a intervir, regulando o parcelamento do solo urbano mediante desmembramento e loteamento (Lei Federal n 6.766, de 1979).

A partir da década de 80, viu-se uma forte mobilização em torno das questões urbanas, o que levou a inclusão de um capítulo dedicado a Política Urbana no texto constitucional:

Art. 182 – a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público Municipal, conforme as diretrizes gerais fixadas em lei, têm por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais e da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes.

§ 1 – o plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana;

§ 2 – a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação de cidade, expressa no plano diretor;

Art. 183 – instituem o usucapião urbano, possibilitando a regularização de extensas áreas ocupadas por favelas, vilas, alagados, invasões e loteamentos clandestinos.

Este momento marcou o instante em que as administrações municipais passaram de fato, a assumir responsabilidades pelo planejamento de seus territórios e serviços, tendo em contrapartida, a garantia de sua participação na distribuição de recursos públicos.

As cidades cresceram e se transformaram em sistemas complexos, dificultando a ação dos gestores, tornando-se necessário ter o conhecimento do local e dos serviços prestados as comunidades, onde se dão os problemas e dos possíveis efeitos de decisões a serem tomadas.

É neste ponto, que os avanços alcançados na área de Geotecnologias, contribuem como um meio eficaz de retratar, controlar e planejar o crescimento dos serviços prestados a comunidade e também o crescimento das cidades. Como alguns exemplos: os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem o armazenamento e manipulação de qualquer tipo de dado georreferenciados, a Geo-Estatística colabora na criação de análises quantitativas e a Modelagem Digital de Terrenos (MDT) fornece uma visão bem aproximada de como se comporta o relevo de uma determinada região e tudo isso podendo ser realizado em um espaço de tempo bem inferior àquele necessário quando se empregam meios tradicionais.

Em 2001 é aprovado o Estatuto da Cidade (Lei Federal n 10.257) regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal que tem como principais finalidades: reunir normas relativas à ação do poder público e instrumentalizar o Município para garantir o pleno desenvolvimento das funções da cidade e da propriedade urbana.

Assim, o uso do geoprocessamento, permite posicionar no espaço através de um sistema de coordenadas os atributos de uma determinada entidade, e ainda vem se tornando uma



poderosa ferramenta para o planejamento urbano através da disseminação dos Sistemas de informações geográficas.

## 4. ESTUDO DE REDE

O Mapa de Rede utiliza a topologia arco-nó e armazena a localização e a simbologia associadas a estruturas linearmente conectadas. Podem representar informações referentes à:

Serviço de utilidade pública, água, luz e telefone;

- Redes de drenagem (bacias hidrográficas);
- Rodovias.

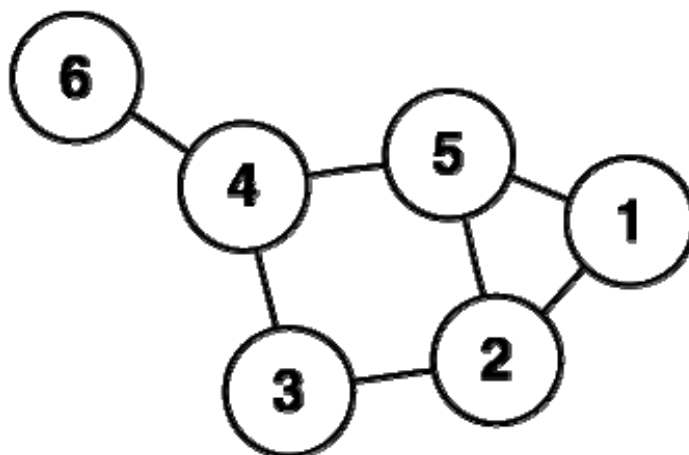
O processo de modelagem espacial é definido por objetos geográficos na rede. Como exemplo podemos citar o exemplo de uma rede elétrica onde as estações seriam representados por pontos na rede e os cabos seriam as linhas da rede, sendo que cada ponto e linha possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos presentes no banco de dados.

As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó e podem conter atributos. Os atributos de arcos indicam o sentido de fluxo enquanto os atributos dos nós indicam a impedância (custo de percorrimento). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas. Para citar um exemplo, observe uma rede elétrica, que tem entre os componentes os postes, transformadores, subestações, linhas de transmissão e chaves. As linhas de transmissão podem ser representadas topologicamente como os arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós.

### 4.1 Grafos

Um Grafo é formado por dois conjuntos, um conjunto de vértices e um conjunto de arcos que está associado a dois vértices: o primeiro é a ponta inicial do arco e o segundo é a ponta final. Você pode imaginar que um grafo é um mapa rodoviário idealizado: os vértices são cidades e os arcos são estradas.

Um grafo também pode ser identificado por uma figura, onde os vértices são representados por pontos e as arestas são representadas pelas linhas, que podem ser longas ou curtas, retas ou curvas, lembrando também que a disposição dos pontos no desenho não compromete na definição do grafo, como mostra a figura abaixo:

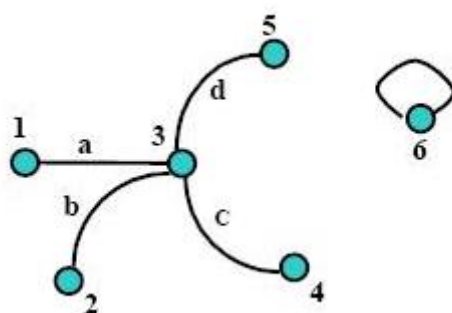


Um grafo com 6 vértices e 7 arestas (Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre)

**Figura1: Grafo**

Um grafo também é representado matematicamente por  $G=(V,E)$ , onde  $V$  é o conjunto de vértices e  $E$  é o conjunto de arestas ou ligação entre os vértices. ( $|V| = n$ ,  $|E| = m$ ).

A figura abaixo mostra um grafo  $G=(V,E)$ . Observe que as linhas neste caso estão representadas por laços, permitidas na definição. Neste exemplo,  $V=\{1,2,3,4,5,6\}$  e  $E=\{\{1,3\},\{2,3\},\{3,4\},\{3,5\},\{6,6\}\}$ , neste caso temos a representação  $|V| = 6$  e  $|E| = 5$ .



**Figura 2: Grafo, número 6 representado por Laço**

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre

Os grafos são muito úteis na representação de problemas da vida real, em vários campos profissionais. Por exemplo, pode-se representar um mapa de estradas através dos grafos e usar algoritmos específicos para determinar o caminho mais curto entre dois pontos, ou o caminho mais econômico. Assim, os grafos podem possuir também *pesos* (custos) ou impedâncias, que apenas podem estar associados às arestas de um grafo, chamado também de impedâncias, um

conceito importante nos fluxos de rede, quando se procura o “caminho ótimo” ou “caminho curto”.

Podemos dizer que uma rede é um grafo não direcionado, onde um número real é associado aos vértices e ou ligações, onde o número refere-se ao peso, que pode ser classificado de acordo com a necessidade, ou não, da indicação de fluxo entre os vértices. Na prática, este número pode representar custos, distâncias, capacidades, tempo (trânsito, permanência, etc), probabilidades de ocorrer falhas, capacidade de carga e outros.



**Figura 3: Informação Redes e Grafos**

**Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre**

*“ O problema de encontrar o caminho mais curto entre dois nós de um grafo ou uma rede é um dos clássicos da ciências da computação. Este problema consiste, genericamente em encontrar o caminho de menor custo entre dois nós da rede, considerando a soma dos custos associados aos arcos percorridos” (Davis 1997)*

Uma rede também pode ser representada matematicamente por  $G=(V,E,w)$ , onde  $V$  é o conjunto de vértices,  $E$  é o conjunto de ligações e  $w$  é o peso associado aos vértices e ou ligações.

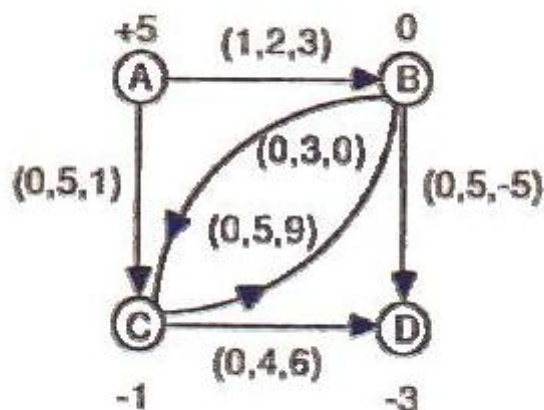


Figura 4: Modelo de Rede

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre

## 4.2 Caminhos Ótimos

O problema do caminho ótimo é calcular o menor percurso entre dois ou mais vértices (nós) de um grafo. Neste caso, um grafo pode representar uma malha rodoviária, distâncias geográficas e demais correlatas.

O menor caminho pode não somente representar caminhos de distâncias mínimas, que é o mais comumente entendido, mas também podem representar caminhos de tempos mínimos, custos mínimos, entre outras formas de medição de percurso. Isto pode ser afirmado uma vez que na implementação de algoritmos de caminhos ótimos é possível utilizar qualquer parâmetro, assim como as distâncias.

Existem diversos algoritmos já implementados que calculam os caminhos ótimos entre dois ou mais pontos distintos, entre eles esta o algoritmo de *Dijkstra*, o mais conhecido e utilizado pelo software *Spring*.

O algoritmo de *Dijkstra*, cujo nome se origina de seu inventor, o cientista da computação *Edsger dijkstra*, soluciona o problema do caminho mais curto entre vértices de um grafo com arestas de peso não negativo.

Criado em 1959, *Edsger Wybe Dijkstra* nasceu em 1930, em Rotterdam, Holanda, Graduou-se em Física Teórica e Matemática pela Universidade de Leyden e obteve seu diploma de Ph.D

em Ciência da Computação na Universidade de Amsterdam. Trabalhou como programador de computador de 1952 a 1962 no Mathematisch Centrum em Amsterdam, lecionou matemática na Eindhoven University of Technology de 1962 a 1984 e atuou como pesquisador da Burroughs Corporation de 1973 a 1984. *Dijkstra*, faleceu em sua casa no dia 6 de agosto de 2002.

Visto que, o algoritmo consiste basicamente em fazer uma visita por todos os nós do grafo, iniciando no nó fixo dado e encontrando sucessivamente o nó mais próximo, o segundo mais próximo, o terceiro mais próximo e assim por diante, um por vez até que todos os nós do grafo tenham sido visitados, podemos dizer então que ele é bastante simples e com um bom nível de desempenho, mas não garante, contudo, a exatidão da solução caso haja a presença de arcos com valores negativos.

É importante ressaltar que neste trabalho não foi utilizado o algoritmo de caminho ótimo para distribuir os alunos e sim o algoritmo de “Alocação de recursos”, no qual utiliza o caminho ótimo, mas a sua finalidade neste caso é de “alimentar” as escolas com o número de alunos que ela suporta.

## **5. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA**

Abrangendo uma área de 233,75 km<sup>2</sup>, Santa Luzia é um dos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), definida pelas Leis Complementares 56/2000 e 65/2002. A RMBH é composta de 34 municípios, com um total de 4.597.535 habitantes, dos quais Santa Luzia representa 4,3%. Os municípios que compõem a RMBH são: Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiaçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano.

A divisão administrativa do município é composta de dois distritos, o da sede e o de São Benedito.

Situado na bacia hidrográfica do rio São Francisco, o município tem sua sede localizada às margens do Rio das Velhas, que a divide em duas partes, tendo como afluentes em sua porção territorial o Ribeirão da Mata, Ribeirão Poderoso, Ribeirão das Lages, Córrego Garajau, Córrego Cachimbeiro, Córrego Frio, Córrego Santo Antônio, Córrego Andrequicé, Córrego Água Limpa, Córrego Tenente, Quebra Cangalha, e os Rios Vermelho e Taquaraçu.

O município apresenta uma altitude máxima de 1 015 m na Vargem Bonita (cascalheira), em Água Limpa. A menor cota altimétrica, por sua vez, é registrada na foz do Rio Taquaraçu, com 670 m.

A sede municipal, situada a 750 m de altitude, está entre as coordenadas geográficas de 19° 46' 13" de latitude sul e 43° 51' 02" de longitude oeste.

A distância da capital é de 27 km. As principais rodovias que servem ao município são a MG-020, a MG-433 e a MG-145 - BR-262, interligando as BR 381 e 040. Os municípios limítrofes são Jaboticatubas, Lagoa Santa, Vespasiano, Belo Horizonte, Sabará e Taquaraçu de Minas.

## LOCALIZAÇÃO:

### Região Metropolitana de Belo Horizonte



Figura 5: Localização de Santa Luzia na Região Metropolitana



## 5.1 Aspectos Demográficos

Santa Luzia possui população total de 184.72 habitantes, de acordo com o censo da Fundação IBGE e 2001.

É interessante observar a distribuição espacial da população segundo dados de contagem populacional de 2000:

Região	População Urbana	População Rural	População Total
Sede	42.307	6.447	48.754
São Benedito	99.072	6.088	105.160
Total	141.379	12.535	153.914

Tabela 1: Distribuição Espacial

Verificamos que o Distrito de São Benedito, área de influência deste trabalho, tem população bem mais expressiva do que a da sede, respondendo por 68,32% da população do município.

Outro aspecto a observar refere-se à dinâmica populacional. O quadro abaixo fornece a evolução do crescimento demográfico nas últimas décadas.

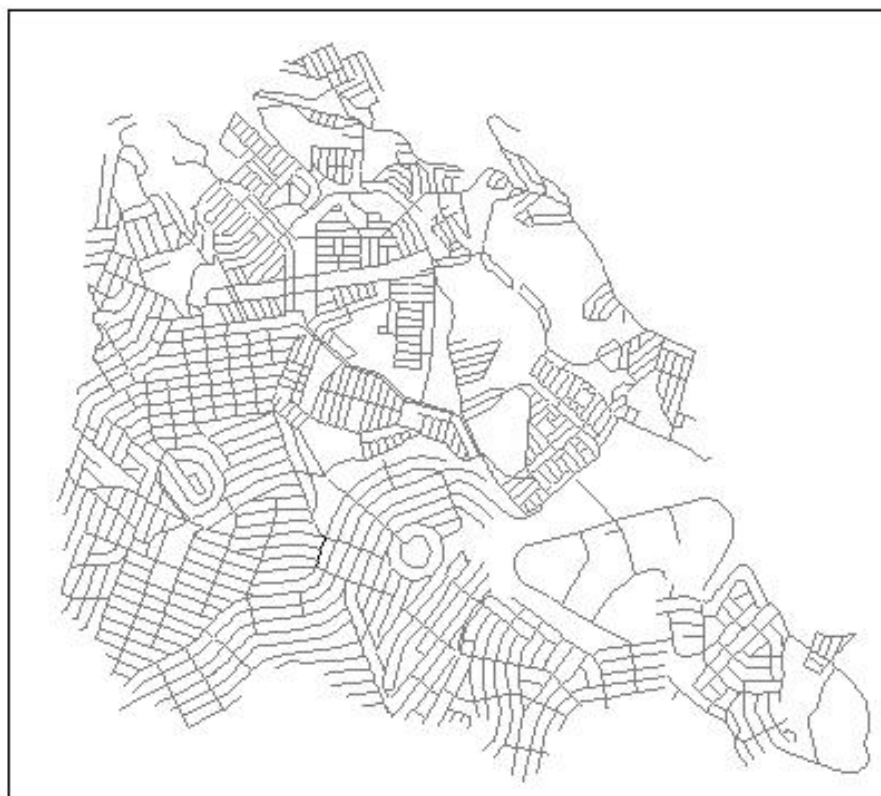
Ano	População Total	Crescimento Médio Anual
1950	8.437	
1960	12.753	4.2%
1970	25.301	7.1%
1980	59.892	9.0%
1991	137.825	10.0%
1996	153.914	5%
<b>2000</b>	<b>184.721</b>	<b>4.67%</b>

Tabela 2: Crescimento Demográfico

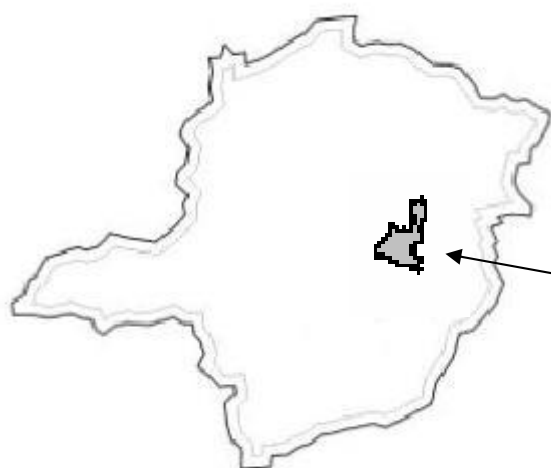
Observa-se que a taxa de crescimento anual embora elevada sofreu elevado declínio na última década e é bastante inferior a taxa dos municípios que sofrem grandes pressões imobiliárias.

Os valores verificados nas décadas de 80 e 90, com 9,0% e 10% respectivamente, devem-se aos programas habitacionais de grande porte, que resultaram na implantação de grandes conjuntos tais como Cristina e Palmital, entre outros. Esses programas foram igualmente indutores do crescimento explosivo da região de São Benedito. No que se refere à Região Metropolitana de Belo Horizonte, Santa Luzia ocupa o quinto lugar em população ficando situada depois da capital, Contagem, Betim e Ribeirão das Neves.

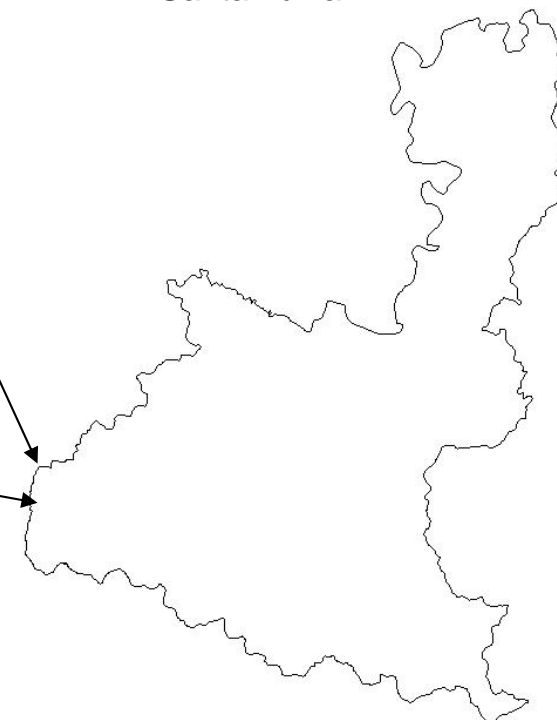
**Distrito de São Benedito**



**Minas Gerais**



**Santa Luzia**



**Figura 6: Malha Urbana do Distrito de São Benedito**

### **5.2.1 Fatores que Influenciam na Escolaridade da População**

A inexistência de escolas, a entrada tardia na escola e as taxa elevadas de reprovação, determinam o baixo nível de escolaridade do país. Antes visto como um fenômeno que dizia respeito dedicação do aluno de forma individual, o fracasso escolar, a partir dos anos 60, passou a ser encarado como uma falha do sistema como um todo. A baixa qualidade de vida, a impossibilidade de uma ascensão a um padrão mais digno, a marginalização dos processos sociais, culturais da sociedade e a condenação de legar aos filhos o mesmo precário padrão de vida que levam os pais, tornando o fracasso escolar um problema social cada vez maior. Assim, a Escola tem que entender seu papel social e sua função numa sociedade de grupos bastante diversificados, objetivando a uma compensação, na qual, padrões exigidos pela própria escola, possam ser alcançados e o fracasso escolar caia significativamente.

### **5.2.2 Das Leis**

Pela CONSTITUIÇÃO FEDERAL de 1998, no Art. 30, Compete aos municípios:

*“VI – manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação pré – escolar e de ensino fundamental.”*

Em 1993, do ESTATUTO DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE (1993) – EM SEU ARTIGO 3º, tem - se que:

*“ A criança e o adolescente gozam de todos os direitos Fundamentais inerentes à pessoa humana, sem prejuízo da proteção integral de que trata esta lei, assegurando-se-lhes, por lei ou por outros meios, todas as oportunidades e facilidades, a fim de lhes facultar o desenvolvimento físico, mental, moral, espiritual e social, em condições de dignidade e liberdade.”*

No artigo 53, desta mesma Lei Federal, tem-se que:

*“ A criança e o adolescente têm o direito à educação, visando ao pleno desenvolvimento de sua pessoa, preparo para o exercício da cidadania e qualificação para o trabalho, assegurando-se-lhes: .... acesso à escola pública e gratuita próxima de sua residência.”*

### **5.2.3 Educação no Município**

A área urbana do município de Santa Luzia possui 25 escolas municipais, abrangendo o ensino fundamental de (1º a 4º séries), 22 escolas estaduais e 14 escolas particulares, com total de 46.865 alunos matriculados. Observa-se que a população na faixa de 0 a 19 anos é de 72.340 habitantes. Essas escolas atendem os níveis de pré – escola, 1º ciclo, 2º ciclo e Ensino Médio.

Trabalhando com uma amostra de escolas e alunos no Distrito de São Benedito, foi possível mapear todos os alunos com seus respectivos endereços, fornecidos pelo Departamento de Educação da Prefeitura Municipal de Santa Luzia e suas referidas escolas, sendo possível apresentar a atual situação da distribuição dos alunos na rede escolar do município, e assim analisar os deslocamentos das crianças de 1º a 4º série, turno manhã desta classe estudantil.

Atualmente a Prefeitura não conta com nenhum método de auxílio na distribuição destes alunos no momento do cadastramento escolar, a alocação é feita aleatoriamente sem nenhuma ferramenta de auxílio para identificar a melhor escola para cada aluno, ou seja, a atual distribuição não leva em consideração a localização geográfica do aluno em relação à escola mais próxima procurando diminuir a distância entre o trajeto casa-escola.

De acordo com o departamento de educação do município, a distribuição espacial dos alunos a cada ano esta cada vez mais difícil, devido ao crescimento de alunos no município, e com isso, a prefeitura não tem como oferecer melhores condições a comunidade.

Com este trabalho será possível apresentar um pouco da "cultura" do geoprocessamento para o departamento de educação e toda a Prefeitura de Santa Luzia, buscando uma melhor distribuição espacial dos alunos na rede escolar, visando uma futura expansão de informação

e dos serviços públicos prestados a comunidade, visando atender da melhor forma a comunidade e utilizando as tecnologias do geoprocessamento como ferramentas de apoio e tomada de decisões.

## 6. Organização e Entrada de Dados Existentes

O Software definido para a entrada de dados foi o (SPRING, 1998) Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, pode-se dizer que ele é um banco de dados geográfico que vem sendo desenvolvido pela equipe da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 1998). Este sistema possui uma implementação baseada no paradigma de orientação a objetos, e objetiva a integração e análise de diferentes tipos de dados espaciais.

Podemos dizer que o SPRING opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados sem limitações de escala, projeção, podendo administrar tanto dados vetoriais como dados matriciais (*raster*).

O Spring trabalha basicamente com os conceitos de geo-campo e geo-objeto. Os geo-campos representam a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, num dado tempo. Os geo-objetos são elementos únicos que possuem atributos não espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno (Câmara et. Al., 1999).

Um banco de dados geográfico é composto de planos de informação, de objetos geográficos, e de informações não espaciais. Os planos de informação podem representar informações contínuas no espaço (campos), ou os objetos geográficos individuais. Cada plano de informação pode conter representações espaciais do tipo vetorial ou varredura. A representação vetorial corresponde a linhas, pontos, e polígonos que definem as formas de representação dos objetos espaciais, enquanto a representação de varredura corresponde a uma matriz de pontos com valores em cada célula.

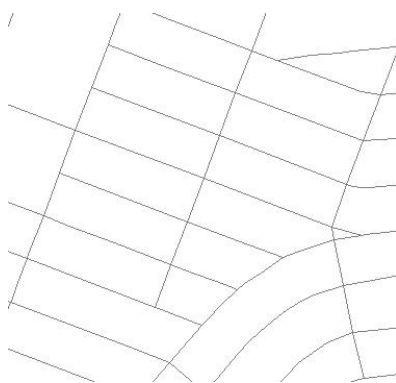
Os tipos de dados tratados no SPRING são:

- Mapas temáticos: cada informação representa um tema ou classe de informação (por exemplo, as classes de uso do solo de uma região).
- Mapas cadastrais ou mapa de objetos: ao contrário de um mapa temático, cada elemento é um objeto geográfico, que possui atributos e que pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização, valor venal, IPTU devido, etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes (poligonais, lineares, ou pontuais) em mapas de escalas distintas.

- Mapas de redes: correspondem a mapas cadastrais, com a diferença de que geralmente os objetos são representados por elementos lineares ou pontuais. As representações pontuais devem estar localizadas em pontos de intersecção de linhas na rede.
- Modelo numérico de terreno ou (MNT): denota a representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Podem ser utilizados para modelar outros fenômenos de variação contínua (como as variáveis geofísicas, geoquímicas e batimetria).
- Imagens: representam dados de sensoriamento remoto ou fotografias aéreas.

O SPRING é um dos sistemas disponíveis no mercado que disponibiliza aplicações de grafo em sua estrutura, mas apresenta alta complexidade de uso e demanda tempo de aprendizado muito longo, pois, seu ambiente de trabalho não é amigável, sendo difícil de manipular, editar imagens e dados geográficos. Mas tendo como um ponto importante o fato do software ser de livre domínio, facilitando assim o acesso do mesmo por parte dos usuários em geral, pesquisadores, órgãos públicos e administrativos.

Após a definição do software utilizado, o próximo passo foi à identificação dos dados existentes para a organização dos mesmos. A princípio um dos dados vetoriais disponíveis era a malha Urbana de Santa Luzia em formato “DXF”. Para o nosso trabalho foi necessária a digitalização dos eixos de rua, onde teve início a construção do Grafo propriamente dito. Portanto, a construção topológica do mesmo foi realizado no software MapInfo, por ser de fácil manuseio e permitir a agregação dos dados de maneira prática, além de proporcionar o cruzamento alfanumérico através de propriedades topológicas entre os elementos.

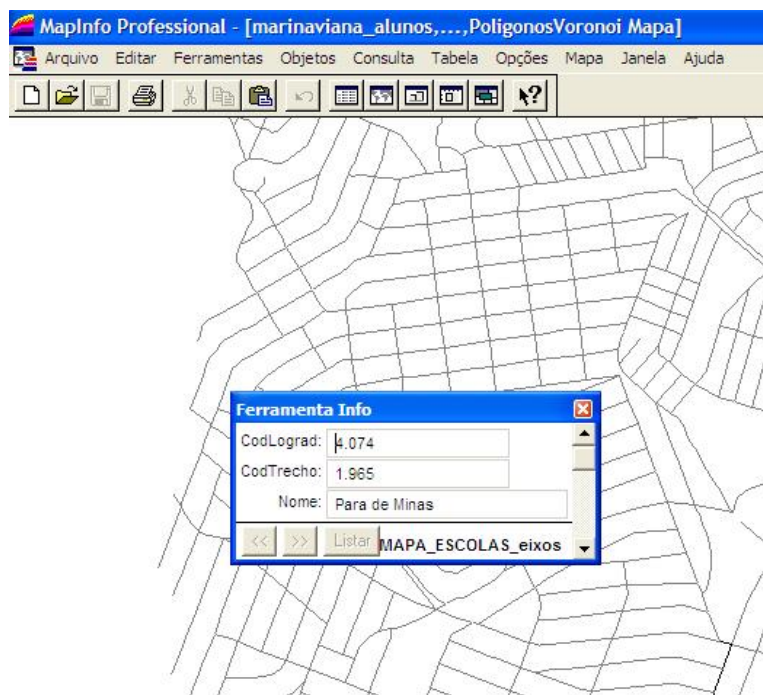


**Figura 7: Início da Digitalização dos Eixos de Rua**



**Figura 8: Digitalização dos Eixos de Rua**

Após a digitalização dos eixos de ruas do Distrito de São Benedito, sucedeu-se a entrada de dados dos Códigos de Logradouro, Código dos Trechos e Nome dos Logradouros. Os códigos foram criados aleatoriamente, tomando o máximo de cuidado para que não houvesse códigos repetidos tanto para os códigos de Logradouros como para os códigos de trechos.



**Figura 9: Entrada de dados**



Abaixo é possível ver como ficou a tabela dos eixos de rua, após toda a digitalização dos códigos de logradouros, código dos trechos e nome dos logradouros:



	CodLograd	CodTrecho	Nome
<input type="checkbox"/>	3.040	1.300	Ari Paiva
<input type="checkbox"/>	403	415	Quatro
<input type="checkbox"/>	3.035	1.280	Nicassia Rodrigues de Andrade
<input type="checkbox"/>	3.041	1.303	Etelvino Barbosa
<input type="checkbox"/>	3.037	1.292	Idalina Neves de Souza Lima
<input type="checkbox"/>	3.036	1.288	Jose Gregorio Martins
<input type="checkbox"/>	3.020	1.243	Ezequiel Torres Perdigão
<input type="checkbox"/>	3.004	1.179	Perfecta Sieiro Limeres
<input type="checkbox"/>	3.017	1.221	Pontal
<input type="checkbox"/>	2.101	771	Alvorada
<input type="checkbox"/>	3.132	1.578	Yolanda Teixeira da Costa
<input type="checkbox"/>	3.144	1.632	Jose Raimundo dos Santos
<input type="checkbox"/>	3.148	1.638	João Camargos Costa Sobrinho
<input type="checkbox"/>	3.135	1.590	Geraldo Rodrigues da Rocha
<input type="checkbox"/>	3.134	1.588	Betita Rodrigues da Rocha
<input type="checkbox"/>	3.143	1.625	Tabelião Antonio Roberto Almeida

Tabela 3: Cadastro de Logradouro

Logo após a digitalização dos eixos e cadastro das ruas, começamos o processo de geocodificação dos alunos com seus respectivos endereços, vale lembrar que neste momento selecionamos as quatro escolas utilizadas e que foram mapeadas de acordo com o endereço fornecido pelo departamento de educação da Prefeitura Municipal de Santa Luzia, para mapear utilizamos também o software MapInfo. A partir de uma lista em formato “Txt” fornecida também pelo departamento de Educação contendo todos os dados referentes aos alunos matriculados nas devidas escolas, definimos alguns atributos que são necessários para a geocodificação, alunos do turno manhã e que cursam a 4º série do ensino fundamental e seus devidos endereços e logo a transformamos em formato “xls”.

Levando em consideração que poderia haver diferença entre os endereços dos alunos que foi passado pelo Departamento de Educação e com os endereços que foram digitalizados na tabela de eixos de logradouros, foi feita uma comparação e correção dos nomes de logradouros adequando-os para que os nomes de logradouros das duas tabelas ficassem perfeitamente iguais, para que no momento da geocodificação nenhum aluno fique perdido.

Para a geocodificar estes alunos escolhemos o software Spring, para isso foi necessária a construção de uma tabela com o endereços de todos os alunos. Nesta tabela criamos a coluna

de código que também foi preenchida aleatoriamente, a coluna endereço preenchida com os endereços iguais ao da tabela de eixos de logradouros, a coluna de número que foi preenchida com o número da casa de cada aluno e por fim para finalizar a tabela criamos uma coluna apenas com ponto e vírgula, está coluna é necessária para a estrutura de tabela necessária para a geocodificação no Spring.

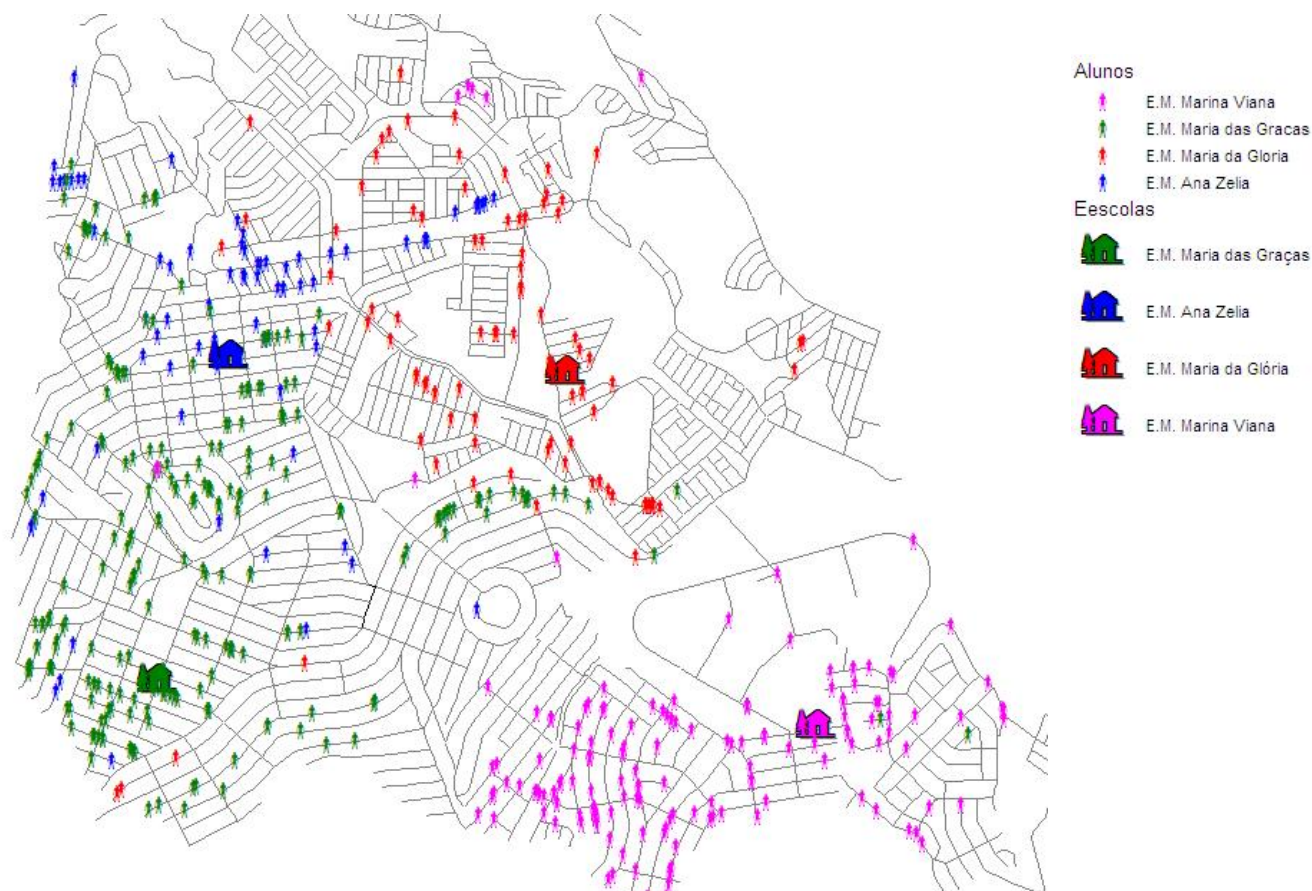
Após a geocodificação, exportamos novamente para o MapInfo, apenas para ser ter uma melhor visualização dos alunos.

Este é o modelo de como a estrutura da tabela de endereços dos alunos teve que ser preparada para geocodificação no Spring:

Codigo	Endereço	Número	
a1	João Batista de Lima	1198	;
a2	João Batista de Lima	1192	;
a3	João Batista de Lima	1271	;
a4	João Batista de Lima	1231	;
a5	João Batista de Lima	1190	;
a6	João Batista de Lima	1214	;
a7	João Batista de Lima	1089	;
a8	João Batista de Lima	1196	;
a9	Ibirapuera	540	;
a10	Jurupana	100	;
a11	Apoema	53	;
a12	Apoema	83	;
a13	Araguacema	456	;
a14	Ataide Eneas Orzil	188	;
a15	Ataide Eneas Orzil	30	;
a16	Ataide Eneas Orzil	164	;

Tabela 4: Modelo de Tabela para Geocodificação

Resultado final da geocodificação dos alunos já no MapInfo e das escolas mapeadas:



**Figura 10: Distribuição dos Alunos e Escolas**

A partir deste momento já foi possível apresentar a atual situação da distribuição dos alunos na rede escolar do município, e assim analisar os deslocamentos das crianças de 1º a 4º série, turno manhã desta classe estudantil.

Podemos ver que a distribuição espacial não é adequada, existem alunos que fazem um deslocamento muito grande todos os dias no seu trajeto “casa-escola”, sendo que existe na maioria das vezes, uma escola mais próxima a sua residência, de acordo com a imagem apresentada já é possível esta análise.

Neste momento, é importante ressaltar que a Secretaria de Educação do Município de Santa Luzia, não possui nenhuma ferramenta de auxílio na distribuição espacial destes alunos.

Portanto, o próximo passo, foi efetuar novas análises, agora utilizamos o software Spring, pelo fato do mesmo possuir uma ferramenta que permite análises com Alocação de Recursos, é nesta ferramenta que vamos definir a distância como impedância e número de vagas como a demanda de cada escola.



**Figura 10: Ferramenta de Alocação de Recursos**

Com esta ferramenta definimos a área de influência de cada escola, respeitando sempre a demanda máxima de vagas. Como o resultado de cada escola gerou uma região diferente. Foi traçado o resultado no MapInfo, para uma melhor visualização destas áreas de influencia, e com isso será possível mais a frente gerar mapas temáticos das regiões definidas pelo Spring e comparar com áreas de influências geradas pelo Aplicativo de Voronoi.

## 7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao trazer a base geográfica para o Spring, é possível escolher a plataforma de armazenamento dos dados geográficos, neste trabalho o sistema de gerenciamento de banco de dados escolhido foi o Access.

Após ter sido realizado o processo de manipulação e inserção dos dados geográficos no Spring, obteve-se três planos de informações básicas. Os grafos do tipo rede, os alunos do tipo temático e as escolas do tipo cadastral. Três simulações foram feitas, segue abaixo.

### 7.1 Simulação Por Mediana

Fizemos um estudo exploratório inicial para visualização das possíveis distribuições utilizando o método de Localização de Medianas do Spring, que agrupa em cada grupo referente a uma escola os alunos mais próximos entre si.

Com mapa resultante podemos verificar a distribuição dos alunos por localização de medianas e avaliar o resultado de uma divisão lógica, baseada apenas em distância dos alunos. Essa divisão permite a inferência de que para manter uma distribuição adequada de alunos seriam necessárias 4 escolas com os seus respectivos número de vagas.

Na tabela abaixo é possível verificar como ficou a distribuição dos alunos proposto pelo método de Localização de Medianas para todos os alunos:

<b>Escola</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Vagas Existentes</b>
Maria da Glória	132	175
Marina Viana	159	72
Maria das Graças	130	293
Ana Zélia	157	118

Tabela 5: Distribuição dos Alunos pelo método de Localização de Medianas

Mapa resultante da distribuição dos alunos utilizando o método de Localização de Medianas:

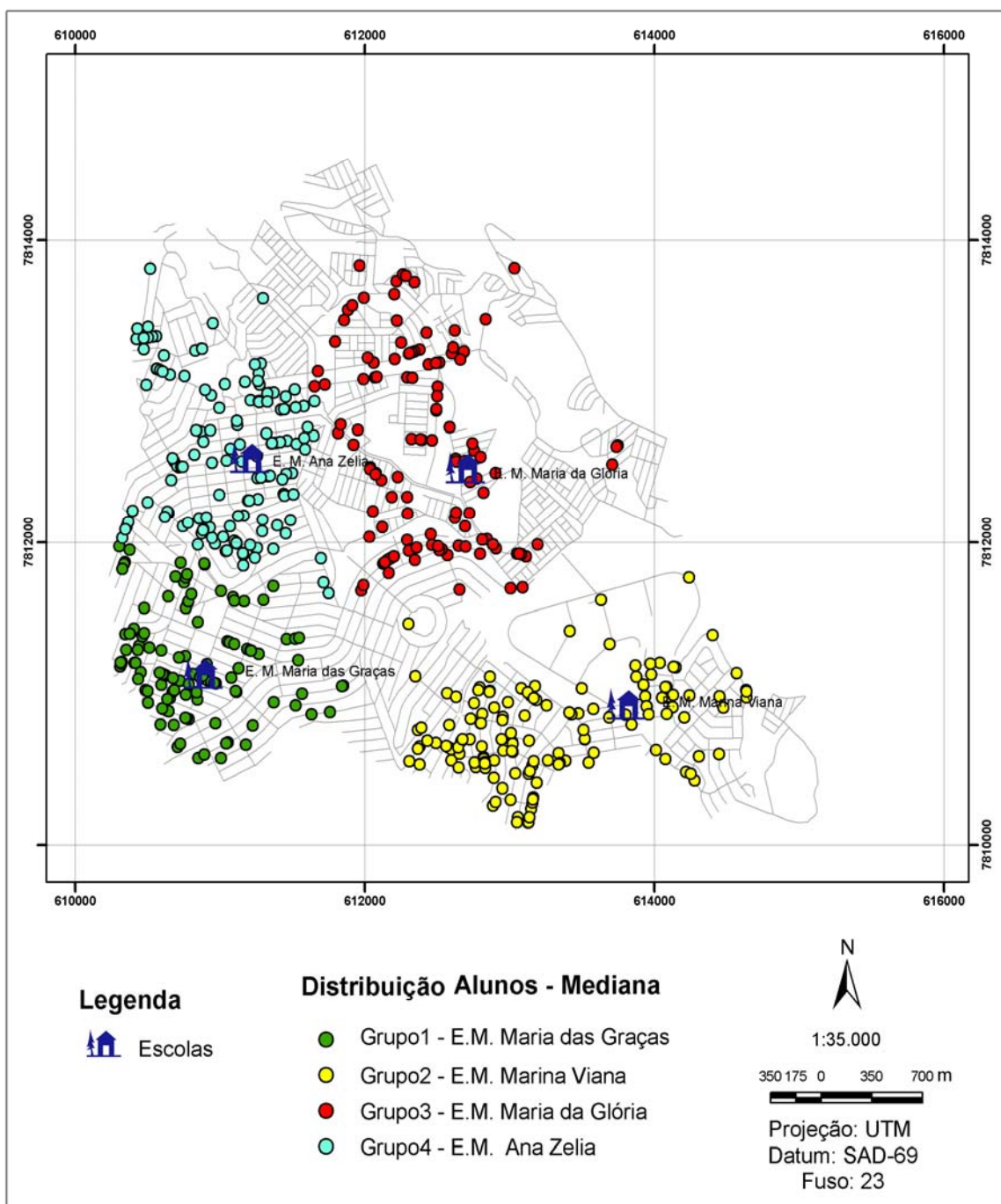


Figura 11: Distribuição dos Alunos por Mediana

## 7.2 Simulação no Software Spring

O Próximo passo foi gerar a distribuição de alunos ainda no software Spring, utilizando a ferramenta de alocação de recursos apresentada acima, levamos em consideração a demanda máxima das escolas, desta forma ele foi varrendo a rede e buscando os alunos mais próximos, gerando para cada escola uma área de influência que representa a área que cada uma deve atender.

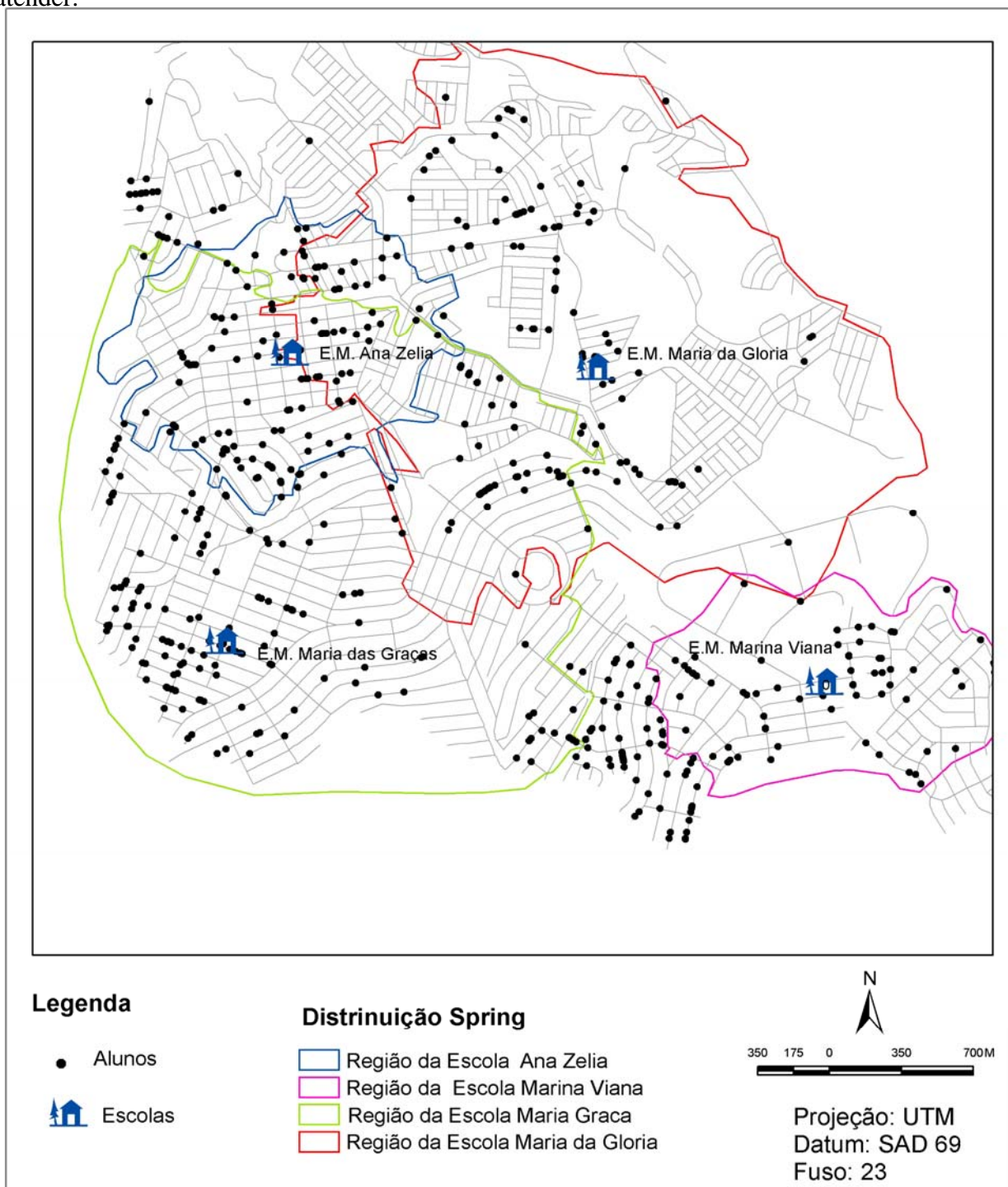


Figura 12: Distribuição dos alunos no Spring

É possível ver que na distribuição dos alunos utilizando a proposta das áreas geradas para cada escola no Spring, ele procura atender as escolas de acordo com seu número de vagas, e com isso há as sobreposições de áreas, que apareceram na figura acima, pelo fato desta ferramenta do Spring não se preocupar com a área das demais escolas no momento em que esta varrendo a rede e buscando alunos para uma determinada escola, e por isso também, que ficaram alunos fora de todas as quatro áreas de influência geradas, ou seja, para cada escola ele foi preenchendo o número de vagas com os alunos mais próximos, e completando a capacidade ele para de varrer a rede, e assim sucessivamente para cada escola.

Desta forma podemos dizer, utilizando o método de distribuição do Spring, vão ficar alunos do lado de fora das áreas de influências, sendo preciso no final realocar estes alunos.

Podemos ver nas tabelas abaixo como ficou a distribuição dos alunos nas escolas proposta pelo método utilizado no Spring, é possível verificar que realmente ele atendeu a capacidade de cada escola.

Área de influência gerado no Spring para a Escola Municipal Maria da Glória, sua capacidade era de 175 vagas:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Maria da Glória	88
Maria das Graças	46
Marina Viana	7
Ana Zélia	34
<b>Total</b>	<b>175</b>

Tabela 6: Área de Influência do Spring – E.M. Maria da Glória



Área de influência gerado no Spring para Escola Municipal Maria das Graças, sua capacidade era de 293 vagas:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Maria das Graças	219
Maria da Glória	22
Marina Viana	18
Ana Zélia	34
<b>Total</b>	<b>293</b>

Tabela 7: Área de Influência do Spring – E.M. Maria das Graças:

Área de influência gerado no Spring para a Escola Municipal Marina Viana, sua capacidade era de 72 vagas:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Marina Viana	70
Maria das Graças	2
Maria da Glória	0
Ana Zélia	0
<b>Total</b>	<b>72</b>

Tabela 8: Área de Influência do Spring – E.M. Marina Viana:

Área de influência gerado no Spring para a Escola Municipal Ana Zélia, sua capacidade era de 118 vagas:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Ana Zélia	40
Maria das Graças	68
Maria da Glória	8
Marina Viana	2
<b>Total</b>	<b>118</b>

Tabela 9: Área de Influência do Spring – E.M. Ana Zélia:

Podemos verificar que o Spring gera uma distribuição de alunos de acordo com o número de vagas de cada escola, mas buscando sempre na rede os alunos mais próximos de uma determinada escola. É possível dizer que o Spring é Dinâmico devido a cada ano o cenário da distribuição dos alunos se alterar, devido ao fato de que podemos ter novos alunos na rede, mas vale ressaltar que não estamos alterando o número de vagas apenas alguns alunos saem e novos se matriculam, mas são localizados em novos e diferentes trechos, e com isso a forma do polígono gerado se altera, pois ele sempre vai buscar na rede os alunos mais próximos.

### **7.3 Simulação no Software Saga Utilizando o Aplicativo de Voronoi**

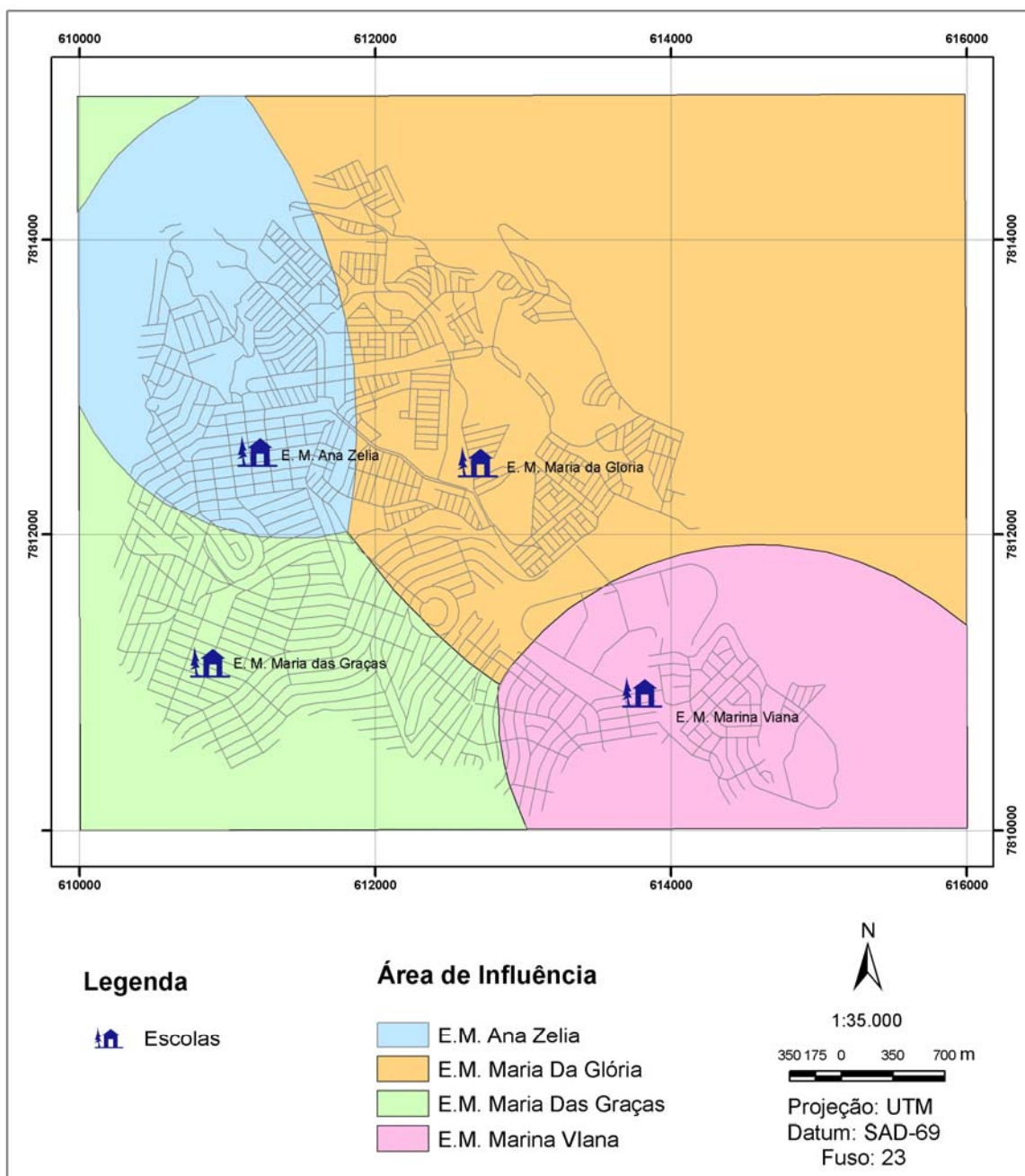
Após a distribuição feita no Spring, escolhemos o software SAGA, criação do laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o Lageop-UFRJ, onde possui aplicativo de Voronoi que utilizamos para a definição das áreas de influências, lembrando que o Saga trabalha apenas com imagens, tivemos que transformar as escolas ainda no Spring para pixels.

Atribuimos o número de vagas de cada escola na definição das áreas de influências, veja:

<b>Escola</b>	<b>Vagas</b>
Ana Zélia	118
Maria das Graças	293
Maria da Glória	175
Marina Viana	72

Tabela 10: Quantidade de vagas das Escolas

Imagem resultante das Áreas de Influências gerada pelo aplicativo de Voronoi, desenvolvido com a massa de cada escola, como mostra a tabela acima:



**Figura 13: Áreas de Influências Voronoi**

Com a imagem resultante podemos dizer que no a Saga as regiões são fixas, sendo que cada região é definida pela capacidade ou demanda de cada escola, com isso a área de influência só é alterada se alterarmos a demanda de uma determinada escola, diminuindo ou aumentando o número de vagas, ou com a criação de uma nova escola, ou sua extinção, ou seja, ela não altera o cenário a cada ano como no Spring.

Com a imagem gerada no Voronoi foi possível analisar separadamente todas as áreas de influências, e quando necessário é possível realocar os alunos, para que nenhuma escola tenha problemas quanto a sua capacidade, pois o Voronoi não se preocupa com a capacidade exata de cada escola e sim em definir a melhor área de influência para cada escola, de acordo com o seu potencial, ou seja, a sua massa (número de vagas).

Para cada escola e sua área de influência ocorreu um caso diferente, no entanto, é interessante apresentar como está a atual distribuição dos alunos de acordo com o setor de Educação da Prefeitura Municipal de Santa Luzia, e em seguida como seria a situação pretendida pelo Voronoi para cada área de influência, vejamos:

Situação atual dos alunos matriculados na Escola Municipal Maria das Graças:

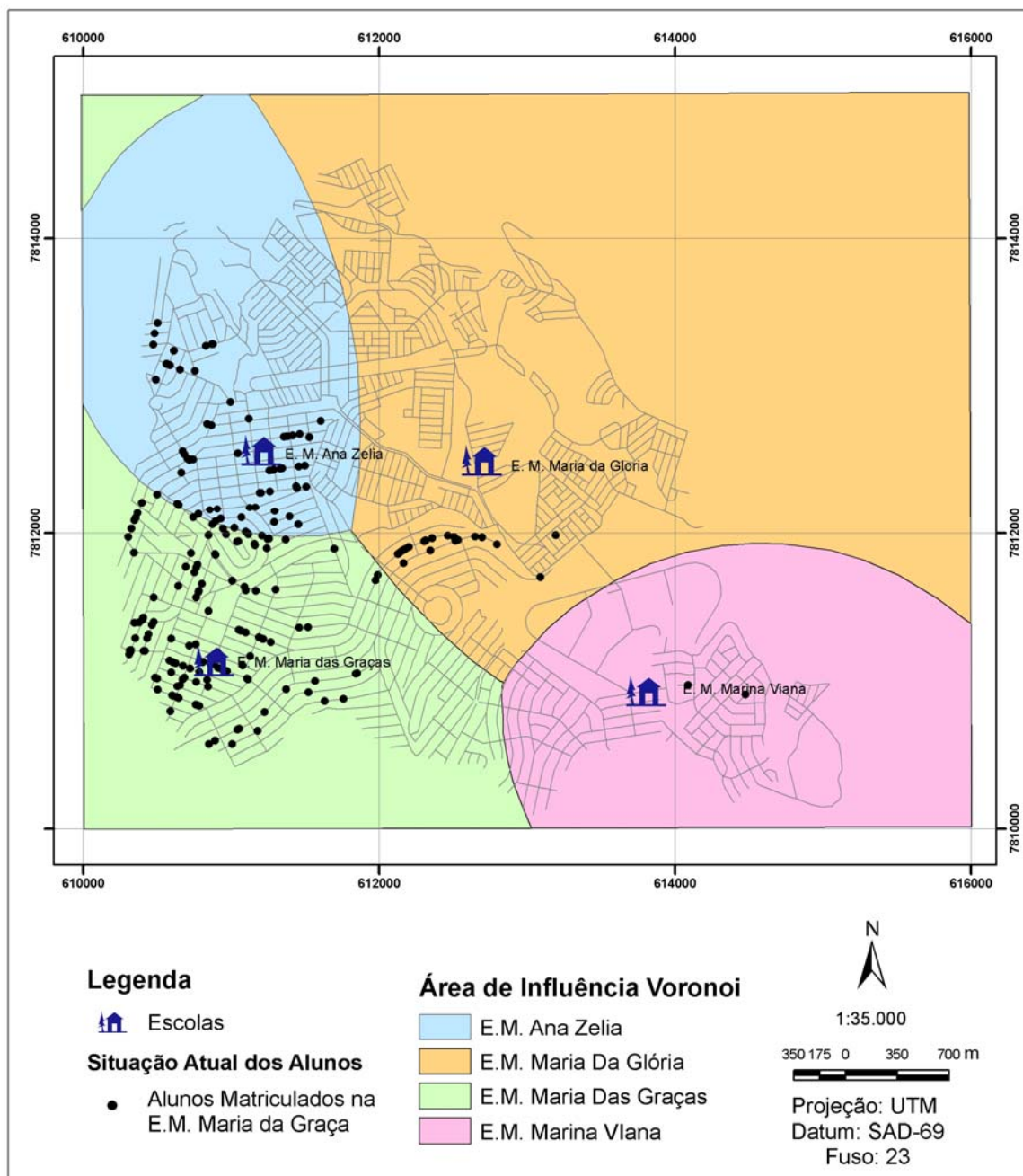


Figura 13: Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria das Graças – Situação Atual

Situação proposta de acordo com a área de influência gerada no Voronoi para a Escola Municipal Maria das Graças:

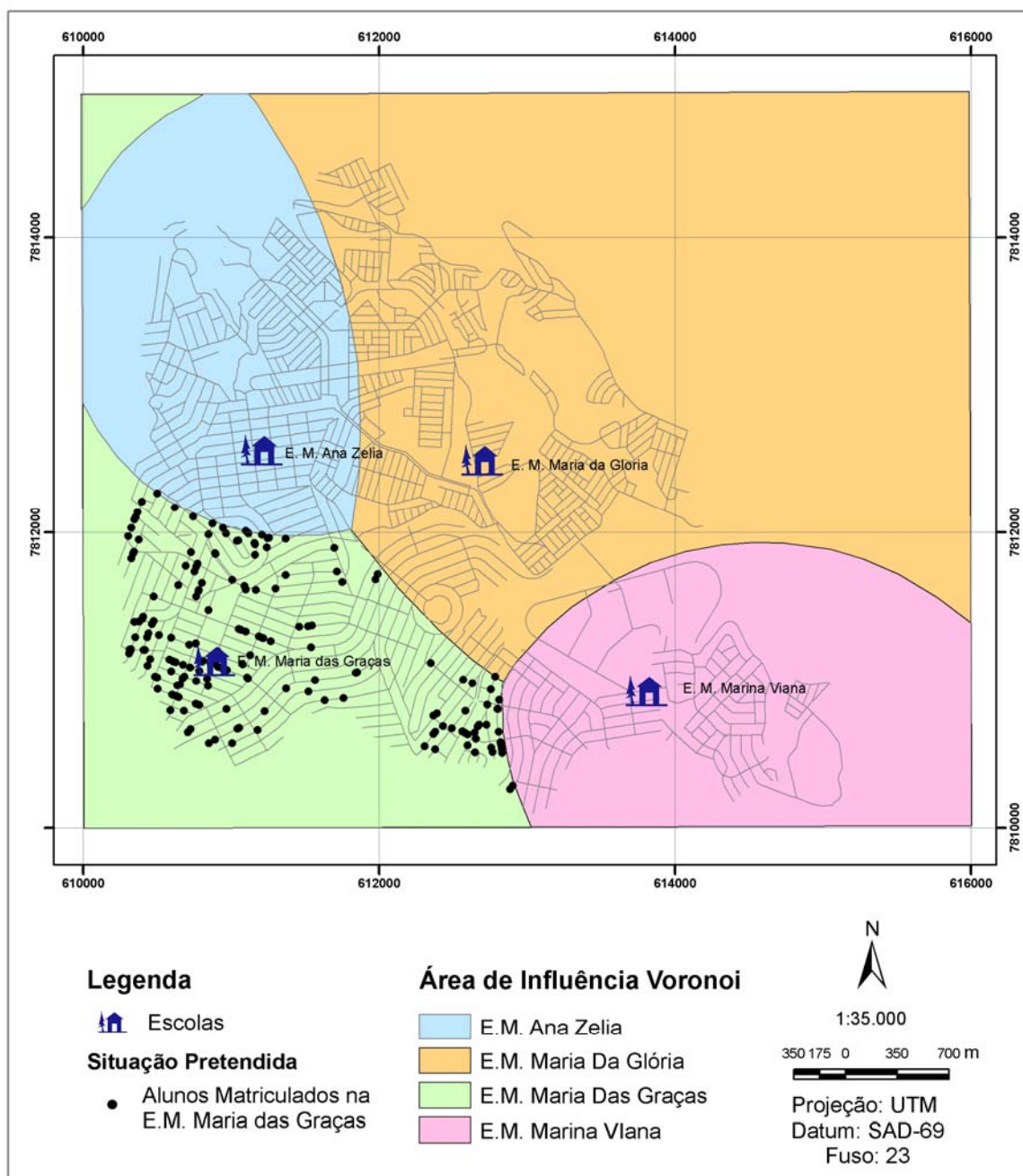


Figura 14: Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria das Graças – Situação Pretendida

Na tabela abaixo é possível verificar como ficou a distribuição dos alunos proposto pelo Voronoi para a Área de Influência da Escola Municipal Maria das Graças:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Maria das Graças	148
Marina Viana	49
Maria da Glória	4
Ana Zélia	14
<b>Total</b>	<b>215</b>

Tabela 11: Área de Influência – E.M. Maria das Graças

De acordo com a tabela acima na área de influência da Escola Municipal Maria das Graças, gerada no aplicativo de Voronoi, levando em consideração a sua capacidade de 293 vagas, foi possível verificar através de consultas realizadas no MapInfo a existência de 215 alunos nesta área, sendo 148 matriculados na E.M. Maria das Graças e outros 67 alunos atualmente não são matriculados nesta escola. Como a capacidade desta escola é de 293 vagas, e de acordo com a tabela acima podemos verificar que na sua área de influência estamos com 78 vagas ociosas.

Vamos analisar agora a situação da E.M Ana Zélia.



Situação atual da distribuição dos alunos matriculados na Escola Municipal Ana Zélia:

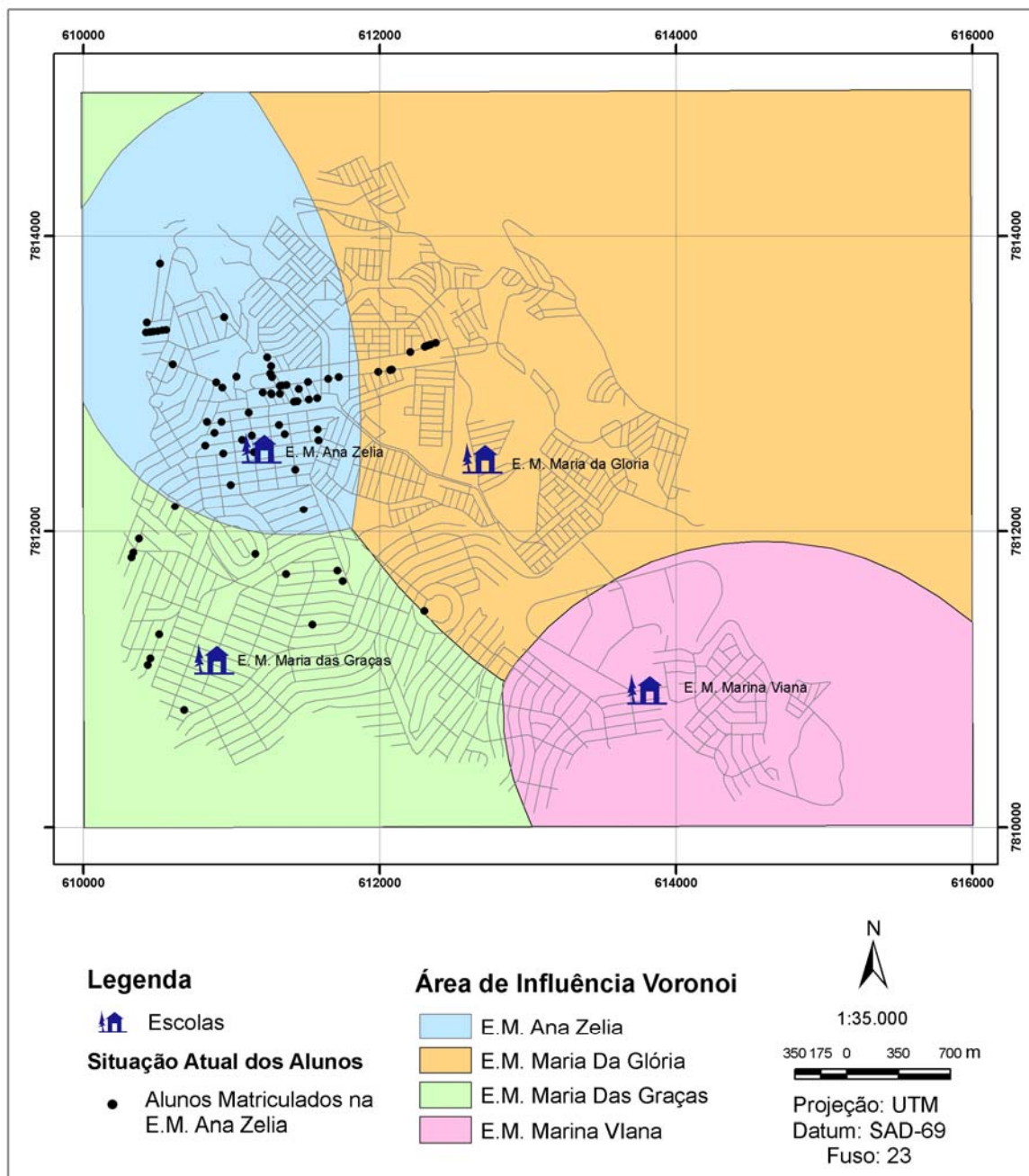


Figura 15: Área de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia – Situação Atual

Situação proposta de acordo com a área de influência gerada no Voronoi para a Escola Municipal Ana Zélia:

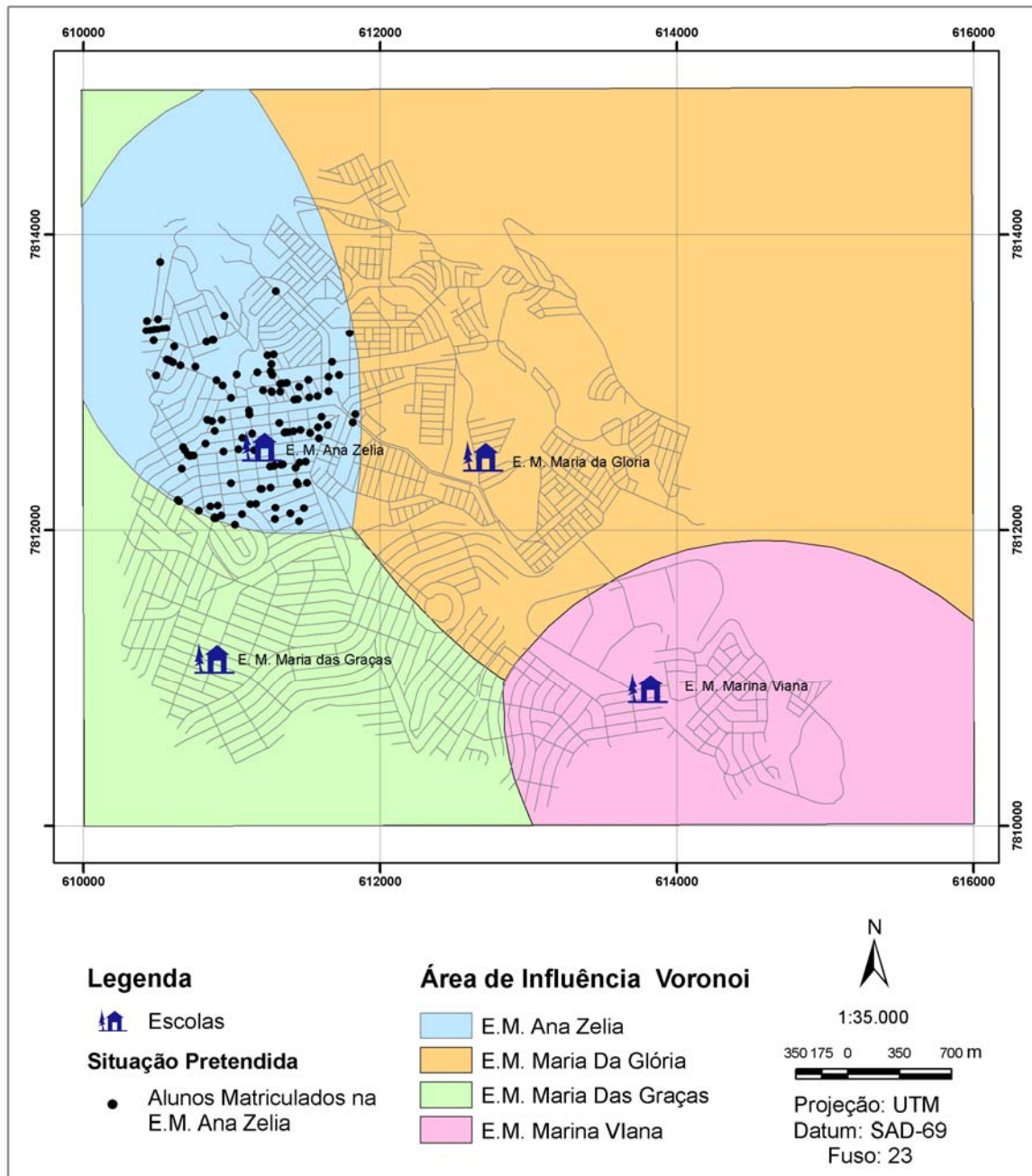


Figura 16: Área de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia – Situação Pretendida

Na tabela abaixo é possível verificar como ficou a distribuição dos alunos proposto pelo Voronoi para a Área de Influência da Escola Municipal Ana Zélia:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade/Alunos</b>
Ana Zélia	50
Maria das Graças	68
Maria da Glória	9
Marina Viana	2
<b>Total</b>	<b>129</b>

Tabela 12: Área de Influência do Voronoi – E.M. Ana Zélia

Agora analisando a área de influência da Escola Municipal Ana Zélia gerada no aplicativo de Voronoi, como mostra a tabela acima, podemos verificar a existência de 129 alunos nesta área, sendo que nem todos os alunos que estão atualmente nesta área são matriculados nesta escola, apenas 50 destes são. A proposta é trazer os outros 79 alunos que hoje estão matriculados nas demais escolas para a área de influência da E.M. Ana Zélia, Mas não podemos deixar de citar que a capacidade desta escola é de 118 vagas, e dentro da área de influência proposta pelo Voronoi, estamos com 129 alunos, ou seja, 11 alunos há mais de acordo com a sua capacidade. Visando que cada escola atenda da melhor forma a sua área de influência é preciso respeitar então a capacidade da mesma. Mais a frente veremos o que fazer para estes tipos de situações.

Situação atual da distribuição dos alunos matriculados na Escola Municipal Maria da Glória:

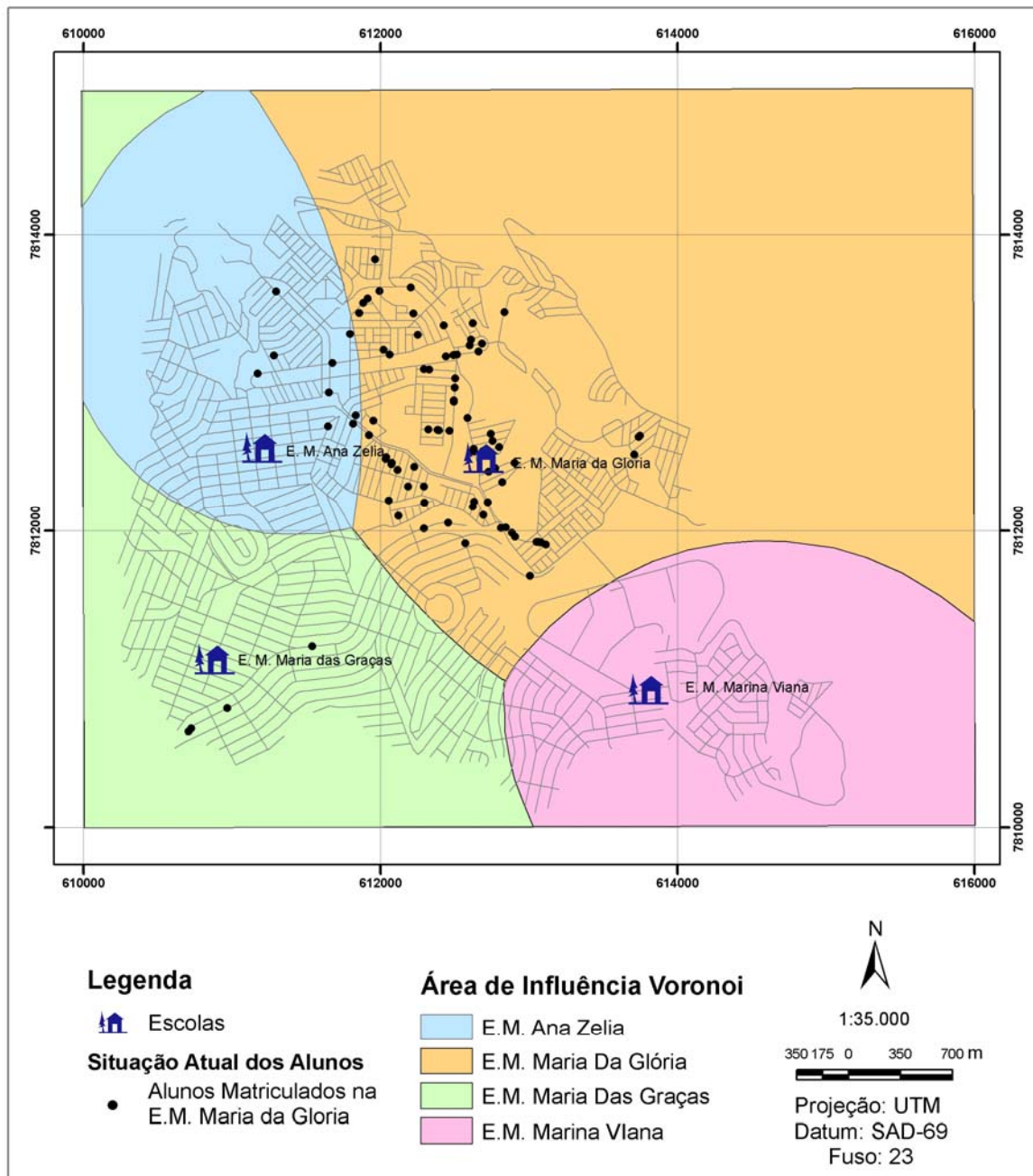


Figura 17: Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória – Situação Atual

Situação proposta de acordo com a área de influência gerada no Voronoi para a Escola Municipal Maria da Glória:

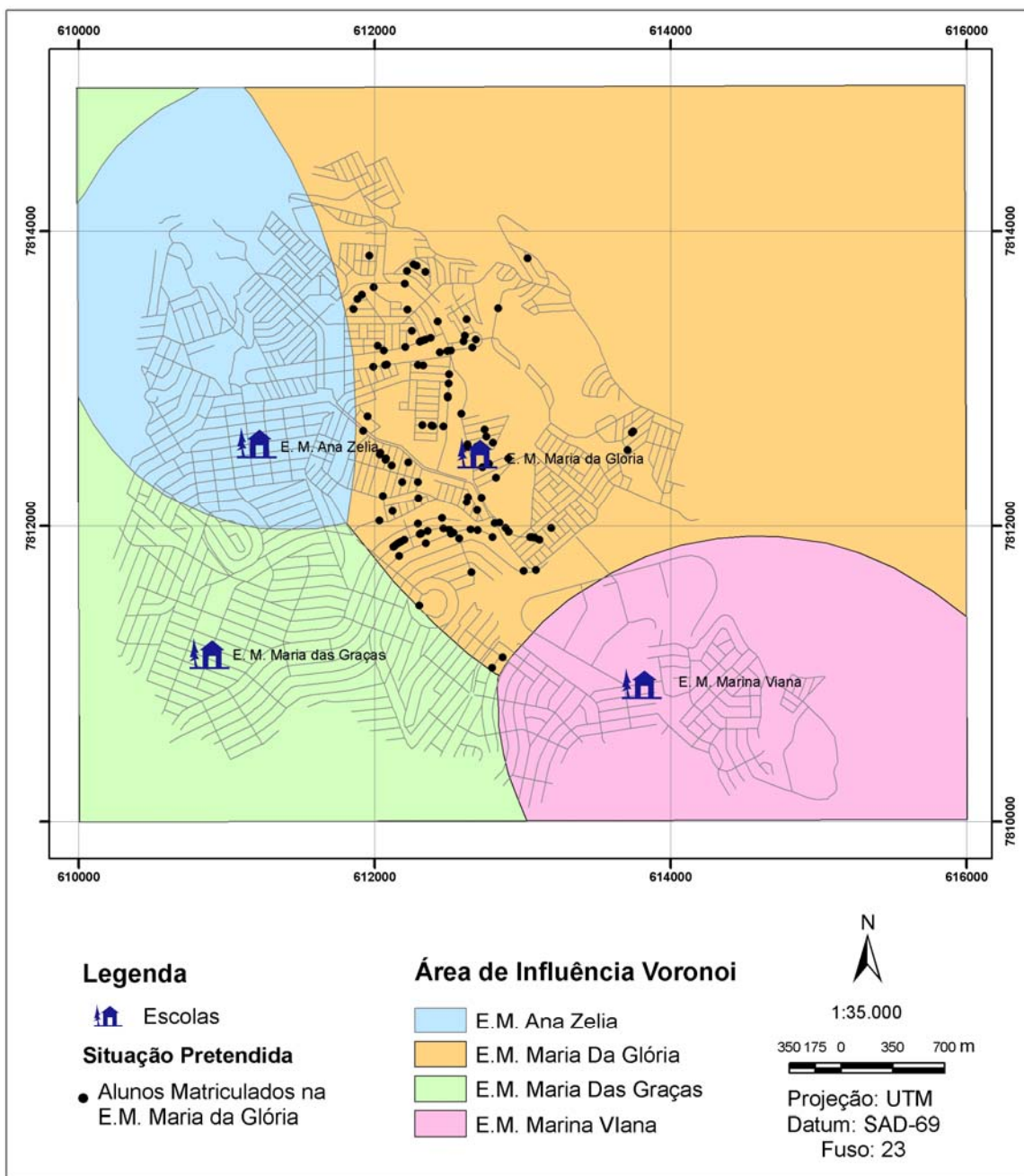


Figura 18: Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória – Situação Pretendida

Na tabela abaixo é possível verificar como ficou a distribuição dos alunos proposto pelo Voronoi para a Área de Influência da Escola Municipal Maria da Glória:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Maria da Glória	82
Marina Viana	9
Maria das Graças	23
Ana Zélia	13
<b>Total</b>	<b>127</b>

Tabela 13 Área de Influência do Voronoi – E.M. Maria da Glória

Analisando por ultimo a área de influência da Escola Municipal Maria da Glória, gerada de acordo com a sua demanda de 175 vagas, pelo aplicativo de Voronoi, verificamos a presença de 127 alunos nesta área, sendo 82 matriculados na mesma e outros 45 alunos atualmente são matriculados nas demais escolas. A proposta do Voronoi é que estes 45 alunos que hoje estão matriculados nas demais escolas venham estudar na área de influência da E.M. Maria da Glória. Mas de acordo com a sua capacidade, ainda ficaram 48 vagas disponíveis com a situação proposta do Voronoi.

Situação atual da distribuição dos alunos matriculados na Escola Municipal Marina Viana:

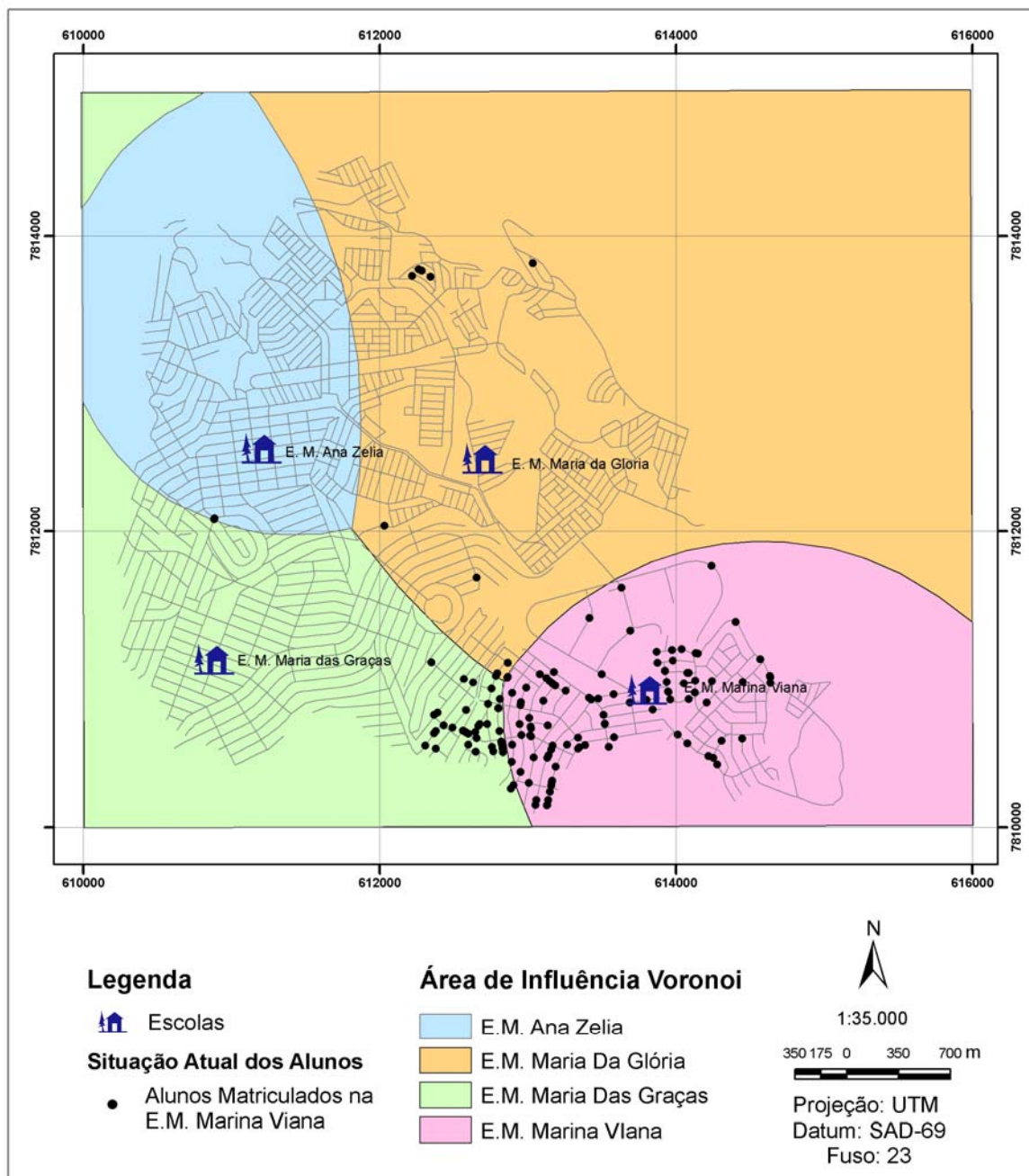


Figura 19: Área de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana – Situação Atual

Situação proposta das áreas de influências geradas no Voronoi para a Escola Municipal Marina Viana:

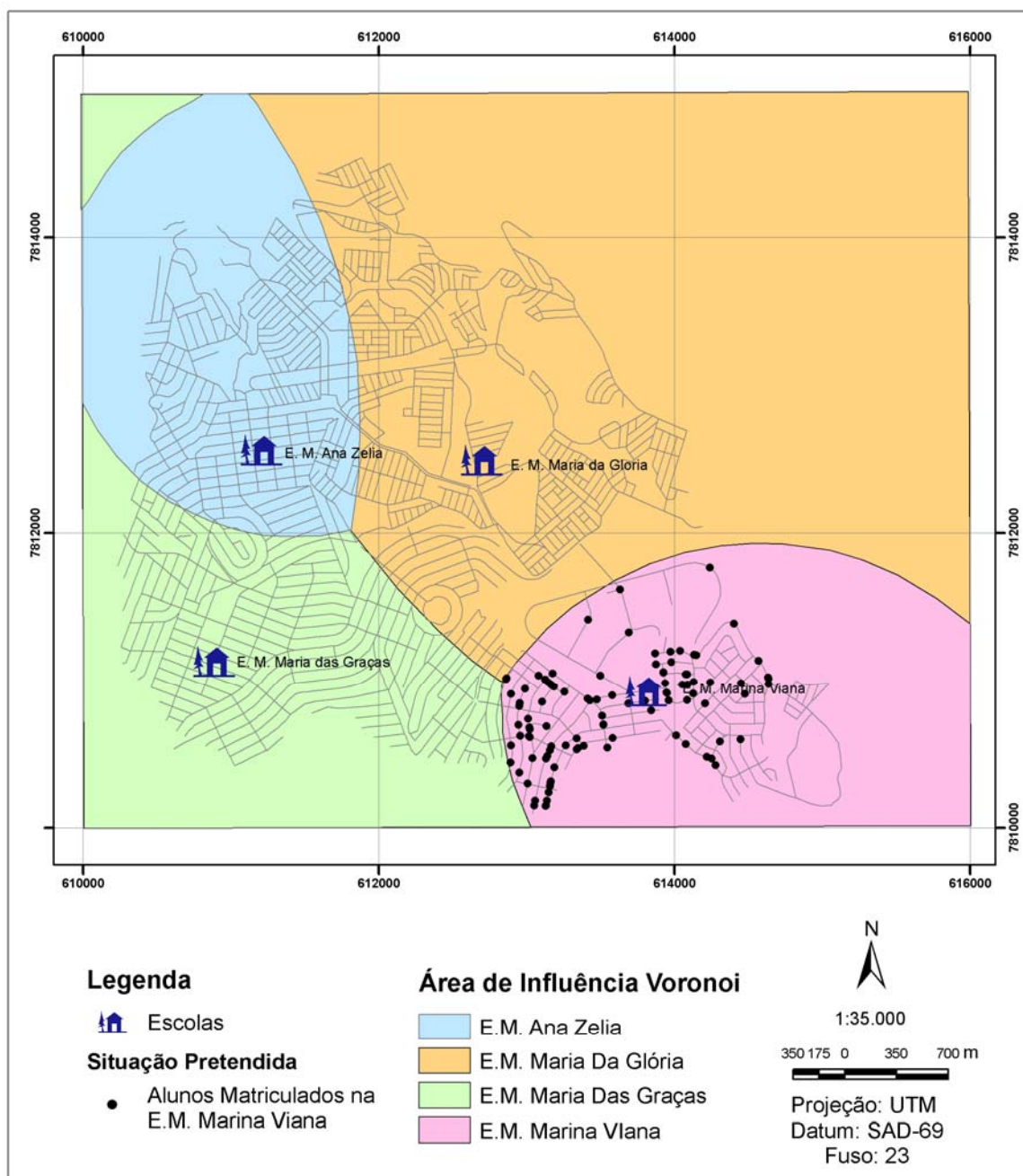


Figura 20: Área de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana – Situação Pretendida



Na tabela abaixo é possível verificar como ficou a distribuição dos alunos proposto pelo Voronoi para a Área de Influência da Escola Municipal Marina Viana:

<b>Escola Original</b>	<b>Quantidade</b>
Marina Viana	105
Maria das Graças	2
Maria da Glória	0
Ana Zélia	0
<b>Total</b>	<b>107</b>

Tabela 14: Área de Influência do Voronoi – E.M. Marina Viana

A tabela acima, apresenta como ficou a distribuição dos alunos nas escolas, de acordo com a área de influência proposta pelo aplicativo de Voronoi, levando em consideração sua demanda de 72 vagas. Temo 107 alunos nesta área de influência, sendo 105 matriculados nesta escola e apenas 2 alunos estão matriculados na E.M Maria das Graças. De acordo com a sua capacidade ela deveria atender 72 alunos e com a área pretendida pelo Voronoi esta escola atenderia uma demanda de 35 alunos a mais.

## 7.4 Soluções Propostas

Após feita as análises utilizando o Software Spring e o Aplicativo de Voronoi foi possível propor uma nova distribuição espacial dos alunos, ou seja uma pequena realocação. Para isto, foi preciso sobrepor os dois métodos, Spring e Voronoi, então utilizamos o modelo gerado no Spring como referência para a nova distribuição, levando em consideração as áreas de influências geradas no Voronoi e sempre procurando atender a capacidade de cada escola.

Antes da distribuição proposta é interessante mostrar novamente a figura 10, que representa a distribuição atual dos alunos na prefeitura municipal de Santa Luzia, sem nenhum recurso de geoprocessamento para um comparativo do que seria a distribuição utilizando ferramentas da tecnologia de geoprocessamento.

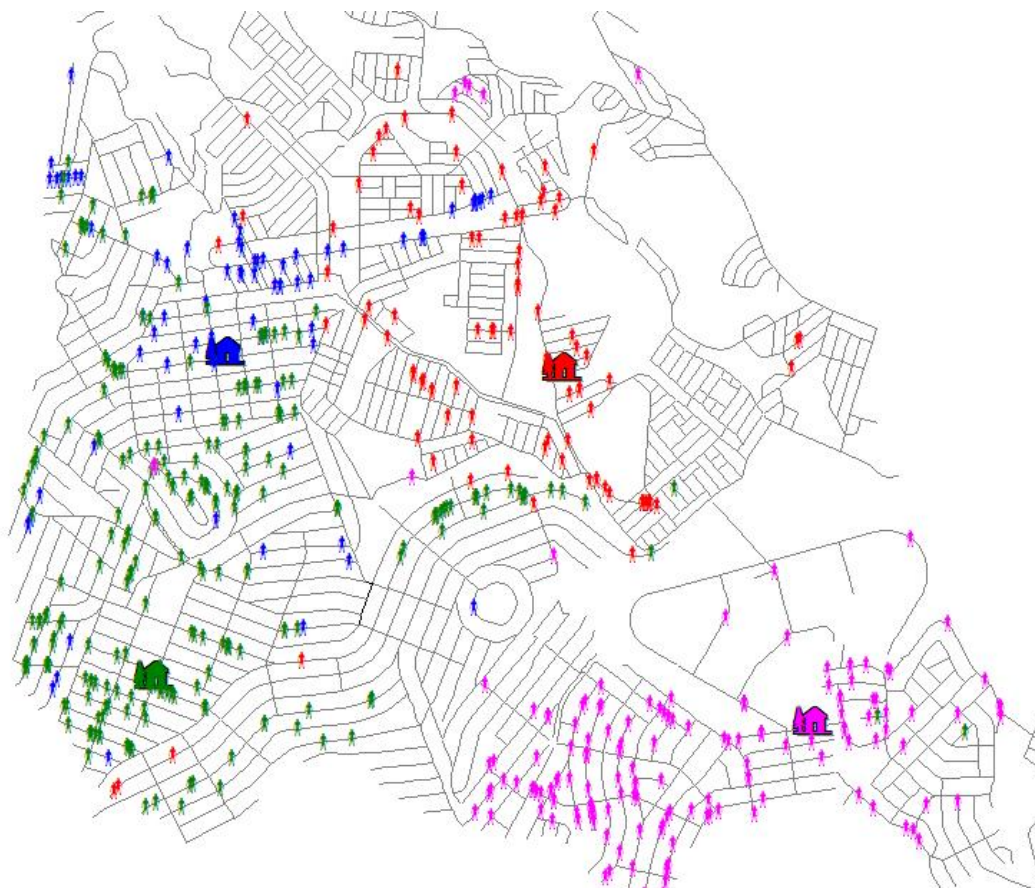


Tabela 21: Distribuição Atual dos alunos

Imagem proposta para a distribuição dos alunos utilizando técnicas de Geoprocessamento

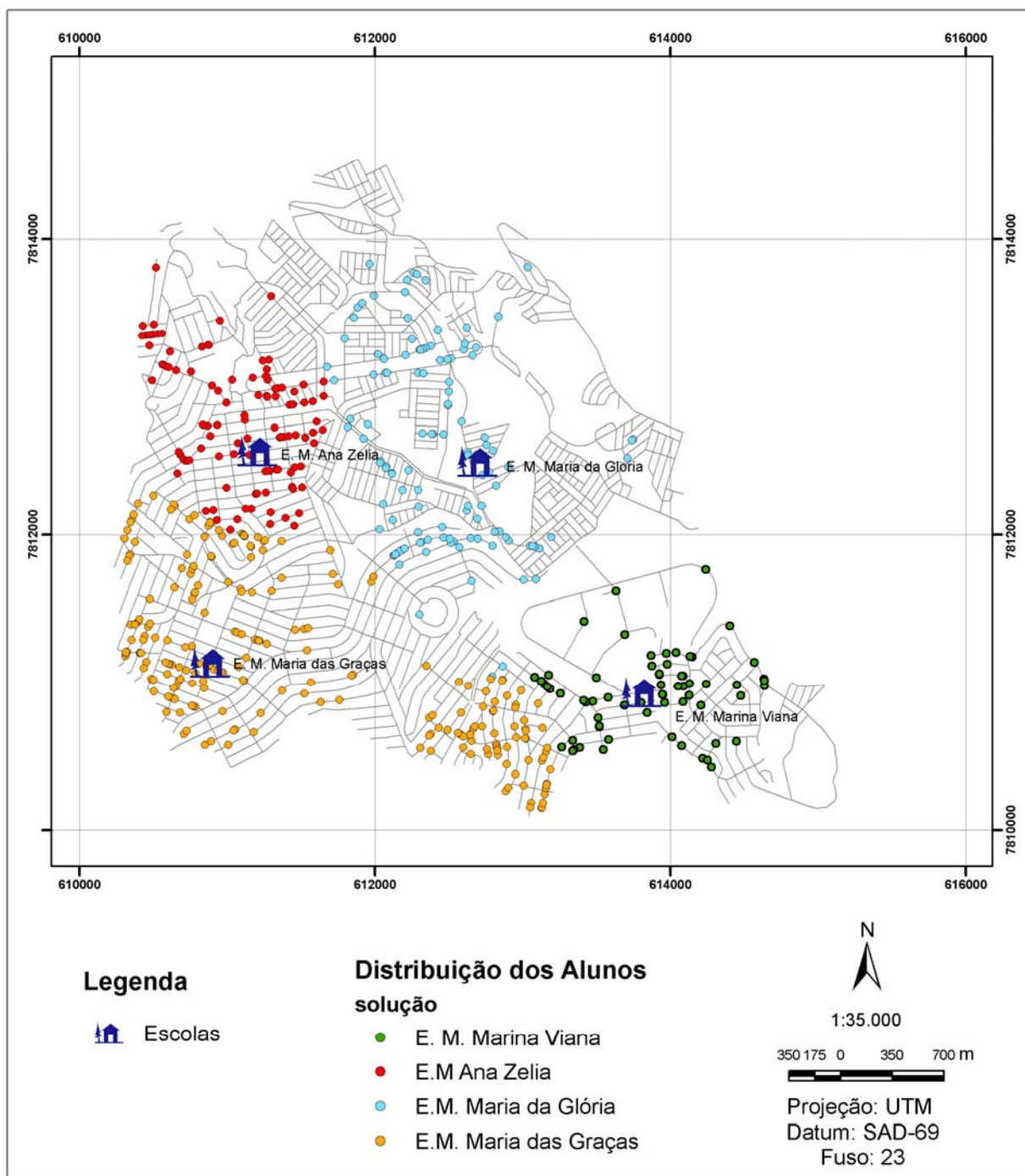


Figura 21: Área Proposta

A tabela abaixo mostra como ficou a distribuição proposta para os alunos, levando em consideração os estudos feitos com as áreas de influências gerada no Spring e com as áreas de influências no Voronoi.

<b>Escola</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Vagas Existentes</b>
Maria da Glória	132	175
Marina Viana	72	72
Maria das Graças	256	293
Ana Zélia	118	118

Tabela 15: Situação Proposta

De acordo com a tabela acima e com a área de influência gerada no Voronoi para a E.M. Maria das Graças, levando em consideração a sua capacidade de 293 vagas, podemos dizer que mesmo tendo um número de vagas superior há outras escolas, foi possível identificar que o tamanho da área de influência gerada foi menor, mesmo com a sua capacidade esperávamos uma área de influência maior. Após as análises e com o resultado final, podemos dizer que esta escola talvez esteja mal localizada, muito próximo das demais, sofrendo com a concorrência e mesmo com a sua capacidade em atender uma demanda superior as outras ela sempre vai estar com a demanda abaixo da capacidade, podendo ficar sempre com vagas ociosas.

É importante ressaltar aqui a intervenção do planejador para definir uma distribuição coerente e chegar ao resultado encontrado, é o planejador com seu conhecimento e senso crítico que define a melhor distribuição para os alunos, apenas utiliza algumas ferramentas como base e apoio a tomada de decisão.

Neste trabalho utilizamos as áreas de influências geradas no Spring como base para o processo de escolha da melhor distribuição espacial dos alunos, com as áreas de influencias geradas no aplicativo de Voronoi foi feita uma sobreposição das duas análises para visualização do que cada método propõe e assim com a intervenção do planejador definir uma distribuição coerente e realocando alunos que estavam em uma determinada área de influencia do spring para uma área de influencia gerada no Voronoi e assim sucessivamente, estudando e

analisando cada caso, buscando sempre atender a demanda de cada escola e uma satisfação da comunidade quanto a distribuição dos alunos na rede escolar.

## 8. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que este trabalho atingiu os objetivos propostos, uma vez que foi possível fazer análises da atual distribuição espacial dos alunos nas escolas públicas do município de Santa Luzia e ainda, avaliar uma possível distribuição satisfatória, de forma a melhor atender a classe estudantil do ensino público.

O emprego das ferramentas apresentadas neste trabalho pode ser muito útil como suporte a decisões no planejamento de distribuição espacial dos alunos nas escolas públicas, não se limitando apenas a estas, já que se poderia aplicar o mesmo método para quaisquer outros serviços que atendessem a outros tipos de demanda. De maneira geral, podemos dizer que SIG é um instrumento valioso no Planejamento Urbano.

Um fato importante e que deve ser lembrado é que hoje os órgãos públicos já podem contar com softwares livres, ou seja, softwares gratuitos de geoprocessamento e que podem ser baixados na internet sem qualquer ônus, o Spring é um exemplo e além de tudo foi um dos softwares utilizados no desenvolvimento deste trabalho, no qual possui ferramentas importantes e de grande valia para o planejamento urbano de um município.

A implantação de geoprocessamento não é inacessível ao município, mas não deve ser vista como uma despesa e sim como um investimento do município em produção de informação, que gerará, por sua vez, um retorno bastante rápido em termos de receitas, de políticas públicas e decisões. Os programas de computador para geoprocessamento podem funcionar em microcomputadores, podendo utilizar equipamentos comuns exceto em aplicações muito volumosas ou complexas. O custo dos programas não é muito diferente do custo de outros softwares, além do mais existem os softwares livres, como o Spring utilizado neste trabalho. Pode-se dizer que é possível treinar o pessoal da própria prefeitura para utilizá-los. Também há empresas no mercado que podem realizar projetos mais intensivos, de curta duração.

O geoprocessamento é um investimento com alta taxa de retorno para a prefeitura, e em geral a implantação do geoprocessamento e a atualização da base cadastral a ele associada trazem aumento da arrecadação da prefeitura, além dos benefícios financeiros, o geoprocessamento funciona como uma ferramenta de aumento da eficiência e da eficácia das ações da prefeitura. Aumenta a eficiência ao permitir decisões mais rápidas e facilitar o processamento de informações. Ao elevar o acervo de informações disponíveis para o governo municipal tomar decisões, o uso do geoprocessamento aumenta a capacidade operativa da prefeitura, em

termos de tempos de intervenção e em termos de qualidade das decisões. Os dirigentes e técnicos passam a dispor de mais conhecimentos sobre o município. Traz maior eficácia por permitir uma profundidade de análise que normalmente não é possível com as ferramentas tradicionais. Também permite o desenho mais adequado de políticas públicas, proporcionando melhor qualidade de gestão.

Levando o uso de informações a um patamar superior, o impacto não ocorre somente no seu uso direto. Passa a haver uma exigência maior de informações de qualidade, motivada pelas próprias aplicações que vão sendo implantadas e podem ser constantemente aperfeiçoadas.

Mas vale lembrar que os softwares em nenhum momento vão dar uma resposta pronta, apenas vão ser utilizados como apoio, mas sempre vai ser preciso “alguém” com senso crítico e conhecimento para operá-lo.

## 9. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

Barros Neto, J.F. (2002). Georedes e Georedes WEB: Sistemas de apoio à decisão espacial para modelos em redes georeferenciadas. Tese D.Sc., Engenharia de Produção COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

BRAVO F., F.; CERDA T, J. (1995) Tecnologia SIG Aplicada a Sistemas de Transportes.

DAVIS JUNIOR, Clodoveu Augusto. **Caminho Mínimo em Redes**. 5f.

Pizzolato, N.D. & Silva, H.B.F. (1993). Proposta metodológica de localização de escolas: estudo do caso de Nova Iguaçu. *Pesquisa Operacional*, **14**(2), 1-13.

Santos, M.A.; Nascimento, J. A. S. do 1992. *A Inserção da variável ambiental no planejamento territorial*. Revista de Administração Pública, 26 (1): 6-12

TEIXEIRA, AL. A.; MORETTI, E.;CHRISTOFOLETTI, A. (1992). Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica. Edição do Autor, Rio Claro - SP

VALDEPENÃ, J. R (1994). SIG na América Latina. Revista Fator GIS, Sagres Editora, n 05, p. 8-9