



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA

BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS
UTILIZANDO SOFTWARES LIVRES: O CASO DA CIDADE DE
MANAUS, AMAZONAS.

JAIRO RODRIGUES DOS SANTOS

MANAUS-Amazonas
2010



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA

BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS
UTILIZANDO SOFTWARES LIVRES: O CASO DA CIDADE DE
MANAUS, AMAZONAS.

JAIRO RODRIGUES DOS SANTOS

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração, Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa

Manaus – Amazonas
2010

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAM

Santos, Jairo Rodrigues dos.

Banco de Dados Geográfico da Arborização de Ruas Utilizando Softwares Livres: O Caso da cidade de Manaus, Amazonas / Jairo Rodrigues dos Santos– Manaus, AM: UFAM, 2010.

161 f..

Inclui referências.

Dissertação (Mestre em Ciências Florestais e Ambientais. Área de concentração em Gestão ambiental e áreas protegidas). Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa.

JAIRO RODRIGUES DOS SANTOS

**BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS
UTILIZANDO SOFTWARES LIVRES: O CASO DA CIDADE DE
MANAUS, AMAZONAS.**

Dissertação de Mestre, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração, Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa, presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Julio César Rodrigues Tello, membro
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Carlos Moisés Medeiros, membro
Universidade Federal do Amazonas

Dedico este trabalho primeiramente a Deus; a minha esposa Ediane, pelo incentivo e apoio; e ao meu professor Lizit, por compreenderem a minha ausência, durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Lizit Alencar da Costa, meu orientador, pelo apoio, paciência, credibilidade e compreensão que me proporcionou.

Ao Prof. Julio César Rodrigues Tello e aos colegas pelo apoio, atenção e contribuição em minha formação profissional.

A todos que contribuíram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

RESUMO

Atualmente, diversas prefeituras brasileiras apresentaram problemas quanto às condições em que se encontram seus sistemas cadastrais de arborização de ruas, principalmente quando se trata de município de pequeno e médio porte, onde são comumente encontradas defasadas, desorganizada e desatualizada. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um modelo cadastral de árvores, analisar e consultar no banco de dados da arborização de ruas por meio de quatro softwares não proprietárias de geotecnologia para gestão e tomada de decisão na arborização de ruas de Manaus, utilizando como estudo de caso o bairro do Centro. Nos dados adquiridos no laboratório de Estudo da Paisagem da UFAM foram identificadas 15 espécies em um total de 902 árvores, sendo mais frequentes: Oiti, Ficus, Flamboian, Castanhola, Manga. Com isso, pode-se concluir que os *softwares* livres são capazes de atender as exigências da gestão de arborização de ruas.

PALAVRAS - CHAVE: SIG. Software Livre. Banco de Dados. PostgreSQL. Arborização de ruas.

ABSTRACT

Currently, several Brazilian municipalities had issues regarding the conditions in which they find their cadastral systems of trees on streets, especially when it comes to city of small and medium businesses, which are commonly found outdated, disorganized and outdated. This work aims to develop a cadastral template tree, analyze and query the database about the trees on the streets by four non-proprietary software for management of Geotechnology and decision trees in the streets of Manaus, using as a study If the neighborhood of the center. In the data acquired in the laboratory for the Study of Landscape UFAM 15 species were identified in a total of 902 trees, the most frequent being: Oiti, Ficus, Flamboian, Castanhola, Manga. Thus, one can conclude that the free software are able to meet the demands of managing street trees.

KEY - WORDS: GIS. Free Software. Database.PostGreSQL.Planting of the streets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitetura de sistemas de informação geográfica	38
Figura 2. Exemplo de medida nominal e medida ordinal.....	43
Figura 3. Dualidade entre espaço absoluto e espaço relativo.	45
Figura 4. Exemplo de geo-campo e de conjunto de geo-objeto	46
Figura 5. As setes pontes de Kaliningrad e o grafo equivalente.....	47
Figura 6. Estrutura Matricial	48
Figura 7. A esquerda, grade regular com valores de temperatura em graus Celsius e, à direita, matriz temática com dados classificados (1="15-20 graus",2="20- 25 graus", 3="25-35 graus").....	48
Figura 8. Representações vetoriais em duas dimensões	49
Figura 9. Hierarquia de classes para estruturas vetoriais.....	51
Figura 10. Tela inicial do Geoserver.....	53
Figura 11. Arquitetura do Geoserver	54
Figura 12. Anatomia de uma aplicação MapServer.....	55
Figura 13. Componentes do Oracle Spatial.....	57
Figura 14. Exemplo de mapa com OpenLayers	58
Figura 15. Mapa de localização do bairro Centro, Município de Manaus.....	64
Figura 16. Tela principal do PGAdmin.....	71
Figura 17. Tela de criação do banco de dados	72
Figura 18. Tela de propriedades da tabela.....	73
Figura 19. Tela das colunas da tabela.....	74
Figura 20. Tela de criação da coluna da tabela.....	75
Figura 21. Ferramenta de importação de <i>shapefile</i>	75
Figura 22. Ferramenta de importação do SPIT	76
Figura 23. Tela de configuração de conexão com PostGIS	77
Figura 24. Tela do SPIT	79
Figura 25. Estereótipos para associação no modelo cadastral	81
Figura 26. Modelo cadastral definido.....	81
Figura 27. Distribuição espacial das espécies encontradas com QuantumGIS	87
Figura 28. Distribuição espacial das espécies encontradas com OpenJUMP.....	88

Figura 29. Distribuição espacial das espécies encontradas com gvSIG	89
Figura 30. Distribuição espacial das espécies encontradas com Kosmo	90
Figura 31. As 05 espécies de maior predominância.....	93
Figura 32. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / QuantumGIS....	95
Figura 33. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / OpenJUMP	96
Figura 34. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / gvSIG.....	97
Figura 35. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / gvSIG.....	98
Figura 36. As 05 espécies adultas de maior predominância	100
Figura 37. Distribuição espacial da copa por nota / QuantumGIS.....	103
Figura 38. Distribuição espacial da copa por nota / OpenJUMP	104
Figura 39. Distribuição espacial da copa por nota / gvSIG	105
Figura 40. Distribuição espacial da copa por nota / Kosmo.....	106
Figura 41. Distribuição espacial do tronco por nota / QuantumGIS.....	109
Figura 42. Distribuição espacial do tronco por nota / OpenJUMP	110
Figura 43. Distribuição espacial do tronco por nota / gvSIG.....	111
Figura 44. Distribuição espacial do tronco por nota / gvSIG.....	112
Figura 45. Distribuição espacial da raiz por nota / QuantumGIS.....	115
Figura 46. Distribuição espacial da raiz por nota / OpenJUMP	116
Figura 47. Distribuição espacial da raiz por nota / gvSIG	117
Figura 48. Distribuição espacial da raiz por nota / Kosmo.....	118
Figura 49. Distribuição espacial da condição geral por nota no QuantumGIS	121
Figura 50. Distribuição espacial da condição geral por nota / OpenJUMP	122
Figura 51. Distribuição espacial da condição geral por nota / gvSIG	123
Figura 52. Distribuição espacial da condição geral por nota / Kosmo	124
Figura 53. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / QuantumGIS..	127
Figura 54. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / OpenJUMP	128
Figura 55. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / gvSIG.....	129
Figura 56. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / Kosmo	130
Figura 57. As 05 (cinco) espécies compatíveis de maior predominância.....	132
Figura 58. Árvores que sofreram algum dano físico utilizando QuantumGIS.....	135
Figura 59. Árvores que sofreram algum dano físico / OpenJUMP	136
Figura 60. Árvores que sofreram algum dano físico / gvSIG	137
Figura 61. Árvores que sofreram algum dano físico / Kosmo.....	138
Figura 62. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / QuantumGIS	141

Figura 63. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / OpenJUMP	142
Figura 64. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / gvSIG	143
Figura 65. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / Kosmo.....	144
Figura 66. Árvores que necessitam de controle fitossanitário	146
Figura 67. Árvores que necessitam remoção por espécie / QuantumGIS.....	148
Figura 68. Árvores que necessitam remoção por espécie / OpenJUMP	149
Figura 69. Árvores que necessitam remoção por espécie / gvSIG	150
Figura 70. Árvores que necessitam remoção por espécie / Kosmo	151

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Tabela 1. Porte das árvores em função da largura das calçadas e recuo das casas..	27
Tabela 2: Distância de plantio do meio fio em relação à largura dos passeios.....	32
Tabela 3: Níveis De Escala Abordados	44
Tabela 4: SGBD's com suas respectivas extensões espaciais	52
Tabela 5. Dicionário de dados da tabela árvores	84
Tabela 6. Dicionário de dados da tabela spatial_ref_sys	84
Tabela 7. Dicionário de dados da tabela geometry_columns	85
Tabela 8. Dicionário de dados da tabela ruasquadra	85
Tabela 9. Espécies levantadas na arborização	91
Tabela 10. Diversidade das espécies adultas	99
Tabela 11. Diversidade das 5 espécies adultas de maior predominância	100
Tabela 12. Avaliação da condição qualitativa da copa das árvores	107
Tabela 13. Avaliação condição qualitativa do tronco das árvores	113
Tabela 14. Avaliação condição qualitativa da raiz das árvores	119
Tabela 15. Avaliação condições qualitativa geral das árvores	125
Tabela 16. Análise de compatibilidade entre árvores e o espaço disponível para o seu crescimento	131
Tabela 17. Análise de compatibilidade entre árvores e o espaço disponível para o seu crescimento	133
Tabela 18. Árvores que receberam algum tipo de danos	139
Tabela 19. Números de árvores que necessitam de tratamento	145
Tabela 20. Números de árvores que necessitam de remoção	152

Tabela 21. Números de árvores que necessitam de remoção por espécies	152
--	-----

Gráfico 1. Percentual de diversidade das espécies cadastradas	92
Gráfico 2. Diversidade das espécies adulta	99
Gráfico 3. Avaliação condição qualitativa da copa das árvores com alta qualidade..	108
Gráfico 4. Avaliação condição qualitativa do tronco das árvores com alta qualidade	114
Gráfico 5. Avaliação condição da raiz das árvores com alta qualidade.....	120
Gráfico 6. Avaliação condições qualitativa geral das árvores com alta qualidade.....	126
Gráfico 7. Análise de compatibilidade entre as árvores e o espaço disponível para o seu uso	131
Gráfico 8. Análise de compatibilidade das 5 espécies com alta compatibilidade	133
Gráfico 9. Árvores que receberam algum tipo de danos	139
Gráfico 10. Árvores que necessitam de algum tipo de tratamento	147
Gráfico 11. Árvores que necessitam ser removidas	152
Gráfico 12. Árvores que necessitam ser removidas por espécie.....	153

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	15
1.1. Introdução	15
1.1.1. Problemática	16
1.1.2. Justificativa e Hipótese de pesquisa	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos.....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1. Arborização Urbana	19
2.1.1. Áreas verdes.....	19
2.1.2. Arborização de ruas.....	25
2.2. Licenciamento de uso de Software	35
2.2.1. Software Livre	36
2.2.2. <i>Software</i> Código Aberto	36
2.2.3. Software gratuito	36
2.2.4. <i>Software</i> comercial.....	37
2.3. Aplicativos desenvolvidos para arborização Urbana.....	37
2.4. Sistemas de informação geográfica	38
2.5. Dados geográficos	39
2.5.1. Fontes e qualidade dos dados	39
2.5.2. Armazenamento e tipo de representação de dados.....	41
2.5.3. Espaço absoluto e espaço relativo.....	44
2.5.4. Modelo de Representação de dados espaciais	47
2.5.5. Estrutura vetorial	48
2.6. Tecnologias geoespaciais.....	52
2.6.1. Servidores de mapas	52
2.6.2. Base de dados	55
2.6.3. Cliente WebGIS	58
2.6.4. GIS Desktop.....	59

3. MATERIAIS E MÉTODOS	64
3.1. Área de estudo e seus limites	64
3.2. Materiais utilizados	65
3.3. Procedimento metodológico.....	65
3.3.1. Desenvolvimento do modelo cadastral	65
3.3.2. Geração do banco de dados, armazenamento e consulta do modelo cadastral no ambiente computacional.	70
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
4.1. O Modelo cadastral.....	81
4.2. Análise das consultas realizadas	86
4.2.1. Consulta 01: Distribuição espacial e predominância das espécies das	86
4.2.2. Consulta 02: População de árvores adultas.....	94
4.2.3. Consulta 03: Condições de qualidade de copa, tronco, raiz e no geral	101
4.2.4. Consulta 04: Compatibilidade do porte da árvore com o espaço físico	126
4.2.5. Consulta 05: Nível de danos físicos	133
4.2.6. Consulta 06: Necessidade de tratamento a ser realizada.....	139
4.2.7. Consulta 07: Necessidade de remoção	147
5. CONCLUSÃO	154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. Introdução

Plantadas ao longo das ruas, as árvores desempenham papel importante para a melhoria dos espaços recreativos da população e para a saúde física e mental do homem da cidade. Dentre os inúmeros benefícios que a presença da arborização urbana proporciona destacam-se a diminuição da poluição sonora, visual e atmosférica; absorção de dióxido de carbono e retenção de partículas sólidas em suspensão; proteção contra os ventos e chuvas; embelezamento das ruas, canteiros, praças e jardins; servem como atrativo para avifauna; absorvem parte dos raios solares proporcionando sombra aos pedestres e veículos além de refrescar o ar das grandes cidades tornando-o mais saudável (Roberts, 1980; Costa, 1992; Silva *et al.*, 2008).

As superfícies pavimentadas ou edificadas refletem de 15 a 50% da radiação de onda longa sobre elas incidente (ALBRECHT, 1998 apud SATLER, 1992). É comprovado que grandes áreas construídas, onde o solo foi impermeabilizado, e ainda onde há poucas árvores, formam ilhas de calor (ALBRECHT, 1998 apud SATLER, 1992).

A arborização urbana tem influência benéfica, do ponto de vista de amenização dos efeitos da densidade de áreas edificadas sobre o clima, no aumento do sombreamento, diminuição da temperatura do ar, diminuição da velocidade do vento, fatores estes que reduzem significativamente o dispêndio energético de aparelhos de ar condicionado e outros sistemas de refrigeração de ar (USDA, 2000). No entanto para árvore isoladas, não registraram-se grandes interferências climáticas sobre o entorno; porém, em grupos ou distribuídas, podem ter substancial influência na melhoria climática, contribuindo para a condição humana de conforto (ALBRECHT, 1998 apud GREY & DENEKE, 1978 e SHUBERT, 1979).

Esses benefícios exigem maior cuidado no planejamento da arborização de ruas com aplicação de técnicas de planejamento adequadas e estudos silviculturais adaptáveis às áreas urbanas com a finalidade de gerar informações quali-quantitativas que darão subsídio para avaliações futuras, replanejamento e manejo das árvores de ruas e áreas verdes públicas das cidades (Costa, 1992). Este

tratamento planejado possibilita um monitoramento permanente dos espaços disponibilizados para a arborização, fazendo com que os benefícios trazidos pelas árvores passem a ser permanentes e não mais transitórios (Marengo, 1994).

Neste contexto, a realização de levantamentos quali-quantitativos geram grande volume de informações, necessárias para um adequado manejo da arborização, o que exige uma melhor otimização da organização, processamento e gerenciamento dos dados coletados, por meio do uso de sistemas computadorizados. Os trabalhos realizados por Takahashi (1992), Marengo, (1994) e Goodwin (1996), são alguns dos poucos desenvolvidos com este fim e citados pela literatura. O primeiro autor estruturou um banco de dados para o cadastro total das árvores das ruas da cidade de Maringá-PR e o segundo para Recife e salientaram a importância para o monitoramento e manejo da arborização urbana dessas cidades. Já o último realizou o inventário das árvores localizadas no Sistema Viário da cidade de Massachusetts utilizando Sistemas de Informações Geográficas, mostrando-se as potencialidades da utilização dessas ferramentas com este fim.

Trabalhos com aplicação das ferramentas geotecnologias, como Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas e Sistema de Posicionamento Global no inventário e manejo da arborização urbana, são ainda incipientes no Brasil, principalmente na região norte onde a utilização de Sistemas de Informações Computadorizados é para muitos uma técnica desconhecida, poucas cidades têm um completo ou parcial inventário de suas árvores e mais raras são as que possuem um plano de arborização definido. A disseminação da Internet no cotidiano e a crescente popularização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o avanço da Tecnologia de Informação (TI) e os recursos dos programas voltados para esse contexto, possibilitaram a interação dos SIG com a Internet. Dessa forma, o uso da informação geográfica deixa de ser uma exclusividade de técnicos altamente especializados, e passa a fazer parte de processos de decisão que envolve desde o nível operacional, até os níveis de gerência e diretoria.

1.1.1. Problemática

Atualmente, a maioria dos municípios brasileiros apresentam problemas na gestão da arborização de ruas; no planejamento e controle da plantação das espécies adequada ao local físico; porte das árvores adequado ao local, requisitos

estes que são de extrema importância para o seu desenvolvimento, já que há falta de organização e conhecimento de detalhes da ocupação e utilização do território.

Outro grande problema em diversas prefeituras de municípios de pequeno e médio porte, é que na maioria delas, as bases de dados encontra-se desorganizada, desatualizada e em formato analógico.

Uma problemática não pouco comum é a coleta de dados de todas as informações que irão alimentar o banco de dados, tanto alfanuméricas quanto as geográficas, já que muitas vezes há total inexistência de informações especializadas, que são de extrema importância a um bom e consolidado sistema cadastral. Porém, o que é observado nas organizações públicas é que nem sempre essas coletas dos dados são efetuadas de forma eficiente.

Em função do grande volume de informações necessárias para manejo da arborização de ruas, é indispensável que ela esteja organizada por meio de um sistema computadorizado para manter um maior controle de forma organizada. TAKAHASHI (1992) elaborou banco de dados para o cadastro total das árvores de Maringá-PR e salientou sua importância para o manejo da arborização urbana.

Com a disseminação das comunidades de *softwares* livres e os altos custos das licenças de aquisição de *softwares* proprietárias para manipulação de dados geográficos, essas comunidades vem se movimentando em desenvolver soluções que atenda essas necessidades através de geotecnologias livres, podendo comunicar com outros *softwares* proprietários.

Atualmente existe uma variedade de ferramentas geotecnológicas livres que podem ser utilizados para manipulação de grande volume de dados, podendo ser no nível de desktop e servidores de mapas.

1.1.2. Justificativa e Hipótese de pesquisa

A situação atual das prefeituras é realmente precária, e necessita-se de maior apoio por parte dos governos federal e estadual e dos centros de ensino e pesquisa, o que motiva a realização desse trabalho, a fim de minimizar os esforços de projetistas e gestores, aumentando-se a eficiência em sistemas cadastrais de árvores de ruas para pequenas e médias prefeituras.

Este trabalho propõe a estruturação de um banco de dados geográfico que possibilitará organizar o grande volume de dados obtidos do levantamento qualitativa da arborização de ruas, além de analisar e realizar consultas ao banco de dados. Dessa forma pode-se realizar uma gestão eficaz quanto ao planejamento da arborização de ruas.

O uso dos *OpenGIS*, o *QuantumGIS*, *gvSIG*, *Kosmo* e *OpenJump* foi adequado nas consultas ao volume de dados organizados de arborização de ruas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

- Desenvolver, consultar e analisar um banco de dados geográfico da arborização de ruas do centro da cidade de Manaus por meio de softwares livres.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a. Desenvolver um modelo cadastral georreferenciado com as variáveis qualitativas da arborização de ruas para o centro da cidade de Manaus, Amazonas;
- b. Aplicar o modelo cadastral e realizar análise e consultas por meio de softwares livres;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Arborização Urbana

Segundo GREY & DENEKE (1978) a arborização urbana compreende o conjunto de terras públicas e particulares com cobertura arbórea que uma cidade apresenta. Por sua vez, MILANO (1988) a dividiu em pública e privada, sendo a pública subdividida em arborização de ruas e áreas verdes, incluindo neste contexto, as áreas livres em geral não impermeabilizadas, como áreas gramadas, lagos, jardins, entre outras.

Desta forma, LAPOIX (1979) definiu espaço livre como sendo espaços não construídos e não destinados a grandes infraestruturas no interior e nas proximidades dos setores reservados a construção, estando incluídas, as áreas verdes de todas as dimensões: Florestas periféricas em volta das cidades, bosques, planos de água, caminhos abandonados, estradas rurais, terrenos de esporte, jogos etc.

De acordo com a definição adotada pelo grupo "ESPAÇOS ABERTOS", do centro de pesquisa de urbanismo, citado por LAPOIX (1979), um espaço aberto (livre), corresponde a uma porção de território, situada no interior de uma região, seja em razão de seu estado inicial (agricultura e passeio) seja em função de um manejo (parques, praças, jardins, alamedas e passeios). Por extensão, são também, os espaços minerais não construídos, como ruas para pedestres, caminhos marginais para sirgagem de embarcações, atalhos etc. Os espaços abertos (livres) são, pois, bastante diversificados: Pequenos ou grandes, urbanos ou rurais, permanentes ou temporários, já afetados por manejo ou não, públicos ou particulares.

2.1.1. Áreas verdes

2.1.1.1. Definição e abordagem classificatória

Nas bibliografias nacionais e internacional consultada, nota-se uma preocupação em aproximar o termo áreas verde ao de espaços livres ou abertos, resultando em uma confusão conceitual. GRIFFITH & SILVA (1987), definiram área verde como

sendo, uma paisagem natural pouco alterada no seu estado original ou uma paisagem quase inteiramente artificial, com pouca evidência de jardinagem ou arborização. Sendo qualificados como áreas verdes, não apenas parques, praças e bosques, mas também cemitérios, aeroportos, corredores de linhas de transmissão de água, esgoto e energia elétrica, faixas de domínio legal para vias públicas de transporte, estradas, ferrovias, as margens de córregos, rios e outras áreas alagadas, depósitos abandonados de lixo e áreas de tratamento de esgoto. A conceituação de áreas verdes tende a convergir para a de espaços livres ou abertos.

Entretanto, DETWYLER & MARCUS (1975) dividiram as áreas verdes em 4 tipos:

- a) Florestas intersticiais: representada pela vegetação arbórea nem sempre contínua, que divide o espaço com as edificações das ruas e quintais dos chamados "BAIRROS JARDINS" ou "BAIRROS ARBORIZADOS".
- b) Os parques e zonas verdes: representados como manchas ininterruptas de vegetação, frequentemente abertas ao público e destinados à recreação.
- c) Os jardins.
- d) Canteiros ou gramados intersticiais

Normalmente, as abordagens classificatórias das áreas verdes, são as mesmas, dos espaços livres ou abertos. GRONING (1976) dividiu os espaços livres em três tipologias:

- a) Espaços livres de uso particular: quintais, jardins particulares etc.
- b) Espaços livres de uso potencial coletivo: Terrenos baldios urbanos não cercados, pátios de escola, pátios de igrejas, clubes etc.
- c) Espaços livres de uso público: seriam os acessíveis livremente ao público em geral.

Já RICHTER (1981) propôs os espaços livres urbanos em forma de categorias que são as seguintes: Jardins de representação e decoração, parques de bairro, parques distritais, parque metropolitanos, parques de vizinhança, áreas de produção agrícola, áreas para proteção da natureza, verde de acompanhamento viário, cemitério e áreas de uso especial como jardim botânico, jardim zoológico e áreas institucionais.

2.1.1.2. Função da vegetação

Segundo LAPOIX (1979), não é possível comparar a reação de uma árvore isolada, com a de um bosque e ainda menos com a de uma floresta.

Os espaços verdes têm funções importantíssimas, tanto mais quanto estejam distribuídos por entre toda a massa construída, entre as áreas residenciais e as de trabalho, dentro daquelas como dessas, não adiantando concentrar os referidos espaços em determinados pontos da cidade, esquecendo outras áreas. Nesse aspecto, não deve ser perdido de vista que, o espaço verde é uma ligação dinâmica entre o meio urbano, o rural e mesmo o natural, não devendo os elementos vegetais de organização de esse espaço ser reduzidos a colocações de ordem predominantemente estéticas, devendo ser levado em conta, que deve ser um sistema ecológico onde participam componentes da biocenose, assim como do biótopo, em um esforço de tentar equilibrar um sistema artificial (BRUCK & CARDOSO, 1982).

Cabe ressaltar, o importante papel desempenhado pela vegetação, sobretudo nas cidades tropicais, no tocante a proteção contra a insolação prolongada, e sugere-se a utilização de "abrigos naturais" na redução do conforto térmico causado pela urbanização. A vegetação desempenha importante papel nas áreas urbanas, no que se refere à qualidade ambiental. Através da vegetação pode-se avaliar a qualidade de vida urbana (MONTEIRO, 1982).

No verão, as árvores funcionam como um verdadeiro ar condicionado natural e atuam melhorando a temperatura do ar através da evapotranspiração, garantindo a estabilidade emocional, interceptando, absorvendo, refletindo, transmitindo radiação solar, captando e transpirando água, interferindo com a velocidade e direção dos ventos e quebrando a monotonia das cinzas dos prédios (SANTIAGO, 1970; HEISLER, 1974; GREY & DENEKE, 1978; SCHUBERT, 1979).

Pesquisando sobre os aspectos ecológicos e psicológicos da presença da vegetação nas cidades, GOLD (1977) concluiu que as árvores aumentam a satisfação dos usuários de parques e bairros, contribuem para o aumento do valor das propriedades e proporciona um estímulo a sensibilidade humana.

A vegetação urbana contribui ainda para a melhoria dos espaços recreativos da população (GOLD, 1977), para a saúde física e mental do homem da cidade (LAPOIX,

1979) e constitui atrativo econômico para o comércio e para o turismo (BARTENSTEIN, 1981).

Segundo LAPOIX (1979), o problema considerado de menor importância, há alguns anos, a política de áreas verdes urbanas, tornou-se, sobre pressão da opinião pública, em reativo social cheio de ensinamentos. Gradativamente cresce a importância das árvores dentro do contexto de urbanização, sendo um reflexo do modo de vida humano, tentando harmonizar-se com o ambiente que o envolve.

2.1.1.3. Índices de áreas verdes, distribuição espacial e avaliação qualitativa

Os administradores e políticos responsáveis pelos parques frequentemente argumentam que o sucesso de um determinado sistema de áreas verdes pode ser medido por seu índice de quantidade de espaço verde por habitante. Embora a simplicidade deste índice permita ao público compreender perfeitamente seu conceito, ele nada indica sobre a qualidade da experiência do visitante ou do observador destas áreas. A medida baseia-se no número total de hectares e não em sua área efetiva de uso (GRIFFITH & SILVA, 1987).

Admitindo-se que índices quantitativos, isoladamente, normalmente expressam pouco da realidade da arborização urbana e que caracterizações qualitativas amplas, são muitas vezes duvidosas pela dificuldade de obtê-las, somente avaliações e análises combinadas possibilitam considerações efetivamente úteis (MILANO, 1988).

Na avaliação das características de qualidade das áreas verdes, deve-se levar em conta: sua localização; o tipo de espaço verde; a distribuição espacial das diversas formas de uso do solo; o seu estado de urbanização e conservação através das condições dos pisos, da iluminação, dos equipamentos de serviços, dos elementos de vegetação e sua forma de distribuição.

Segundo BRUCK (1982), deve ser encarado como importante os espaços livres e, por consequência, os espaços verdes para o manejo do território, tendo em vista a sua ligação dinâmica entre o meio urbano, rural e natural, através de uma organização estética e ecológica.

Já LAPOIX (1979) e POLAND (1973) consideraram fundamental uma homogênea distribuição espacial das áreas verdes dentro da malha urbana, sob o ponto de vista ecológico e socioeconômico, principalmente, no que se refere à recreação. Assim, LAPOIX (1979) constatou que não adianta concentrar o conjunto de áreas verdes num

só ponto da cidade, sendo preferível, que os espaços abertos sejam diluídos por todo o meio construído.

BRUCK (1982) considerou que deve ser dado um enfoque de atendimento sócio ecológico em seus aspectos mais amplos, participando desse contexto, os denominados parque de bairro e parque distrital. O primeiro deve proporcionar lazer passivo e ativo e, nesse caso, deve atingir uma faixa etária que inclui o adulto, proporcionando suficiente área verde e solo permeável, de modo a cumprir uma finalidade ambiental, devendo possuir uma área mínima de 10 ha e uma distância máxima de 1000 metros em relação ao usuário. O segundo (parque distrital), deve também proporcionar lazer ativo e passivo, oferecendo ao usuário, maiores opções de recreação que incluam, inclusive, os de caráter cultural, proporcionando suficiente área verde e solo permeável, de modo a cumprir uma finalidade ambiental, com área mínima de 100 ha e uma distância superior a 1000 metros em relação ao usuário.

Segundo MILANO (1988), os índices, em termos percentuais, apresentam ora um caráter fundamentalmente ambiental, quando relacionados em termos percentuais de área urbana, e ora um caráter predominantemente social, quando relacionados com a recreação pública e definidos em relação ao número de habitantes. Um exemplo, segundo POLAND (1973), é o adotado pela associação nacional de recreação dos Estados Unidos que é de 28 m² de área verde por habitante.

Nesse sentido, é preciso conhecer-se tanto a quantidade, como a distribuição da vegetação no meio urbano, sua situação em termos de propriedade e, se possível, suas características de qualidade (MILANO, 1988).

2.1.1.4. Planejamento

A finalidade do planejamento das áreas verdes deveria ser o de achar um equilíbrio entre o potencial natural dessas áreas e as necessidades da sociedade, devendo-se frisar que este potencial natural é limitado, tanto quantitativamente, como qualitativamente e oferece uma diferenciação local e regional muito pronunciada. Por outro lado, a exigência da sociedade se altera de acordo com as necessidades e com o tamanho e forma dessas unidades de área.

Segundo LAPOIX (1979), não basta, porém estabelecer uma tipologia com referência a esses espaços. O bem da eficácia é necessário fornecer normas e indicações sobre o modo como esses espaços devem distribuir-se dentro do tecido

urbano. No caso específico das áreas verdes públicas, segundo GRIFFITH & SILVA (1987) é necessário organizar essas unidades na forma de um sistema, onde a sua função principal, seja a de possibilitar a população momentos de recreação em contato com a natureza, também, garantir a vivência urbana em contato com outras pessoas, num ambiente descontraído. Sendo importante, porque segundo MEDEIROS (1975) muitas pessoas que migram para os grandes centros, gostam mais da cidade do que de lugares que lembram suas origens rurais.

GRIFFITH & SILVA (1987) citaram que mesmo menores e mais caras, as áreas centrais podem ser mais importantes para transformação em áreas verdes do que as áreas da zona rural da periferia das cidades. No entanto, é necessário frisar que em decorrência da urbanização não planejada, muitas cidades não dispõem de áreas consideradas centrais, sendo neste caso, importante, a aquisição de áreas na periferia que, por sua vez, teriam que ser tratadas e estruturadas pelo setor público, antes de serem transformadas em áreas construídas e urbanizadas.

Quanto ao planejamento, MEDEIROS (1976) disse que o sistema de recreação pública deve integrar-se no plano geral do município (plano diretor), para funcionar efetivamente. Já HASBROUCK (1974), HUDSON (1979) e CATANESE (1973) questionaram a validade do modelo compreensivo de planejamento, pois não é considerado as restrições de rendimento das instituições que terão que executar o plano, principalmente nos países em desenvolvimento. Por sua vez, WHITE (1968) questionou o uso das formas geométricas (anéis concêntricos, corredores arranjados como cunhas ou eixos, um xadrez verde circundando os bairros da cidade e outras), porque produz um exagero de escala e não consideram as variações e a aptidão do terreno.

Um exemplo, segundo WHITE (1968), é o cinturão verde londrino, que possuindo grande escala e com a pressão imobiliária da periferia, provoca ressentimento em muitas pessoas da região, que consideram os terrenos ociosos e gostariam de vê-los aproveitados por algum uso público ou privados mais benéficos para a população.

Assim sendo, GRIFFITH & SILVA (1987) propuseram um planejamento orgânico do sistema de áreas verdes, feito com criatividade sensibilidade social e ecológica, ocorrendo discussão e negociação das decisões, em todas as fases do planejamento e da execução. Porém, sempre orientado por objetivos específicos, prevendo o aproveitamento dessas áreas, sem necessidade de amarrar sua implantação a um

grande plano para a cidade, o que possivelmente, seria inoperante. Também, buscando avaliar o sistema através dos aspectos como forma, qualidade e distribuição das áreas, aliado a tomada de decisões para racionalizar os recursos disponíveis, estabelecendo credibilidade dentro e fora da prefeitura e ida em busca de apoio externo.

2.1.2. Arborização de ruas

Com o surgimento de cidades, a vegetação natural foi gradativamente sendo substituída por elementos da infraestrutura urbana, constituídos basicamente por concreto, cerâmica, metais, vidro e asfalto. As cidades, principalmente as mais desenvolvidas, ao terem seus componentes urbanos construídos com estes materiais, têm como resultante grandes superfícies com elevado índice de refletância, bem como a impermeabilização quase total dos solos (KIRCHNER & DETZEL & MITISHITA, 1990).

Assim, levando-se em conta estes problemas, a presença das árvores de ruas, possibilita um conforto maior para as pessoas, em decorrência, da melhoria microclimática, estética e da diminuição da poluição. Sendo o bom planejamento, o responsável pela distribuição destas vantagens.

Entretanto, a arborização de rua não deve ser concentrada em uma única região e sim, distribuída qualitativamente e quantitativamente em toda a área da cidade, de forma que os benefícios em decorrência da presença das árvores sejam uniformizados.

Assim sendo, a arborização de uma cidade, deve ser fundamentada em critérios técnico-científicos, considerando: os aspectos culturais e históricos da população local; suas necessidades e anseios, aliados a uma análise das atividades desenvolvidas (indústria, comércio e habitação); a infraestrutura (rede elétrica, de água, esgoto etc); o perfeito conhecimento das condições locais, além do espaço físico disponível e da vegetação; uma criteriosa escolha de espécies; e a planificação do plantio e manutenção das árvores (MILANO, 1988; HOEHNE, 1944; SCHUBERT, 1979; CESP, 1988).

Assim, todas as informações obtidas a partir desse levantamento, seriam analisadas e resultariam no plano geral que iria determinar os locais a serem

arborizados, os espaçamentos a serem obedecidos e os tipos de árvores a serem plantadas (MILANO,1988; HOEHNE,1944; SCHUBERT, 1979; CESP, 1988).

2.1.2.1. Danos e fatores de desenvolvimento das árvores

Segundo SANTIAGO (1970), vários são os fatores que impedem o bom desenvolvimento das árvores de rua e os fatores mais comuns são: a compactação do solo para a pavimentação ou fundação de prédios, aliado aos depósitos de resíduos de construção e entulhos no subsolo; a pavimentação do leito carroçável e das calçadas; a poluição do ar com a suspensão de resíduos industriais; a fumaça do escapamento de veículos automotores e de chaminé de indústrias; as podas drásticas; e a abertura de valas junto as árvores mutilando o seu sistema radicular.

No entanto, deve ser acrescentado os danos que as árvores sofrem devido a iluminação artificial das cidades, o vandalismo e o intenso fluxo de veículos e pedestres.

TATTAR (1978) citou que às injúrias causadas às raízes e ao tronco por alteração do nível do solo e ação mecânica, as injúrias causadas por linhas de transmissão abaixo ou próximo as árvores através de descargas elétricas e as causadas por construções, são os danos físicos mais comuns, que ocorrem nas árvores no meio urbano.

Segundo BRUCE (1977), o crescimento das plantas é influenciado pelo fator luz, através da sua intensidade, do comprimento de onda e do fotoperíodo. GREY & DENEKE (1978) e ANDRESEN (1976), afirmaram que a iluminação das vias públicas tem se intensificado nos últimos anos por razões de conforto e segurança e que a iluminação permanente, em decorrência das luzes artificiais, podem afetar adversamente o crescimento e a sobrevivência das árvores sobre várias formas de stress.

Assim sendo, GREY & DENEKE (1978) citaram que apesar do homem ser o responsável pela reposição do verde nas ruas, ele poderá ser também o maior causador de perdas e danos na arborização. Em Melbourne, YAU (1982) apontou o vandalismo, como sendo o primeiro problema a afetar o estabelecimento de árvores jovens nas ruas e o considera como um problema puramente social, e que pode ser remediado através de uma educação formal em escolas e centros comunitários. Também os danos causados às árvores são devidos ao fluxo de veículos de grande

porte, e geralmente, são plantadas em ruas onde o trânsito é permitido a veículos pequenos. Quando ocorre uma mudança no porte dos veículos, sérios danos são causados às árvores. Por sua vez, FOSTER (1977) observou em uma rua de Boston que 61% das árvores nas calçadas foram danificadas por automóveis e 33% foram vandalizadas por pedestres ou tiveram seus galhos quebrados.

2.1.2.2. Características do local

Segundo MIRANDA (1970), o estudo cuidadoso das condições locais e a utilização de espécies adequadas às situações encontradas tornam possível evitar problemas futuros e atingir os objetivos da arborização.

As condições do ambiente onde se pretende implantar a arborização, devem ser bem conhecidas. As características dos passeios, a largura e a direção das ruas e avenidas, altura de construções, a presença de fiação aérea e subterrânea, o movimento de veículos e sua natureza, bem como o calçamento e a topografia são alguns dos fatores a serem considerados por ocasião do planejamento da arborização (BALENSIEFER & WIECHETEK, 1985).

Segundo MIRANDA citado por BIONDI (1985), somente as ruas com mais de 7 metros de largura devem ser arborizadas, considerando-se a largura das calçadas e o recuo das casas (TABELA 1). Não é recomendada a arborização de ruas comerciais. Nas calçadas com menos de 3m com casas sem recuo, a utilização de árvores também não é recomendada devido ao pequeno espaço para pedestres.

LARGURA DA CALÇADA	RECUO DA CASA	PORTE DA ÁRVORE
Menos de 3 metros	sem recuo 4 metros	Médio
Mais de 3 metros	sem recuo 4 metros	Médio e Grande

Tabela 1. Porte das árvores em função da largura das calçadas e recuo das casas
Fonte: adaptado de Miranda.

BALENSIEFER & WIECHETEC (1985) e SOUZA (1973) recomendaram plantio de espécies de menores portes, em ruas com o máximo 8m de largura com 2,5m de calçada e plantio de espécies de maiores porte, em ruas com mais de 8m de largura e com mais de 2,5m calçadas. Também, consideraram que é possível plantar árvores de grande porte, em canteiros centrais de avenidas, porém recomenda-se:

- a) Não plantar árvores, nem cimentar ou ladrilhar em canteiros centrais cuja largura seja inferior a 1(um) metro e onde hajam postes de iluminação, com fiação aérea.
- b) Plantar árvores, com tronco sem ramificação até no mínimo 1(um) metro em canteiros centrais, com largura variável de 1(um) a 4(quatro) metros. WYMAN (1972) considerou que o planejamento urbano deveria prever uma faixa de 2,40 a 3,60m de área gramada de calçada, reservadas para o plantio nas ruas. A CESP (1988) estabeleceu que as calçadas circundando praças devem ficar isentas de arborização.

SCHUBERT (1979) e BALENSIEFER & WIECHETEC (1985) consideraram a altura, a posição da fiação aérea e a profundidade das instalações subterrâneas, como dados básicos para a definição do porte adequado de árvore a ser utilizado, da posição de plantio e mesmo, se é possível realizar a arborização.

Segundo PALERMOJUNIOR (1987) a coexistência harmônica da arborização urbana com o sistema elétrico só será possível se houver um planejamento prévio, tanto por parte do poder público estadual, através da concessionária de energia elétrica que irá implantar e explorar os seus serviços no estado, como, por parte do poder público municipal, que irá implantar e manter a arborização de ruas, praças, parque e jardins de uma cidade. E essa coexistência é necessária, pois, ambos os serviços são imprescindíveis nos dias de hoje.

Por sua vez, SCHUBERT (1979) considerou a fiação aérea e as redes subterrâneas limitantes para o plantio de árvores, ocorrendo restrição de tamanho e do tipo de raiz.

2.1.2.3. Características gerais na escolha das espécies

Na escolha das espécies propícias para a arborização é necessário considerar que:

- a) O estudo cuidadoso das condições locais e a utilização de espécies adequadas às situações encontradas tornam possível evitar problemas futuros e atingir os objetivos da arborização (MIRANDA, 1970).
- b) Além do aspecto estético e paisagístico é necessário considerar a forma e dimensão da copa, tipo de folhas, flores, frutos, rapidez de crescimento,

adaptabilidade climática, raízes, altura de árvore e resistência a pragas, doenças e poluição (MIRANDA, 1970; SOUZA, 1973; SANTIAGO, 1970; VIEDMA & CORRÊA, 1979; BALENSIEFER & WIECHETEK, 1985).

WYMAN (1972) considerou as formas de copa colunares e as circulares as mais adequadas. GREY & DENEKE (1978) concordaram que, com exceção das formas piramidal e pendente, a maioria delas é considerada adequada para a arborização de ruas. Já MIRANDA (1970) recomendou, em locais de clima tropical, utilizar espécies de copas densas e em locais frescos e úmidos, utilizar espécies de copa rala e de folhas caducas.

Os troncos e ramos devem ter pouco volume, sendo preferencialmente desprovidos de espinhos e suficientemente resistentes, para que suportem o peso dos ramos e fortes ventos, sem lascar ou tombar (BELENSIEFER & WIECHETEK, 1985).

WEBSTER (1971) e PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (1974) citaram que as árvores deverão ter um tronco livre de ramificações até a altura mínima de 1,80m e nas ruas que possuam canteiros centrais com largura de 1 a 4m, devem-se plantar árvores com tronco livre de ramificação até 2m no mínimo.

Nas cidades localizadas em regiões que possua as estações do ano bem definida, as árvores de folhas pilosas e as de folhas grandes que apresentam caducidade durante o outono e inverno, devem ser evitadas, pois causam o entupimento de calhas e bueiros. Considerando-se este aspecto, as espécies de folhas menores devem ser mais indicadas.

As flores devem ter um tamanho normal, não deve exalar perfume muito acentuado e nem devem ser atrativas para uso como enfeites de vasos. Devem ter frutificação leve e não deve ser comestíveis. As flores grandes e escorregadias, não devem ser usadas, porque podem provocar quedas de transeuntes. Não é recomendado, o plantio de árvores frutíferas e de espécies com princípios tóxicos, por serem, respectivamente, estas susceptíveis à depredação e possíveis de provocar reações alérgicas nas pessoas (MIRANDA, 1970; SOUZA, 1973; SANTIAGO, 1970; BALENSIEFER & WIECHETEK, 1985).

SOUZA (1973) recomendou a utilização de espécies com crescimento regular. Já MIRANDA (1970) afirmou que o desenvolvimento muito rápido das árvores, apesar de satisfazer aos encarregados da arborização, não deve ser considerado ideal, pois as

árvores tendem a ficar com uma constituição frágil, além de aumentar os custos com podas constantes. Segundo SOUZA (1973), MIRANDA (1970) e SANTIAGO (1970), o sistema radicial de árvores de ruas, deve ser pivotante e profundo, de forma a não prejudicar calçadas, muros e canalizações.

SCHUBERT (1979) considerou a necessidade de se conhecer a altura das árvores adultas, pois, se este fator não for considerado, quando a árvore atingir a altura máxima, poderá danificar construções próximas, calçadas e até mesmo trazer danos a si próprios.

Das outras características que as árvores de ruas devem apresentar, destaca-se a rusticidade para suportar as precárias condições do meio e a resistência a pragas e doenças. Uma das formas mais importante de controle de doenças é a obtenção de árvores resistentes, sendo isto possível, através de seleção e hibridação. A utilização de espécies resistentes é importante, tanto na estética como na redução dos custos de manutenção. Além disso, evita-se o uso de produtos fitossanitários, muitas vezes desaconselhados em vias públicas (HIMELICK, 1976; SANTIAGO, 1970; SOUZA, 1973).

2.1.2.4. Plantio

As mudas destinadas à arborização poderão passar por certo período de acondicionamento e desenvolvimento. Durante este período, ficam expostas à ação dos fatores climáticos, desenvolvendo-se em condições semelhantes às do local definitivo, em áreas apropriadas e sem maior proteção, adquirindo desse modo resistência natural contra as adversidades do clima, ou simplesmente embalada em recipientes grandes, de aproximadamente 20 litros (BALENSIEFER & WIECHETEK, 1985).

Segundo BIONDI (1985), como em qualquer plantio, as mudas à utilizar devem ser de boa formação e de adequadas condições sanitárias. Devem estar em recipientes apropriados, como jacás ou embalagens grandes, evitando-se o transporte de mudas em torrão ou raiz nua, dado o risco de danos no sistema radicular.

As mudas produzidas em viveiro, segundo BALENSIEFER & WIECHETEK (1985) e SOUZA (1973), devem apresentar as seguintes características ao serem levadas para o local definitivo: completamente sadias e sem defeitos, tais como troncos curvados ou com intensa ramificação baixa; boa brotação onde se evidenciam os

ramos principais da copa; as mudas em raiz nua que ficaram acondicionadas são desenterradas, permanecendo as raízes envolvidas com terra, em seguida envolve-se o sistema radicular com bloco de terra em saco plástico ou de aniagem, amarrando-o firmemente para evitar o destorroamento e as mudas formadas em recipientes, são removidas com o mesmo; tronco de pelo menos 2m de altura, do qual já se destacam os ramos principais da futura copa, em número de dois a quatro.

A altura mínima de mudas, recomendadas por MIRANDA (1970), é de 3m e de 1,80m por BALENSIEFER & WIECHETEK (1985). Embora o período das chuvas seja considerado como ideal para o plantio, é possível a sua realização em outras épocas. É necessário, contudo, o fornecimento periódico de água às mudas, até o completo pagamento (MIRANDA, 1970).

Quanto ao espaçamento SOUZA (1973) e MIRANDA (1970) indicaram espaçamentos de 7 a 10m para árvores pequenas e 10 a 15m para árvores grandes. No entanto, COZZO (1950) indicou espaçamentos de 6 a 12m independente do porte da árvore. Já WEBSTER (1971) considerou que as árvores de porte pequeno, médio e grande devem ter espaçamentos de 9m, 12m e 15m respectivamente e recomenda para os casos que há fiação aérea, utilizar árvores de pequeno e médio porte com espaçamento de 9m.

Ainda segundo WEBSTER (1971), as árvores devem também estar perfeitamente alinhadas, paralelamente a rua e em posição perpendicular às do lado oposto, numa distância constante. No entanto, WYMAN (1972) disse que as árvores devem ser plantadas nos dois lados da rua, de forma alternada onde as de porte pequeno e grande devem possuir espaçamentos respectivos de 11m e 23m ou mais. SOUZA (1973) sugeriu em casos de calçadas largas, o plantio de árvores frondosas com espaçamento de 10 a 15 metros. Já SANTIAGO (1970) sugeriu para ruas largas um espaçamento de 10 a 12m com recuo de 30 a 40cm do meio fio, e para ruas e calçadas estreitas, o espaçamento de 5 a 7m utilizando-se árvores de porte médio.

WYMAN (1972), indicou a necessidade mínima de 6 m² de área livre ao redor da base de cada árvore e espaçamentos que variam de 10m entre árvores pequenas até 22m ou mais entre árvores grandes. No entanto a CESP (1988) sugeriu apenas 1 m² de área livre. De acordo com BALENSIEFER & WIECHETEK (1985), a distância da muda até o meio fio, está em função da largura dos passeios (TABELA 2).

LARGURA DOS PASSEIOS (METRO)	DISTÂNCIA MIN. AO MEIO FIO (METRO)
De 1,80 á 2,50	0,80
De 2,51 á 3,00	1,00
Mais de 3,00	Mais de 1,00

Tabela 2: Distância de plantio do meio fio em relação à largura dos passeios

Fonte: BALENSIEFER & WIECHETEK, 1985.

Porém WEBSTER (1971) não especificou esta relação e disse que as árvores devem situar-se tão longe das construções quanto possível e não muito próximas ao meio fio. O departamento de parques e jardins da prefeitura municipal de Curitiba, citado por MILANO (1984), recomendou guardar uma distância mínima de 1m do meio fio e 5m das construções.

SOUZA (1973) e MIRANDA (1970), quanto às covas, recomendaram dimensões de 50x50x50cm devendo aumentá-las quando forem piores as condições físicas e químicas do solo. BALENSIEFER & WIECHETEK (1985) para esses casos, recomendaram 1mx1mx1m de dimensão e consideraram que as covas para o desenvolvimento satisfatório das plantas deve ser 60cm mais largos e 15cm mais profundos do que o torrão envolvente das raízes. A terra para o preenchimento das covas deve ser fértil e para os solos de boa qualidade, a mistura pode ser feita utilizando-se a terra retirada da cova, aproveitando-se a camada superior orgânica do próprio solo. Para solos pobres deve-se adicionar terra proveniente de outros locais.

Segundo MILANO (1988), para uma maior ou melhor qualidade da arborização de ruas, é necessário considerar: a composição percentual das espécies utilizadas (equilibrada); a compatibilização entre o porte das árvores e o espaço físico disponível para o plantio que nem sempre são adequadamente considerados. Da mesma forma, segundo GREY & DENEKE (1978), o número de espécies a utilizar deve ser tal que cada espécie, por motivos de proteção, não ultrapasse a 10-15% da população de árvores da cidade, devendo ser selecionado para plantio um número mínimo de 7 a 10 espécies.

Esteticamente, deve ser considerada a capacidade das árvores de criar e definir espaços, estabelecendo a ideia de escala de uma área e harmonizando o ambiente ao seu redor, o que decorre da forma, cor e textura da árvore (NELSON, 1976).

A distribuição das espécies na rua deve atender as necessidades estéticas que é de caráter particular para cada técnico (SANTIAGO, 1970). MIRANDA (1970) e SOUZA (1973) recomendaram respectivamente, que cada rua e quadra sejam

arborizadas por uma única espécie. Contudo, SANTIAGO (1970) disse que deve-se observar o plantio das espécies alternadamente quanto aos quarteirões ou alternadas num mesmo quarteirão e considerando as avenidas, as espécies devem ser distribuídas colocando-se uma no canteiro central e outra para as calçadas laterais. Assim sendo, COZZO (1950) recomendou o plantio de lotes homogêneos por quadras e considerou que, do ponto de vista ornamental é interessante realizar o plantio de uma rua, empregando-se espécies distintas e intercaladas, para diminuir os efeitos cansativos e monótonos da repetição de formas e cores.

2.1.2.5. Manutenção

Segundo GREY & DENEKE (1978), citado por BIONDI (1985), a manutenção, compreende todas as práticas necessárias para manter as árvores com saúde, vigor e sempre compatíveis ao ambiente urbano. Entre os quais, estão inseridos irrigação, adubação, tratamentos fitossanitários, tutoramento, plantio, replantio, poda, reparo de danos físicos e remoção (MIRANDA, 1970; BIONDI, 1985; KIELBASO, HASTON & PAWL, 1982; MILANO, 1984).

MIRANDA (1970) recomendou que a irrigação devesse ser preocupação constante, pois há espécies de árvores que necessitam de aproximadamente 20 litros de água por semana.

Devido às condições adversas que as árvores encontram no meio urbano, exige-se muito cuidado na adubação. MIRANDA (1970) disse que as plantas necessitam de uma adubação de restituição todos os anos, podendo ser feita da mesma maneira que a adubação utilizada no plantio, sendo realizada na primavera ou no período das chuvas. Segundo BIONDI (1985), o mais recomendável é a adubação orgânica, na proporção de 1:1 com a terra da própria cova.

Os tratamentos fitossanitários das árvores no meio urbano é um fator importante a considerar. SCHUBERT (1979) observou que o melhor caminho é a criteriosa seleção de espécies resistentes ou livres de pragas e doenças, enfatizando o controle biológico, como meio adequado para a necessidade de proteção e preservação ambiental e que, segundo SOUZA (1973), minimiza o uso de produtos químicos para o combate de pragas e doenças. No entanto, MIRANDA (1970) recomendou em alguns casos a aplicação de produtos químicos nas doses recomendadas pelos fabricantes.

Existem controvérsias sobre a real necessidade da realização da poda e dentre os que a julgam necessária há questionamentos sobre as técnicas de podar. Segundo SEITZ (1990), a poda das árvores urbanas é uma prática permanente, para garantir a vitalidade das árvores e a segurança dos pedestres. BALENSIEFER & WIECHETEK (1985) consideraram que os prejuízos auferidos às árvores com a poda, geralmente são maiores que os benefícios, e como é conceito generalizado de que estas operações são decorrentes da ausência de planejamento da arborização, elas poderiam ser reduzidas ou mesmo evitadas, se houvesse planejamento. Assim sendo, uma questão básica é a escolha de espécies, cujo o porte seja compatível com o espaço físico disponível, limitado pelas edificações e principalmente pela fiação elétrica.

KIELBASO & KOELLING (1975) afirmaram que a poda é necessária e que de acordo com a condição da árvore, ela pode ser de formação, de manutenção ou de segurança. Entretanto, MIRANDA (1970) admitiu a execução de podas de limpeza, visando a supressão de galhos secos, quebrados e supérfluos e considerou que os problemas com a fiação aérea ou forma de copa, são resultados da inadequada escolha de espécies. Assim sendo, SEITZ (1990) citou que as árvores possuem sistema próprio de defesa contra lesões, denominado de compartimentalização da lesão e quando executada a poda, deve ser dada atenção para não interferir neste processo, garantindo assim melhor recuperação após a sua realização.

2.1.2.6. Controle e monitoramento

Segundo MILANO (1988), a viabilização de atividades de monitoramento e controle de necessidades e práticas de manejo adotadas, constituem-se em aspectos de fundamental importância, tanto para a redução dos custos, como para a otimização dos trabalhos de manutenção e para a melhoria do processo de planejamento.

Segundo THURMAN (1983) e MURGAS (1981), a árvore é um elemento essencial no ambiente urbano, porém, para prosperar, necessita de um manejo cuidadoso e exemplificam que nos Estados Unidos um número crescente de municípios têm adotado inventários computadorizados de árvores no manejo das populações de árvores de rua, possibilitando uma maior eficiência e redução dos custos.

Em 1973, 30% das cidades americanas avaliadas conduziam inventários de suas ruas e menos de 3% manejavam as informações através de computadores. Enquanto

em 1980, quando se avaliou um maior número de cidades, observou-se que 43% mantinham levantamentos e 10% utilizavam sistemas computadorizados (GERHOLD Et al, 1987).

Segundo TAKAHASHI (1990), as dificuldades de obter, armazenar, analisar e atualizar os dados merece especial atenção quando o volume de dados é grande. Assim sendo, as principais vantagens na utilização de sistemas de informações computadorizados, no controle e monitoramento da arborização de ruas são:

- a) Torna possível o acesso, análise, correção e armazenamento de grande quantidade de dados à alta velocidade e baixo custo (GRAIGNER & THOMPSON, 1983).
- b) Permite aumentar a produtividade dos serviços através do planejamento dos roteiros de trabalho, melhor aproveitamento dos equipamentos e distribuição de tempo (THURMAN, 1983).
- c) Facilita o exame, a atualização e a recuperação dos dados inventariados, que por sua vez, são associados à habilidade de organizar as informações (GRAIGNER & THOMPSON, 1983).
- d) Avalia a adaptabilidade das espécies para futuros planejamentos. Além disso, o efeito e abrangência de pragas e doenças poderão ser monitorados, possibilitando um controle mais direto (THURMAN, 1983).
- e) Obtém informações armazenadas que podem fornecer provas sobre danos causados por populares ou mesmo, pelos serviços de manutenção executados inadequadamente pelo setor público. Assim, documentos minuciosos podem ser obtidos por propósitos legais, como por exemplo, na defesa contra processos. Dada à facilidade de obter informações, resumos periódicos poderiam ser preparados e repassados à população, estimulando seu interesse e melhorando o nível de informação das pessoas (TAKAHASHI, 1990).

2.2. Licenciamento de uso de Software

Neste subitem é apresentada uma descrição das modalidades de relacionamento entre usuários e as empresas que disponibilizam o *software* através de suas licenças de uso. Estas modalidades são:

2.2.1. Software Livre

O *software* livre é um programa de computador como outro *software* proprietário, tem as mesmas finalidades, ou seja, atender a determinada demanda. O usuário de *software* livre tem garantido, segundo a Fundação *Software* Livre, ou FSF (*Free Software Foundation*), quatro liberdades:

- Liberdade 0: o usuário tem a liberdade para executar o programa para qualquer propósito;
- Liberdade 1: o usuário tem a liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades, pois permite acesso ao código-fonte;
- Liberdade 2: o usuário tem liberdade de redistribuir cópias e permitir sua utilização por novos usuários;
- Liberdade 3: O usuário tem liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar seu aperfeiçoamento, de modo que toda a comunidade se beneficie do mesmo.

2.2.2. *Software* Código Aberto

Nesta Categoria o usuário tem acesso ao código-fonte, e é permitido alterá-lo de acordo com suas necessidades. Para compreender a diferença entre o *software* livre e o *software* código-aberto é que este muitas vezes deixa de atender alguma(s) das quatro liberdades do *software* livre. Segundo UCHOA e FERREIRA (2004, pg.7), outra forma de analisar a diferença é pensar que "... o código aberto faz alusão a uma metodologia de desenvolvimento, enquanto o *software* livre está relacionado a um movimento social".

2.2.3. Software gratuito

Os programas que se enquadram nesta modalidade de licença, são disponibilizado gratuitamente, porém normalmente não podem ser modificados e não se tem acesso ao código-fonte. É possível em muitos casos que a licença impeça até a sua redistribuição. Os programas nesta modalidade são conhecidos como *Freeware*.

2.2.4. *Software* comercial

Os programas nesta modalidade de licença são desenvolvidos por uma ou mais empresas que visam obter lucro. Normalmente estes programas são protegidos, ou através de chaves embutida no seu código-fonte, ou através de dispositivos de *hardware*, denominado *hardlock*, restringindo sua utilização especificamente ao usuário que adquiriu a licença. Esta licença pode ser válida por um período de tempo ou por uma quantidade de vezes de execução que o mesmo é utilizado.

2.3. Aplicativos desenvolvidos para arborização Urbana

A Companhia Energética do Ceará (Coelce), dentro do Sistema de Gestão e Manejo da Arborização Urbana, desenvolveu um software que permite a elaboração de planos anuais de manejo de arborização ao longo das redes de distribuição, minimizando a necessidade de podas emergenciais. Segundo Odailton Arruda, chefe do Departamento de Inovação e Projetos de Pesquisa, fez o levantamento das condições de cada árvore em zona urbana, revelando, ao mesmo tempo, o estado fitossanitário e o grau de interferência na rede naquele momento. Isso possibilitaria uma prospecção futura de ações de manejo preventivas, identificando a necessidade de realização de podas.

O sistema pode identificar a necessidade de operações de manejo mais brandas, a serem realizadas pelas prefeituras; assim como ações para o controle de pragas urbanas das árvores, como cupins e brocas.

A metodologia do sistema está centrada na caracterização das áreas com o estudo de imagens aéreas obtidas em sobrevoos; compartilhamento customizado do sistema via web, com as prefeituras; e treinamento de agentes municipais no uso do sistema para viabilizar atualizações no cadastro da arborização pelas prefeituras.

Partindo desse contexto, será criado um banco de dados, através da integração dados convencional e geográfico da árvore, representado por ponto, linhas e polígonos, com informações obtidas através de inventário da arborização e publicando as informações na plataforma *WEB*, com o objetivo de demonstrar a utilidade de um Sistema de Informações Geográficas para suporte a decisões no manejo da arborização urbana viária.

2.4. Sistemas de informação geográfica

A utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) consiste em escolher as representações computacionais que modelem de forma satisfatória a semântica de seu domínio de aplicação. Nesse cenário, pode-se dizer que os SIGs, de maneira geral, possuem as seguintes características (Câmara, 2005):

- Persistir e integrar, em um único repositório de dados, informações espaciais oriundas de cadastros, de dados censitários, de imagens de satélite, de GPS (Global Positioning System), dentre outras;
- Disponibilizar recursos que possibilitem analisar, consultar, manipular e visualizar os dados geográficos contidos nessa base.

A Figura 1 ilustra a arquitetura genérica de um SIG proposta por Câmara (2005). A interface é a camada de interação com o usuário, definindo a forma como o sistema é manipulado. Na camada intermediária, encontram-se os módulos responsáveis pela entrada, processamento e exibição de dados espaciais, respectivamente da esquerda para a direita na figura. No último nível, um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) possibilita a recuperação e persistência dos dados geoespaciais, bem como de seus respectivos atributos.

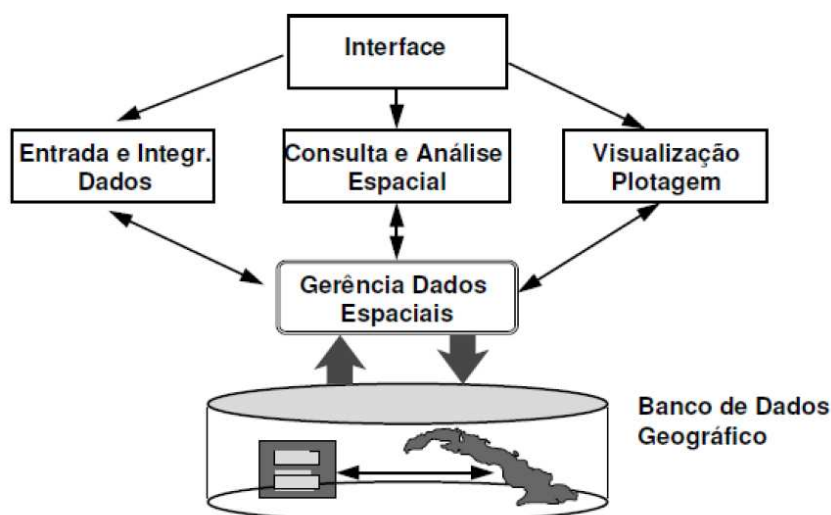


Figura 1. Arquitetura de sistemas de informação geográfica
Fonte: (Câmara 2005)

Tendo em vista que um SIG manipula dados geográficos, é importante ressaltar que existem diferentes formas de representá-los, pois a superfície da Terra não é plana e, com isso, surge à necessidade de criar diferentes projeções, cada qual visando aproximar com uma maior exatidão possível diferentes propriedades espaciais: área, direção, distância e forma (Reckziegel, 2008).

Desta forma, não existe uma única projeção que contemple todas as propriedades espaciais ao mesmo tempo, pois a exatidão de uma propriedade geralmente implica na distorção das demais (Camara, et al., 1996).

As projeções conformes ou isogonais mantêm fidelidade aos ângulos locais observados na superfície representada (por exemplo, Mercator). As projeções equivalentes ou isométricas conservam as relações de superfície, não havendo deformação de área (por exemplo, Cônica de Albers, Azimutal de Lambert). Já as projeções equidistantes conservam a proporção entre as distâncias, em determinadas direções, na superfície representada (por exemplo, a Cilíndrica Equidistante). (Camara, et al., 1996, p. 9).

Por ser um assunto relativamente complexo e extenso, recomenda-se a leitura de Camara et al. (1996) para um maior aprofundamento no tema. Entretanto, os conceitos abordados aqui já são suficientes para a compreensão do presente texto.

2.5. Dados geográficos

Um atributo georreferenciado representa a localização geográfica de uma determinada entidade contida em um sistema de coordenadas. Dessa forma, é possível representar rodovias, rios, poços de petróleo, enfim, entidades das mais diversas formas. Obviamente, a escolha do que será representado dependerá unicamente do domínio da aplicação sendo desenvolvido, o que implica diretamente no nível de abstração desejado para representação computacional das grandezas sendo estudadas.

2.5.1. Fontes e qualidade dos dados

A obtenção de dados geoespaciais possui uma complexidade relativamente maior quando comparada a aquisição de atributos meramente descritivos, tais como nome da rua, telefone e sexo. Geralmente, simples telas de cadastro são suficientes para entrada de atributos descritivos, porém, quando se trata de atributos geoespaciais, o processo de aquisição desses dados é praticamente manual, como ressalta Reckziegel (2008):

O processo de coleta de informações é um tanto quanto custoso e manual, mas é necessário e demasiadamente importante. Através destas informações, são executadas as análises e tomadas de decisões futuras. A qualidade dos dados está diretamente associada com o posicionamento correto de um objeto e a veracidade das análises utilizadas em cima deste mapeamento. Qualquer erro na padronização dos dados com relação à projeção utilizada escala e/ou sistema de coordenadas, pode influenciar no resultado de uma tomada de decisão (Reckziegel, 2008, p. 30).

Portanto, as principais fontes de informações geoespaciais são oriundas dos seguintes meios de coleta de dados:

- Levantamento de campo – Através da utilização de dispositivos específicos como o GPS, são obtidas, *in loquo*, as propriedades espaciais referentes ao objeto em estudo;
- Aerofotogrametria – Uma aeronave equipada com câmeras fotográficas métricas sobrevoa uma determinada área retirando fotografias verticais obedecendo a critérios técnicos que garantam a qualidade e precisão dos dados obtidos;
- Mapas – Modelos cartográficos existentes sejam eles armazenados em meio digital ou não.

É de suma importância observar que é provável existir uma diferença entre a localização real de um objeto e a localização obtida por um dos meios de obtenção escolhido. Nesse sentido, a acurácia permite analisar e gerenciar qual a estimativa e/ou probabilidade de erro inerente aos dados coletados.

Uma forma de exemplificar o conceito de acurácia e mostrar uma noção de sua relevância dentro do contexto geoespacial é analisar as diferentes respostas possíveis para seguinte pergunta hipotética: onde fica localizada a Empresa X, líder no ramo de TI? Nesse cenário, é fácil notar que não existe uma única resposta possível, porém diversas respostas que variam de acordo com a sua precisão. Seguem alguns exemplos possíveis:

- A Empresa X fica localizada na Rua dos Náufragos, nº 56, Bairro da Luz, CEP 49123-456, Aracaju - SE;
- A Empresa X próxima a Padaria do Zeca;
- A Empresa X fica no Centro da cidade.

Diante dessas possibilidades todas essas repostas não deixam de estar corretas, contudo é preciso escolher aquela que irá fornecer uma maior acurácia dentro do contexto do SIG a ser desenvolvido. Provalmente, em um SIG que tem por objetivo mapear todas as empresas de um determinado município uma resposta como: “A Empresa X fica no Centro da cidade”, poderia ser o suficiente. Por outro lado, para fins de otimização de logísticas de entrega, seria muito mais interessante a localização exata das empresas.

2.5.2. Armazenamento e tipo de representação de dados

Ao elaborar um sistema de informação geográfica, é necessário definir o nível de abstração da realidade que será suficiente para obtenção das informações desejadas. Dessa forma, o mundo real deve ser interpretado e representado computacionalmente, ou seja, um modelo conceitual da realidade observada.

Nesse sentido, o paradigma dos quatro universos adaptado para área da geoinformação por Câmara (1996) e proposto inicialmente por Gomes e Velho (1995), é um valioso instrumento para modelagem de SIGs. O paradigma propõe um total de quatro passos, ou níveis de abstração, para representar computacionalmente um conceito do mundo real: universo ontológico, universo formal, universo estrutural e universo implementado.

Dentro do universo ontológico, é feito um levantamento dos conceitos do mundo real a serem representados no computador. Com isso, “o projeto de um sistema de informação requer, como passo inicial, a escolha das entidades a serem representadas [sic] e, se possível, a descrição organizada destas entidades por meio de conceitos”(Câmara, 2005 p. 8). Essa etapa ajuda a responder questões como: quais são as entidades envolvidas no problema sendo modelado?

Em seguida, o universo formal tem por objetivo formalizar os conceitos obtidos no passo anterior, gerando um modelo lógico do sistema a ser desenvolvido. Portanto, a questão principal a ser respondida nessa etapa é: quais são as abstrações necessárias para formalizar os conceitos obtidos no universo ontológico?

No universo estrutural, “as diversas entidades dos modelos formais são mapeadas para estruturas de dados geométricas e alfanuméricas, e algoritmos que realizam operações” (Câmara, 2005, p. 5). Por assim dizer, o terceiro universo responde questões como: quais são as estruturas de dados e as operações necessárias para implementar as formalizações definidas pelo segundo universo?

A implementação efetiva do projeto é atribuição do quarto universo, o universo implementado. Dessa forma, questões relacionadas à arquitetura, linguagens e paradigmas de programação, devem ser definidas nesse último passo.

Com isso, é possível concluir que:

O paradigma dos quatro universos é uma forma de compreendermos que a transposição da realidade para o computador requer uma série complexa de mediações. Primeiro, precisamos dar nomes às entidades da realidade. Depois, geramos modelos formais que as descrevem de forma precisa. A seguir, escolhemos as estruturas de dados e algoritmos que melhor se adaptam a estes modelos formais. Finalmente, fazemos a implementação num suporte computacional apropriado. (Câmara, 2005, p. 6).

Diante deste contexto, torna-se evidente que um dos fatores relevantes para representar computacionalmente os dados geográficos é a descrição de como esses dados se comportam de acordo como o espaço e tempo. Em outras palavras, faz imperioso conhecer os mecanismos e processos de mensuração da realidade de forma que essa representação ocorra da melhor forma possível.

A atividade de medir associa valores numéricos ou descritivos a determinados atributos com o objetivo de representar as relações semânticas existentes no objeto que está sendo medido. Por exemplo, pode-se representar a quantidade de chuva de uma região, obtida por um dos meios de coleta de dados disponíveis, através de um atributo numérico contendo a quantidade de milímetros precipitados em um ano (índice pluviométrico).

Adicionalmente, Druck (2004) destaca:

A regra usada no processo de medição determina o seu nível, e cada nível de medida descreve a entidade de estudo com um determinado grau de detalhe, que varia de informações qualitativas até informações quantitativas. Como a forma de se medir as variáveis do mundo real afeta seus modos de manipulação, é essencial que o nível de medida utilizado seja incorporado a um conjunto de observações. (Druck, et al., 2004, p. 4).

Nesse cenário, em sua obra, Stevens (1946), propõe quatro níveis de mensuração: nominal, ordinal, intervalo e razão.

As escalas nominal e ordinal, por associarem um nome ou um número a observação de um tema ou classe, são consideradas temáticas (Figura 2). É importante salientar que a utilização de um valor numérico para um nível temático se destina somente a fornecer um rótulo, ou identificador, a uma amostra da variável, de modo que não podem ser utilizadas em expressões matemáticas (Druck, et al., 2004). Por exemplo, no exemplo de medida nominal da Figura 2, ao invés de utilizar cores para representar os temas (Azul = Água, Cinza = Al, etc.), poderiam ter sido associados valores numéricos (1 = Água, 2 = Al, etc.).

A escala nominal tem por princípio a distinção entre entidades, agrupando-as em diferentes classes. Além disso, não existe a preocupação com a ordenação dos objetos envolvidos, sendo identidade (a igual a b) e dessemelhança (a diferente de b), as únicas relações possíveis entre os valores.

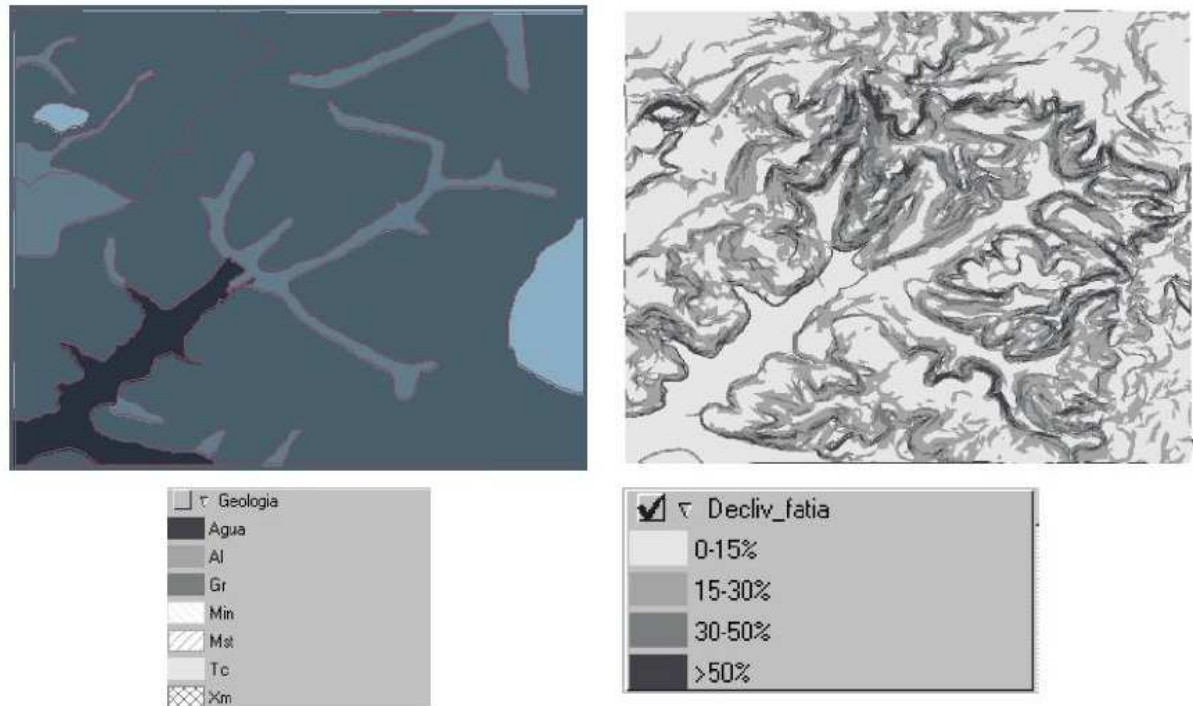


Figura 2. Exemplo de medida nominal e medida ordinal
Fonte: (Câmara 2005)

Por outro lado, a escala ordinal incorpora o conceito de ordenação, definindo as entidades através de diferentes classes que possuem uma ordem natural. Consequentemente, “nesta escala são evidenciadas as relações “<” ou “>”, isto implica que para todo a e b , as relações $a < b$, $a > b$ ou $a = b$ são possíveis” (Câmara, 2005, p. 12).

Portanto, as medidas temáticas não estão relacionadas com a magnitude de um fenômeno. Para casos onde se faz necessário a comparação de intervalos e ordem de grandezas entre eventos, os níveis de mensuração numéricos são recomendados, pois se baseiam em escalas de números reais (Câmara, 2005) (Druck, et al., 2004). Há duas escalas baseadas em números reais: a escala por intervalo e a escala por razão.

A escala por intervalo possui um ponto de referência zero atribuído de forma arbitrária, permitindo valores positivos e negativos para os atributos $[-8, 0, +8]$. “A temperatura em graus Celsius é exemplo de medida por intervalo, onde o ponto zero

corresponde a uma convenção (a fusão do gelo em água)” (Câmara, 2005 pp. 12-13). A subtração e a adição são operações válidas para essa escala.

A escala por razão difere da escala por intervalo, pois o zero não é atribuído de forma arbitrária, porém determinado por uma condição natural. Sendo assim, essa escala propicia um tratamento mais analítico da informação e os valores permitidos devem estar no intervalo $[0, +\infty]$. Logo, “por ter como referência um ponto de zero absoluto, as medidas feitas no nível de medida por razão permitem estimar proporções e podem ser usadas em operações de multiplicação, divisão e subtração entre amostras”(Druck, et al., 2004).

A Tabela 3 faz um resumo dos quatro níveis de escala abordados.

Escala	Características	Exemplos	Operações Possíveis
Nominal	Descrição	Tipos de solo, vegetação uso do solo.	Seleção, comparação
Ordinal	Ordem	Classes de declividade, aptidão de uso.	Mediana, máximo, mínimo.
Intervalo	Distância	Altímetro	Diferença, Soma
Razão	Valores absolutos	Renda, população, taxa de natalidade.	Operações aritméticas

Tabela 3: Níveis De Escala Abordados

Fonte: Adaptado de (Câmara, 2005)

Além da escolha de qual escala utilizar para representar uma determinada informação, é importante entender os conceitos relativos à representação de objetos no espaço.

2.5.3. Espaço absoluto e espaço relativo

O espaço absoluto e o espaço relativo estão associados, respectivamente, à possibilidade de representar um objeto em virtude de sua localização no espaço, ou representá-los em função do posicionamento relativo entre eles (Figura 3). Na figura à esquerda, observa-se que os distritos de São Paulo estão sendo representados exatamente de acordo com as fronteiras geopolíticas que os representam. Por outro lado, na figura à direita, os distritos estão representados como sendo um grafo, ou seja, a sobreposição das figuras mostra claramente que não há, nesse caso, uma correspondência com o formato real de cada distrito, e sim com a rede de conectividade existente entre eles. Assim sendo, a escolha de um desses modelos

deve ser feita de acordo com tipo de análise a ser realizada sobre a grandeza sendo representada.

Usualmente, consultas espaciais que envolvem dois tipos de entidades (“quais os rios que cruzam esta estação ecológica?”) requerem a representação no espaço absoluto. O mesmo vale para questões de álgebra de mapas (“áreas inaptas tem declividade maior que 15% ou solos arenosos”).

Quando os procedimentos de análise envolvem apenas as relações de conectividade (“como chegar na estação de metrô Clínicas, partindo da estação Liberdade?” ou “qual é a média da mortalidade infantil de meus vizinhos?”) podemos utilizar representações no espaço relativo.(Câmara, 2005).

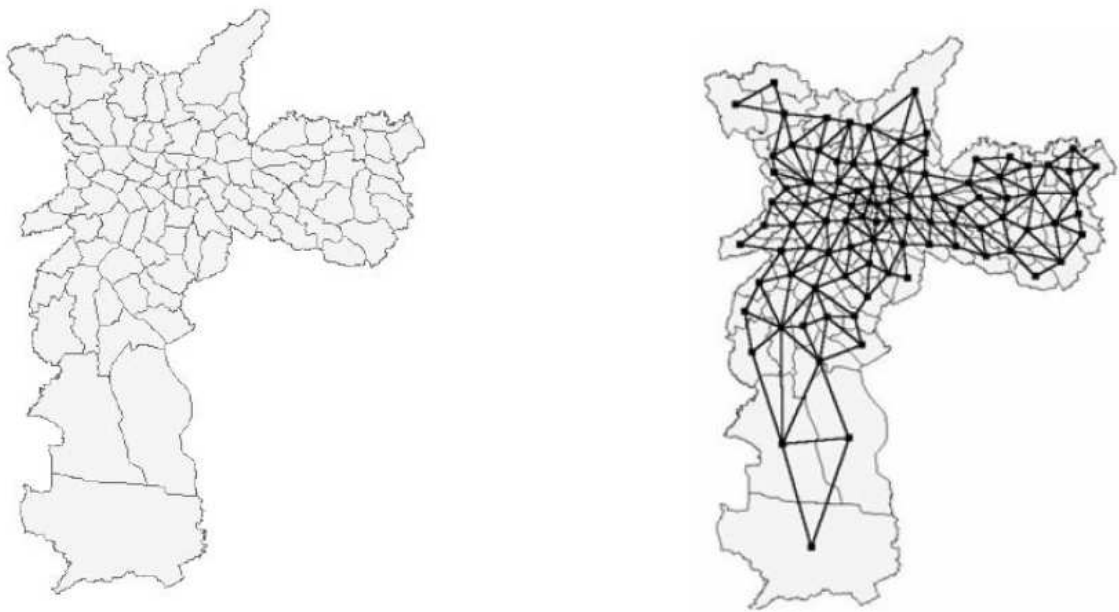


Figura 3. Dualidade entre espaço absoluto e espaço relativo.
Fonte: (Câmara 2005)

De acordo com a literatura, há dois modelos formais para enxergar as entidades geográficas no espaço absoluto: geo-campos e geo-objetos. O modelo de geo-campos trata o espaço geográfico como sendo um plano contínuo sobre o qual variam as grandezas a serem representadas. Por exemplo, um mapa de relevo faz a relação entre um ponto do mapa e um determinado tipo de relevo. Em contrapartida, o modelo de geo-objetos enxerga o espaço geográfico como um conjunto de entidades distintas e identificáveis, de forma que cada entidade está contida em uma fronteira fechada. Dessa forma, um exemplo de geo-objetos seria um cadastro de municípios de um dado Estado.

Portanto, o papel da fronteira é determinante para fazer a diferenciação entre geo-campos e geo-objetos. No primeiro, a fronteira é arbitrária e diretamente ligada

à capacidade de mensuração de um determinado fenômeno. Por outro lado, no segundo, a fronteira faz parte de sua própria definição, sendo que, dentro dessa fronteira, todas as propriedades do objeto são constantes.

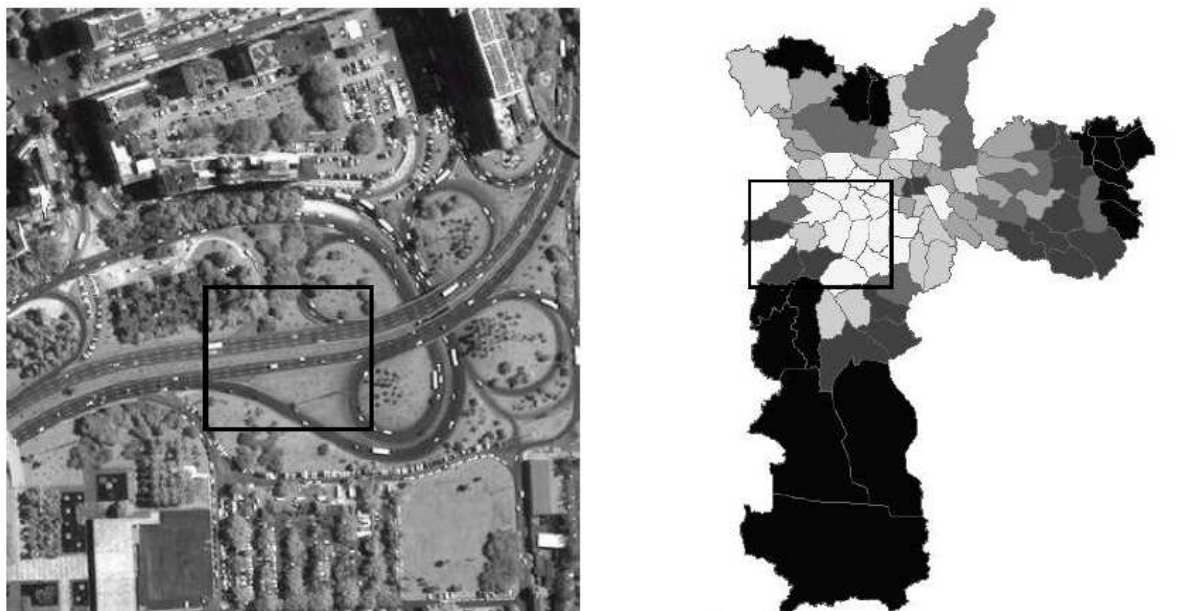


Figura 4. Exemplo de geo-campo e de conjunto de geo-objeto
Fonte: (Câmara 2005)

Na Figura 4, Câmara (2005) ilustra a diferença entre geo-campos e geo-objetos. Na imagem à esquerda, é possível recuperar de cada ponto no interior do retângulo o seu valor de atributo, nesse caso, a refletância da imagem. Em contrapartida, o retângulo da imagem à direita corta alguns objetos fazendo com que eles percam suas propriedades originais (área, por exemplo), ou seja, cada objeto é único e indivisível.

De outra forma, o modelo de redes percebe 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” (Câmara, 2005, p. 19). Sendo assim, esse modelo permite a representação de fenômenos como: linhas de comunicação, fluxo de pessoas ou materiais, conexões de influência e acessibilidade.

Outro aspecto relevante do modelo de redes é a existência de uma área de pesquisa já há muito tempo consolidada no ramo da matemática: a teoria dos grafos.

A teoria dos grafos foi iniciada em 1736 pelo matemático Leonard Euler que morava na cidade que hoje é conhecida como Kaliningrad, na Rússia. Nessa cidade, havia duas ilhas próximas, cruzadas por sete pontes. Foi quando Euler questionou

se existia uma forma de fazer um circuito fechado (sair e voltar para o mesmo ponto de partida), passando por cada uma das pontes somente uma vez. Dessa forma, ele construiu um grafo equivalente e demonstrou que não há solução para esse problema (Figura 5).

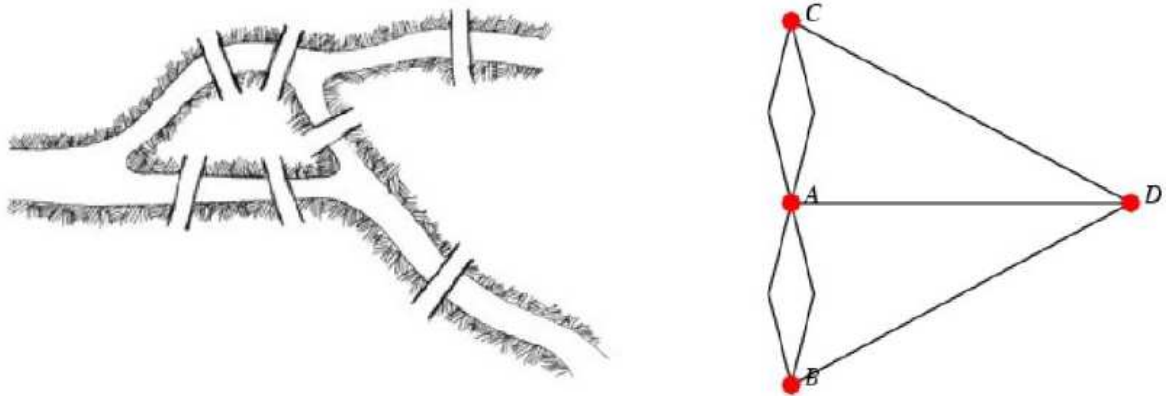


Figura 5. As setes pontes de Kaliningrad e o grafo equivalente
Fonte: (Câmara 2005)

2.5.4. Modelo de Representação de dados espaciais

Atualmente, existem duas estruturas predominantes para se representar computacionalmente os dados espaciais: a estrutura matricial (raster) e a estrutura vetorial.

As estruturas matriciais utilizam uma grade regular constituída por linhas e colunas, onde cada célula é codificada para representar o elemento sendo analisado.

Nesta representação, o espaço é representado como uma matriz $P(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. (Câmara, 2005, p. 33).

Uma representação de estrutura matricial pode ser observada na Figura 6, onde é importante ressaltar que a resolução representa a relação existente entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área que ela cobre no terreno.

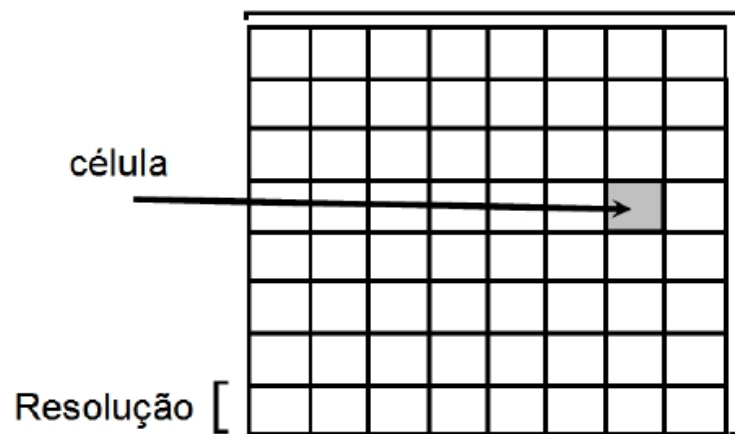


Figura 6. Estrutura Matricial
Fonte: (Câmara 2005)

Essa estrutura pode ser utilizada para representar os seguintes tipos de dados, apresentada na Figura 7:

- Grade regular: cada elemento da matriz está associado a um valor numérico que representa determinado fenômeno;
- Matriz temática: cada elemento da matriz está associado a um valor numérico que representa o código de classe do fenômeno sendo estudado.

15	17	20	21	23	1	1	2	2	2
16	18	22	23	24	1	1	2	2	2
19	19	22	23	24	1	1	2	2	2
23	23	27	28	28	2	2	3	3	3
22	22	31	32	33	2	2	3	3	3

Figura 7. A esquerda, grade regular com valores de temperatura em graus Celsius e, à direita, matriz temática com dados classificados (1="15-20 graus", 2="20-25 graus", 3="25-35 graus").
Fonte: (Câmara 2005)

2.5.5. Estrutura vetorial

As estruturas vetoriais têm a função de representar as fronteiras existentes entre cada entidade geográfica fazendo uso de três formas básicas: pontos, linhas e

polígonos (ou áreas). Essas formas são definidas por suas coordenadas cartesianas, conforme exibido na Figura 8.

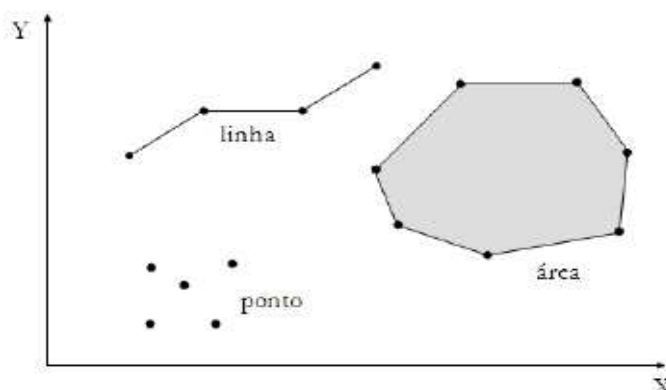


Figura 8. Representações vetoriais em duas dimensões
Fonte: (Câmara 2005)

Por assim dizer, as estruturas de dados vetoriais são interpretações ou generalizações de um fenômeno natural, ou seja, são abstrações da realidade (Scott, 2007).

Um ponto é definido por um par ordenado (x, y) , podendo ser utilizado para identificar localizações ou ocorrências no espaço, como são exemplos a localização de crimes, as ocorrências de doenças e a localização de espécies vegetais. Um conjunto de pontos interligados forma uma linha. Geralmente, as linhas são utilizadas para representar fenômenos estáticos como ruas e rios, embora algumas vezes também seja utilizado para visualizar fenômenos dinâmicos, tais como rotas de veículos, caminho entre dois endereços e rotas de voo.

Por fim, um polígono é a região do plano limitada por uma ou mais linhas conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha coincida com primeiro da próxima. Com isso, nota-se que a fronteira do polígono separa o plano em duas regiões: o interior e o exterior. Portanto, os polígonos são úteis na representação de unidades espaciais individuais, tais como setores censitários, distritos, zonas de endereçamento postal e municípios, sendo que para cada unidade, são associados dados provenientes de levantamentos como são exemplos os censos e as estatísticas de saúde (Câmara, 2005).

Para compreender de forma mais abrangente as representações vetoriais em SIG, torna-se necessário definir as primitivas geométricas: coordenadas 2D, coordenadas 2,5D, nó 2D, nó 2,5D, nó de rede, arcos, arcos orientados, isolinhas e

polígonos. Seja R uma determinada região e R^2 o plano formado pelos eixos X e Y , onde $R \subseteq R^2$, pode-se definir (Câmara, 2005):

- COORDENADA 2D – é um objeto formado por uma localização singular $(x_i, y_j) \in R$;
- COORDENADA 2,5D – é um objeto formado por uma localização singular (x_i, y_j, z) , onde $(x_i, y_j) \in R$ e z é um valor numérico de atributo;
- PONTO 2D – é um objeto que possui atributos descritivos e uma coordenada 2D;
- LINHA 2D – é um objeto que possui atributos e inclui um conjunto de coordenadas 2D;
- ISOLINHA – uma isolinha possui uma linha 2D associada a um valor real (cota);
- ARCO ORIENTADO – um arco orientado é formado por uma linha 2D relacionada a uma orientação a ser percorrida;
- NÓ 2D – um nó 2D possui uma coordenada 2D $(x_i, y_i) \in R$ e uma lista L de linhas 2D, sendo a conexão entre duas ou mais linhas, utilizada para manter a topologia da estrutura;
- NÓ REDE – um nó de rede possui um nó 2D e uma lista de arcos orientados;
- NÓ 2,5D – contém uma coordenada 2,5D (x_i, y_i, z_i) e uma lista L de linhas 2D (trata-se da conexão entre três ou mais linhas de uma grade triangular);
- POLÍGONO – um polígono pode ser persistido como uma lista de coordenadas 2D (caso dos geo-objetos sem topologia) ou por uma lista de linhas 2D e uma lista de nós 2D (caso de topologia arco-nó-polígono).

De posse das definições das primitivas geométricas vetoriais, a Figura 9 ilustra a hierarquia existente entre elas, onde é possível distinguir os relacionamentos de especialização é-um (“is-a”), inclusão de uma instância parte-de (“part-of”), inclusão de um conjunto de instâncias conjunto-de (“set-of”) e inclusão de uma lista de identificadores de instâncias lista-de (“list-of”).

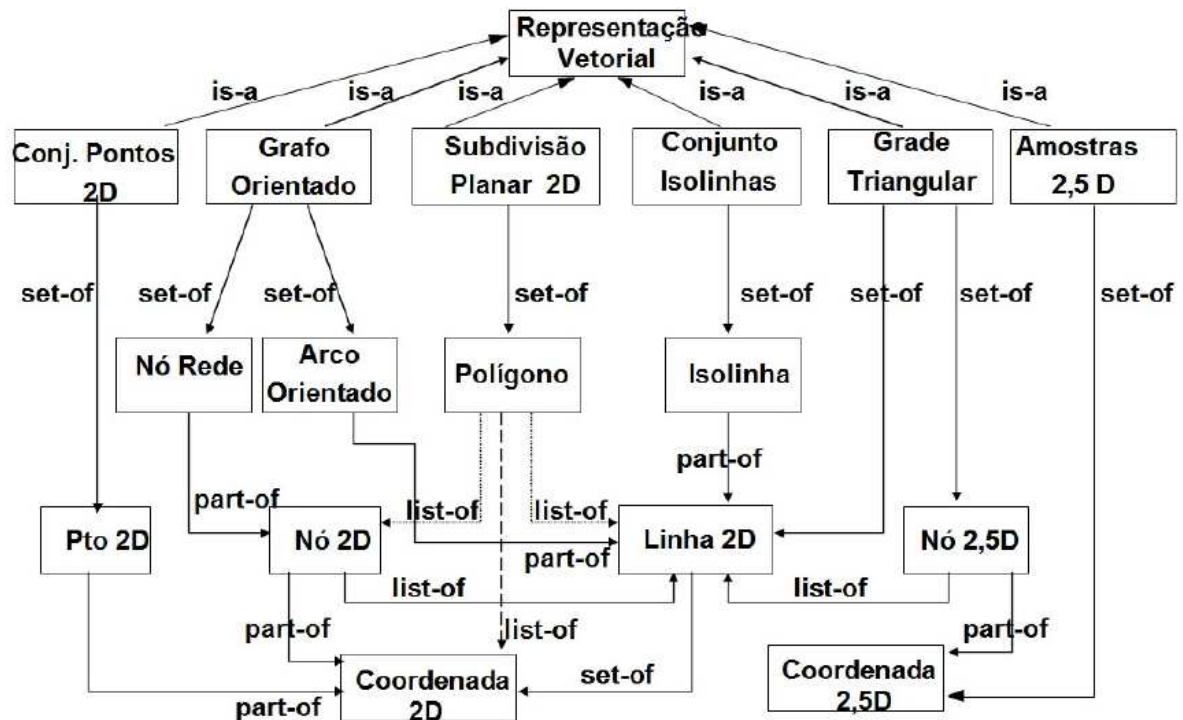


Figura 9. Hierarquia de classes para estruturas vetoriais
 Fonte: (Câmara 2005)

Os dois formatos mais utilizados para o armazenamento de dados vetoriais são: *shapefiles* e o *Simple Feature Specification* para SQL (SFS).

O *shapefile* é um formato proprietário de padrão aberto desenvolvido pela ESRI para utilização em um de seus produtos (ESRI, 2000). Esse formato suporta geometrias do tipo ponto, linhas e polígonos. Além disso, geralmente ocupa pouco espaço em disco e é editado facilmente.

Essencialmente, um *shapefile* é formado pelos seguintes arquivos:

- .shp – arquivo principal contendo as geometrias;
- .shx – armazena índices;
- .dbf – arquivo dBASE que guarda os atributos das entidades;
- .prj – armazena informações sobre o sistema de coordenadas (Opcional).

Já o formato SFS é um padrão aberto desenvolvido pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) que tem por objetivo definir especificações para armazenar e consultar dados espaciais em um banco de dados relacional ou objeto-relacional (OpenGIS, 1994).

Os SGBDs atuais não possuem nativamente em seu núcleo funções para tratamento e gerenciamento de dados espaciais, sendo necessária a instalação de

extensões que forneçam tal suporte. A Tabela 4 cita alguns dos principais SGBDs do mercado com as suas respectivas extensões espaciais.

SGBD	Extensão Espacial
Oracle	Oracle Spatial
PostgreSQL	PostGIS
DB2	Spatial Extender
SQL Server 2008	Spatial Data

Tabela 4: SGBD's com suas respectivas extensões espaciais

2.6. Tecnologias geoespaciais

As tecnologias para construção de sistemas de informação geográfica visam auxiliar o processo envolvido na manipulação, disponibilização e análise dos dados espaciais, além de proporcionar uma integração natural com dados convencionais.

Sendo assim, a arquitetura de um SIG pode ser desmembrada em três componentes básicos: o servidor de mapas, a base de dados e o cliente. É importante ressaltar que não existe necessariamente uma relação de equivalência com as camadas de regras de negócio, persistência e apresentação dos dados, comumente encontradas em sistemas tradicionais.

2.6.1. Servidores de mapas

Os servidores de mapas têm o papel de prover um ambiente na Internet e/ou Intranet para a implementação de soluções geoespaciais. Eles são capazes de integrar diversas fontes de dados de forma simples e eficiente, disponibilizando interfaces ricas e amigáveis para facilitar o gerenciamento e a administração dos dados geográficos (Reckziegel, 2008).

Dentre os servidores de mapas disponíveis no mercado, o Geoserver e o Mapserver se destacam não só pela grande comunidade de usuários e desenvolvedores, como também por implementar em quase sua totalidade os padrões definidos pelo OpenGIS.

2.6.1.1. Geoserver

O Geoserver é um servidor de código-fonte aberto desenvolvido sobre a plataforma Java que possibilita aos usuários compartilhar e editar dados geográficos (GeoServer, 2009). A sua arquitetura foi projetada visando à interoperabilidade entre

os diversos formatos existentes, além de fornecer recursos para a publicação na Web que estão em conformidade com os padrões OpenGIS.



Figura 10. Tela inicial do Geoserver

Entre as das características do Geoserver, é possível destacar:

- Implementação de referência dos padrões OpenGIS, WFS e WCS, além de ser totalmente compatível com o padrão WMS;
- Configuração facilitada através de uma interface Web (Figura 10);
- Suporte ao PostGIS, Shapefile, ArcSDE, DB2 e Oracle;
- Saída dos mapas nos formatos JPEG, GIF, PNG, PDF, SVG, KML, GeoRSS;
- Em termos de desempenho, é considerado um dos servidores de mapas mais rápidos existentes na atualidade (FOSS4G, 2008);
- Pode ser executado em qualquer servidor J2EE, o que garante independência de plataforma e suporte a múltiplas linhas de execução.

Conforme pode ser observado na Figura 11, o GeoServer é organizado em módulos que possibilitam a adição de novas funcionalidades através de um mecanismo de extensão baseado em *plug-ins*.

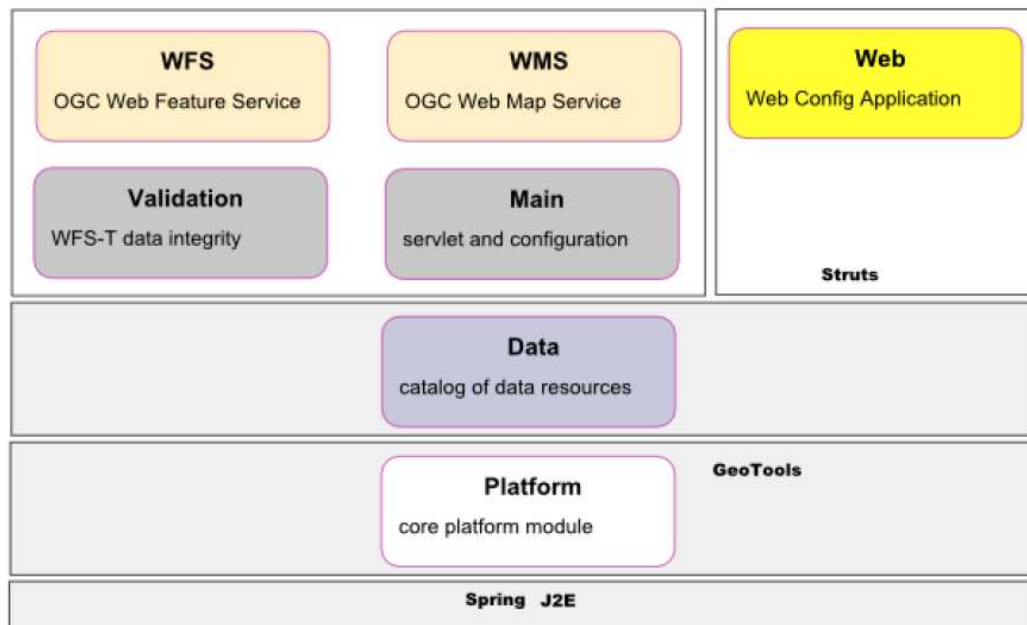


Figura 11. Arquitetura do Geoserver

2.6.1.2. Mapserver

O Mapserver é um projeto *open source* cuja finalidade é a exibição de mapas dinâmicos na Web. Dentre as suas principais características, destacam-se (MapServer, 2009):

- Suporta visualização e consulta dos diferentes tipos de formatos de raster, vetores e bancos de dados;
- Multiplataforma;
- Suporta linguagens de script e outros ambientes de desenvolvimento (PHP, Python, Perl, Java, .NET);
- Renderização de alta qualidade;
- Customizável e extensível.

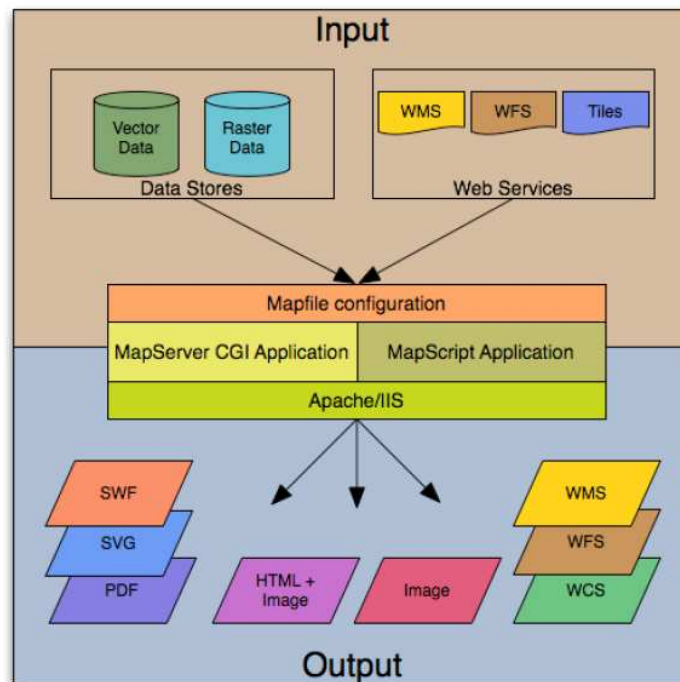


Figura 12. Anatomia de uma aplicação MapServer
 Fonte: (MapServer 2009)

Basicamente, de acordo com a Figura 12, o Mapserver é um programa CGI, armazenado em um Servidor Web (IIS, Apache, etc.), que recebe uma requisição HTTP e utiliza os parâmetros recebidos juntamente com o arquivo de configuração (Mapfile) para criar uma representação do mapa em um dos formatos de saída disponíveis.

Adicionalmente, o mapa pode conter outras informações, tais como legendas, barra de escala e valores passados por variáveis CGI.

2.6.2. Base de dados

Os sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBDs) são responsáveis por armazenar e manter a integridade dos atributos geoespaciais e dos atributos descritivos, além de fornecer uma linguagem para manipulação e consulta dos dados: a linguagem SQL (*Structured Query Language*).

Com o objetivo de evitar que cada fabricante de banco de dados adotasse sua própria estrutura para armazenamento dos dados geoespaciais, o consórcio *Open GeoSpatial*(OGC) desenvolveu o padrão OpenGIS SFS (*Simple Features Specification*).

O SFS fornece um modelo voltado para bancos de dados relacionais ou objeto-relacionais onde objetos geográficos podem ser armazenados e acessados através de uma interface comum, tais como: pontos, linhas e polígonos (OpenGIS, 1994).

Nas próximas seções, serão abordados dois dos principais SGBDs da atualidade que possuem extensões implementando esse padrão: O PostgreSQL e o Oracle.

2.6.2.1. PostgreSQL e PostGIS

O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) objeto-relacional desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação vinculado à Universidade da Califórnia (PostgreSQL, 2009). Ele possui código-fonte aberto e segue grande parte do padrão SQL oferecendo, dentre outros recursos:

- Suporte a consultas complexas;
- Chaves estrangeiras (foreign keys);
- Gatilhos (triggers);
- Views;
- Integridade transacional;
- Controle de concorrência multiversão.

Adicionalmente, em virtude da sua política de licenciamento, o PostgreSQL pode ser usado, modificado e distribuído por qualquer pessoa sem restrições relacionadas ao uso pessoal, acadêmico ou comercial.

Para agregar novas funcionalidades, esse SGBD possui mecanismos de extensão que possibilitam, por exemplo, a adição de novos tipos de dados, funções escalares e agregadas, operadores, métodos de indexação e linguagens procedurais.

Nesse sentido, o PostGIS é uma extensão que visa adicionar ao PostgreSQL tipos e funções requeridas para o desenvolvimento de sistemas de informação geográficas. Esse projeto é mantido pela comunidade e, sendo assim, também possui código fonte livre.

2.6.2.2. Oracle e Oracle Spatial

Atualmente na versão 11g, o Oracle é um SGBD proprietário e líder de mercado.

Assim como o PostgreSQL, o Oracle implementa o padrão SFS através de uma extensão: o Oracle Spatial.

Sendo assim, a tecnologia Oracle Spatial possui componentes em sua arquitetura responsáveis por fornecer ao banco de dados Oracle a capacidade de lidar com dados geoespaciais. Esses componentes estão distribuídos tanto no servidor de banco de dados como no servidor de aplicação que acompanha o produto.

Esses componentes, ilustrados na Figura 13, podem ser agrupados de acordo com sua função em cinco áreas:

- *Data Model*: cria o tipo de dados SDO_GEOMETRY para representar atributos geoespaciais;
- *Location-enabling*: possibilita a criação de tabelas contendo a coluna do tipo SDO_GEOMETRY;
- *Spatial query and analysis*: adiciona funções que permitem manipular os dados armazenados na coluna SDO_GEOMETRY;
- *Advanced Spatial Engine*: incorpora funções avançadas para construção de sistemas de informação geográfica;
- *Visualization*: exibe os dados geoespaciais através de um servidor de mapas.

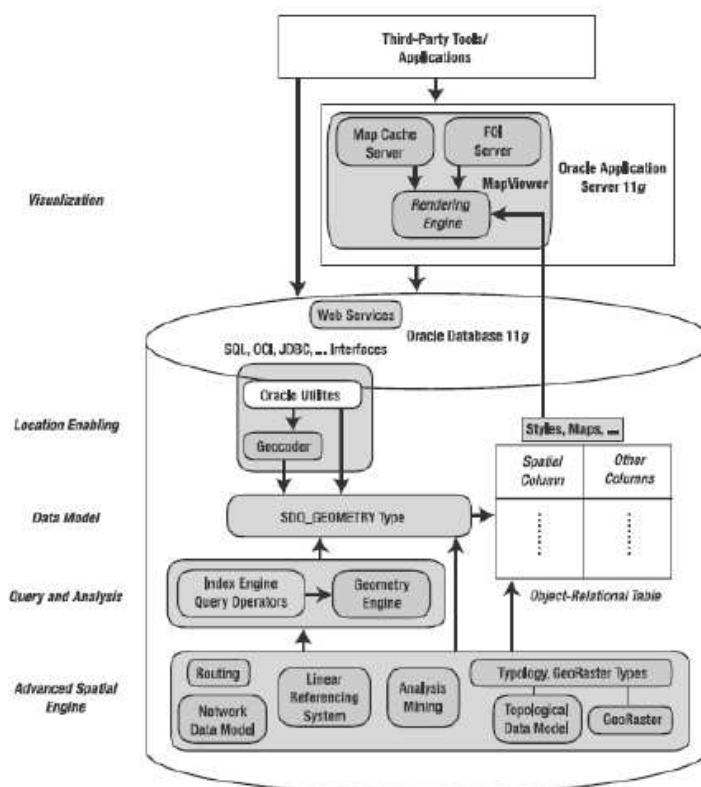


Figura 13. Componentes do Oracle Spatial
Fonte: (Kothuri, et al, 2007)

2.6.3. Cliente WebGIS

Por fim, mas não menos importante, existe a necessidade de exibir os dados geoespaciais de uma forma que facilite a interpretação e visualização dos mesmos. Nesse sentido, os navegadores Web representam o meio mais adequado para atender tais requisitos, levando-se em consideração a grande rede mundial de computadores.

Dessa forma, a linguagem *Javascript*, nativa nos principais *browsers* do mercado, fornece recursos para elaboração de interfaces ricas para o usuário, tornando possível, por exemplo, a renderização de mapas interativos onde o usuário pode escolher o *zoom* desejado ou, até mesmo, as camadas que devem ser exibidas.

Visando facilitar o desenvolvimento dessas aplicações, a biblioteca *Javascript*, de código-fonte aberto, OpenLayers é a mais utilizada.

2.6.3.1. OpenLayers

O OpenLayers é uma biblioteca escrita totalmente em Javascript, não possuindo nenhuma dependência com tecnologias *server-side*. Possui uma vasta API que possibilita a construção de sofisticadas aplicações geográficas Web, além de implementar os protocolos OpenGIS WMS(*Web Mapping Service*) e WFS(*Web Feature Service*).

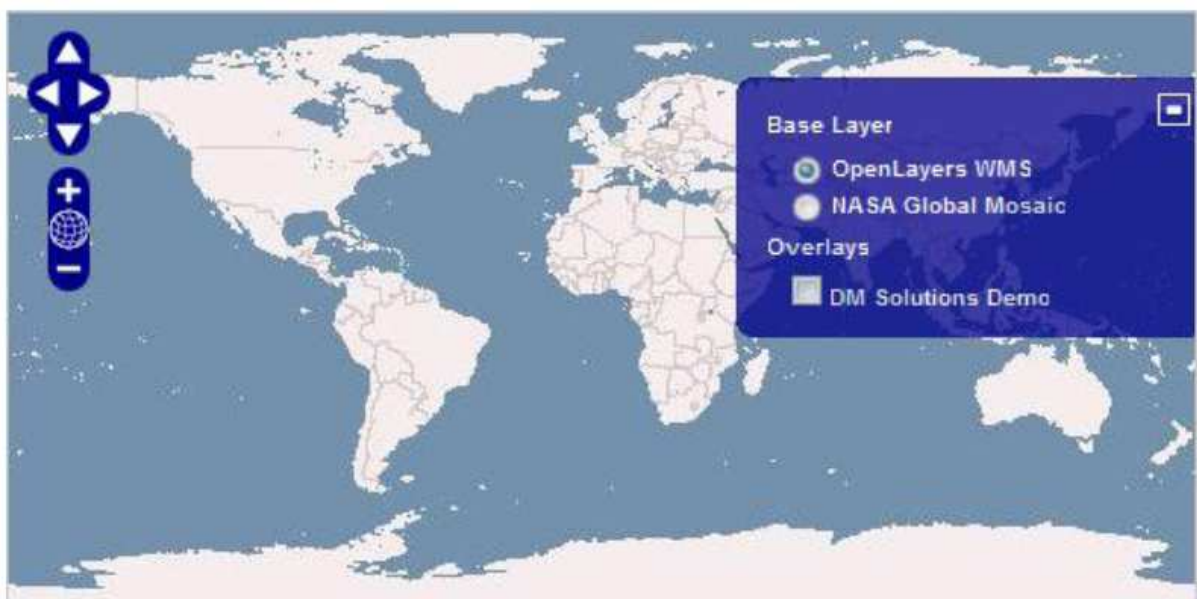


Figura 14. Exemplo de mapa com OpenLayers
Fonte: (OpenLayers, [s.d.])

2.6.4. GIS Desktop

A primeira geração de SIG caracteriza-se por sistemas com operações gráficas e de análise espacial sobre arquivos ("flat files"). Sua ligação com gerenciadores de bancos de dados é parcial (parte das informações descritivas se encontra no sistema de arquivos) ou inexistente. Mais adequados à realização de *projetos de análise espacial* sobre regiões de pequeno e médio porte, estes sistemas enfatizam o aspecto de mapeamento. O sistema permite a entrada de dados sem definição prévia do esquema conceitual, assemelhando-se assim ambientes de CAD que possuem a capacidade de representar projeções cartográficas e de associar atributos a objetos espaciais.

Por força de sua concepção, tais ambientes não possuem suporte adequado para construir grandes bases de dados espaciais. Num "GIS desktop" tradicional, os dados geográficos são armazenados de forma separada, com os atributos descritivos guardados em tabelas (usualmente no padrão xBase) e as geometrias em formatos proprietários (como os "shapefiles" do ARC/VIEW). Originalmente sistemas simples de consulta e apresentação de dados os "GIS desktop" tem evoluído para oferecer uma crescente gama de funcionalidade, incluindo:

- A combinação de tratamento de dados vetoriais e matriciais ("raster") no mesmo ambiente, com uma integração maior entre Processamento de Imagens e GIS, a exemplo do IDRISI.
- Linguagens de programação de "scripts", em que as variáveis refletem os tipos de dados geográficos suportados pelo sistema (e.g., AVENUE do ARC/VIEW e MAPBASIC do MAPINFO), e que permitem ampliar a funcionalidade disponível.
- Ferramentas sofisticadas de Análise Espacial, como os módulos de Geoestatística disponíveis nas novas versões do IDRISI, ARC/INFO E SPRING e funções de Álgebra de Mapas como as disponíveis no módulo SPATIAL ANALYST do ARC/VIEW.
- Uma integração do "desktop" com os gerenciadores de dados geográficos, como no caso da ligação entre GEOMEDIA com ORACLE

SPATIAL e AUTODESK WORLD com VISION* e TerraView com mySQL e PostgreSQL.

- O aumento da potencial de interoperabilidade e da conversão automática de formatos de dados geográficos, como suportado pelo GEOMEDIA.
- O uso de conceitos de orientação-a-objetos, que permitem uma aproximação melhor entre os problemas do mundo real e sua representação computacional, como no ARC/GIS-9 e no SPRING.

2.6.4.1. SIG Spring

O SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um Sistema de Informação Geográfico com funções de processamento de imagens, análise espacial e consulta a banco de dados espaciais e foi desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e pode ser executado em plataformas Windows ou Unix. É baseado no modelo orientado a objeto e possui algoritmos especiais capazes realizarem indexação espacial, segmentação de imagens e geração de grades triangulares, garantindo desempenho avançada em variadas aplicações. Os parceiros do INPE no desenvolvimento do SPRING são: EMBRAPA/CNPq; IBM Brasil; TECGRAF-PUC Rio; Petrobrás/CENPES.

A base de dados e a interface do SPRING são únicas, tanto para microcomputadores (PC) quanto para máquinas RISC (Workstation UNIX), não exigindo assim nenhum tipo conversão (Spring2, 2009). Os principais objetivos do INPE com o projeto SPRING são (Spring, 2009):

- Construção de um SIG de fácil aprendizado e acessível a toda comunidade brasileira para serem utilizadas em diversas áreas como: Agricultura, Geografia, Geologia, Gestão Ambiental, Planejamento Urbano e Regional.
- Fornecer um ambiente unificado de geoprocessamento e sensoriamento remoto em aplicações urbanas e ambientais.

O SPRING é composto por três módulos. A seguir os módulos e suas respectivas definições (SIG, 2009):

- IMPIMA: responsável pela leitura das imagens digitais do satélite captadas pelo INPE, através de CD-ROM (*Compact Disk-*

ReadOnlyMemory), CCT (*Computer Compatible Tapes*), “streamer” (60 ou 150 MB (*Mega Byte*)) e DAT (*Digital Audio Tape-4 ou 8 mm*) captadas através de sensores TM/LANDSAT-5. HRV/SPOT e AVHRR/NOAA. Responsável pela conversão de imagens do formato BSQ, Fast Format, BIL e 1B para o formato GRID (Gridded Binary).

- SPRING: Considerado o principal módulo de entrada, manipulação e transformação de dados geográficos; responsável pela execução de funções relacionadas à criação, manipulação e consulta de dados. É também neste módulo que ocorre a entrada de dados, processamento digital das imagens, modelagem numérica do terreno e análise geográfica de dados.

SCARTA: Neste módulo edita uma carta e gera arquivo para impressão a partir de resultados obtidos no módulo SPRING, apresentando sob forma cartográfica.

2.6.4.2. TerraView

Este sistema é um visualizador de bases cartográficas voltadas para aplicações de SIG. Ele possui uma interface amigável e capacidade de manipular dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens). Ele foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utilizando a biblioteca TerraLib.

Com vários recursos estatísticos, este sistema é ideal para aplicações acadêmicas, permitindo o estudo de conceitos mais técnicos. O TerraView possui algumas limitações que dificultam o emprego do mesmo em ambiente corporativo:

- Apesar de trabalhar com o PostgreSQL, o TerraView não segue a especificação SFS (OGC), trabalhando com uma estrutura de dados própria¹¹. Isto significa que uma base de dados criada pelo TerraView no PostgreSQL não pode ser acessada pelas aplicações que seguem a SFS (JUMP, Thuban, GRASS, QGIS, MapServer, GeoServer, etc);
- O projeto não incentiva a criação de uma comunidade para ajudar na manutenção e no desenvolvimento do sistema, tendo, como consequência, um site com pouca informação e manuais com abordagens superficiais.

2.6.4.3. QuantumGis

O QGIS é um visualizador de dados geográficos com interface amigável. Possui poucos recursos para tratamento dos dados (vetoriais ou matriciais), mas permite acesso a uma grande variedade de dados vetoriais através da biblioteca OGR.

Também suporta vários formatos matriciais (ESRI® ArcGrid, ERDAS, GeoTIFF, etc). Com uma crescente comunidade, este projeto também contempla o padrão SFS (OGC) e já prevê, nas próximas versões, o desenvolvimento de ferramentas para edição de arquivos ESRI® Shapefiles e camadas do PostGIS.

2.6.4.4. Kosmo GIS

É uma aplicação GIS multiplataforma construída a partir do Jump Project, onde tem vantagens em cima do ArcView e gvSIG:

- Interface amigável;
- Conexão com Oracle, MySQL e PostgreSQL (somente o gvSIG tem essa maleabilidade, no ArcGIS é necessário comprar um módulo da Obtuse Software para conectar no PostgreSQL+PostGIS e MySQL+MyGIS);
- Mais leve, podendo aproveitar máquinas mais velhas para a produção;
- Edição avançada de simbologia, sendo superior ao gvSIG nesse quesito;
- Também gera layout de mapas e saída em PDF;
- Acompanha o desenvolvimento do Jump Project e gvSIG, até porque serem ferramentas similares

2.6.4.5. GvSIG

O gvSIG é aplicativo SIG para desktop rico em funcionalidades e de código aberto. Possui capacidade de trabalhar com os seguintes formatos:

- raster : ecw, ENVI hdr, ERDAS img, (Geo)TIFF, GRASS, ...
- vetor& CAD: shapefile, GML, KML, DGN, DXF, DWG
- bases de dados: PostGIS, MySQL, Oracle, ArcSDE
- remoto: ECWP, ArcIMS

Pode ainda se conectar com:

- WMS
- WFS (and WFS-T)
- WCS
- WMC

Possui ferramentas de geoprocessamento, integração com CAD além de ferramentas avançadas para tratamento de imagens.

2.6.4.6. OpenJUMP

No início foi chamado apenas de JUMP (JAVA UnifiedMapping Platform), e se tornou popular no mundo livre de SIG(Sistema de informação Geográfica), desenhado por Vivid Solutions. Atualmente é desenvolvido e mantido por um grupo de voluntários de todo o mundo e passou a se chamar Open JUMP.

GML ou "Geography Markup Language" é um "xml" (com base em texto) para o formato de dados GIS. Esta é uma maneira de descrever a informação espacial em forma legível, e é aceito como um "padrão aberto" de dados GIS. OpenJUMP atualmente pode ler e gravar dados GML, e espera que a equipe desenvolva uma série de utilitários que vão melhorar OpenJUMP da capacidade para trabalhar com GML. A capacidade de trabalhar com um formato aberto como o GML é tão importante para alguns executores porque ele dá alternativas aos proprietários formatos como Autodesk DWG ou arquivos ESRI Shapefiles.

OpenJUMP contudo também lê e grava Shapefiles ESRI e ESRI suporta formato ASCII grid com um plugin OpenJump da SIGLE equipe. Enquanto OpenJUMP for considerado primeiramente um vetor baseado GIS, ele também suporta raster (visualização), como TIF ou os arquivos acima ESRI ASCII grid.

A versão atual tem suporte limitado para a exibição de imagens e um bom suporte para mostrar os dados obtidos a partir de WMS e WFS web-services. Pode-se criar um estilo para mostrar as informações contidas no display que mostra o mapa no Openjump. Este software tem limites muito grandes em ler arquivos de dados e tem pouco apoio às projeções cartográficas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e seus limites

A cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas está situada à margem esquerda do rio Negro, a 18 km á montante de sua confluência com o rio Solimões e a quase 2.000 km do litoral Atlântico. Esta localizada a 3° 8' 7" de latitude ao sul e a 60° 18' 34" de longitude a oeste de GREENWICH. A sua altitude é de 21m acima do nível do mar, dista 1.931,5 km em linha reta de Brasília (Costa, 1992).

Com uma superfície de 11.401 km² e 1.646.602 habitantes (IBGE, 2007), Manaus está quase no centro da “Grande Planície Amazônica” sendo o clima caracterizado como tropical chuvoso, com temperatura média de 26°C e amplitude térmica entre o mês mais quente e o mês mais frio não ultrapassando 5°C. A precipitação média anual fica em torno de 2.000mm e a umidade relativa do ar é de 84,5% (INMET, 1996; INMET, 1997). A área do município apresenta superfície aparentemente plana, onde predomina o tipo de solo latossolo amarelo, nas áreas de declive ocorre à formação de Podzólico Vermelho Amarelo e na beira de igarapés, o tipo Glei e Aluvial (Costa, 1992).

A área de estudo, o Bairro Centro, está localizado na região sul da cidade. Têm como limites os bairros Aparecida, Presidente Getúlio Vargas (Matinha), Praça 14 de Janeiro, Educandos e Cachoeirinha. A partir de 1967, com a criação da Zona Franca de Manaus, o centro da cidade tornou-se um grande polo de concentração econômica e de grande impacto antrópico. Na Figura 15 está representada a área de estudo.



Figura 15. Mapa de localização do bairro Centro, Município de Manaus

Para alcançar os objetivos desse projeto foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre gestão de arborização para sua devida aplicação durante o desenvolvimento deste projeto.

3.2. Materiais utilizados

3.2.1. Equipamentos Computacionais

- Notebook Intel core 2 duo 2.0GHz, 4GB de RAM;
- HP Laserjet 1020.

3.2.2. Programas computacionais

- gvSIG versão 1.9;
- Kosmo versão 2.0;
- QuantumGIS versão 1.5;
- OpenJUMP versão 1.3;
- Banco de dados PostgreSQL versão 8.4;
- PostGIS versão 1.5.
- PGAdmin 1.10

3.3. Procedimento metodológico

3.3.1. Desenvolvimento do modelo cadastral

Inicialmente foi realizado um levantamento preliminar das informações disponíveis sobre a área de estudo. Para tal, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica e obtido os dados sobre o levantamento qualitativo e quantitativo da arborização de ruas do centro de Manaus realizado pelo laboratório de Estudo da Paisagem da UFAM no período de 1º de setembro a 30 de dezembro de 2009.

Estes dados foram disponibilizados pelo referido laboratório, catalogados, organizados e processados de acordo com as necessidades de análise.

Os dados das árvores de ruas, constituído de um grupo de variáveis quali-quantitativas foram analisados para servir de base para o desenvolvimento do modelo cadastral.

A base de dados foi àquela disponibilizada pelo laboratório de estudo da paisagem. As variáveis quali-quantitativas utilizadas foram:

- I. TRÁFEGO: Tráfego que predomina na rua

II. RUA: Nome da rua.

III. LADO. (Este foi considerado de acordo com a situação de campo)

- a) Par: Calçada lateral.
- b) Cant. Cen.: Canteiro central
- c) Impar: Calçada lateral.

IV. ESPÉCIE: A árvore deve ser identificada pelo seu nome vulgar, ou seja, o nome pelo qual é conhecida popularmente.

V. COD_ESPECIE: Número da espécie.

- 0: N.I. (Não identificado).
- 1: *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. (Oiti).
- 2: *Averrhoa carambola* (Carambola).
- 3: *Mangifera indica* Linn. (Manga).
- 4: *Terminalia catappa* Linn (Castanhola).
- 5: *Cenastigmate cantinum* Duck (Pau pretinho).
- 6: *Ficus benjamina* L. (Ficus).
- 7: *Clitoria racemosa* Benth (Palheteira).
- 8: *Adenanthem rapavonina* Linn (Tento).
- 9: *Delonix regia* (Flamboian).
- 10: *Eugenia malaccensis* Linn (Jambo).
- 11: *Artocarpus integrifolia* L.f. (Jaca).
- 12: *Anacardium spruceanum* (Caju).
- 13: *Ingaedulis* Mart (Inga).
- 14: *Cocos nucifera* (Coco).
- 15: *Livistona chinensis* (Palmeira).

VI. LONGITUDE: Posição geográfica longitude.

VII. LATITUDE: Posição geográfica latitude.

VIII. RAIZ: Condição da raiz

- 1 = Raiz totalmente de forma subterrânea.
- 2 = Raiz de forma superficial só na área de crescimento da planta.
- 3 = Raiz de forma superficial, ultrapassando a área de crescimento da árvore, provocando significativas rachaduras nas calçadas.

IX. TRONCO: Condição do tronco

- 1 = Tronco com casca sem danos, forma ereta, livre de presença de pragas e doenças.
- 2 = Tronco com leve tortuosidade e/ou parte da casca destruída, exigindo pequenos reparos; poucos sinais de pragas e doenças.
- 3 = Tronco apresentando grande tortuosidade e/ou parte da casca destruída; mostra severos danos causados por pragas e doenças.

X. COPA: Condição da copa

- 1 = Copa vigorosa: Não apresenta sinais de doenças, ou injúrias mecânicas; com pouco ou nenhum trabalho de correção.
- 2 = Copa com média vigor: Pode precisar de podas corretivas ou reparos.
- 3 = Copa em estado geral de declínio: Mostra severos danos causados por pragas, doenças e injúrias mecânicas.

XI. GERAL: Condição geral da árvore

- 1 = Árvore boa: Quando a raiz, o tronco e a copa ganham apenas nota 1.
- 2 = Árvore regular: Quando a raiz, o tronco e a copa obtiverem notas 2 e 1.
- 3 = Árvore ruim ou morta: Quando a raiz, o tronco e a copa obtiveram nota 3.

XII. C_CC: Condição da calçada ou canteiro central (no caso da planta estar localizada na calçada ou no canteiro central).

- 1=Boa: Não apresenta nenhum dano.
- 2 = Regular: Apresenta rachaduras significativas causadas pelas raízes, mas com reparo.
- 3 = Ruim: Apresenta grandes rachaduras causadas pelas raízes necessitando estas de poda para que possa ser reconstruída.
- 4 =Não se aplicam ao caso: ou seja, a planta não está localizada na calçada.

XIII. VANDALISMO: Dano causado por vandalismo

- FALSE = A árvore não apresenta danos.
- TRUE = A árvore apresenta danos.

XIV. PODA: Dano causado por poda

- FALSE = A árvore não apresenta.
- TRUE = A árvore apresenta danos.

XV. CONSTRUCA: Dano causado por construção:

- FALSE = A árvore não apresenta danos causados devido à interferência de construções.
- TRUE = A árvore apresenta danos causados devido à interferência de construções.

XVI. MEIO_FIO. Distância em metros da árvore ao meio-fio.

XVII. CONSTRUCAO: Distância em metros da árvore a construção.

XVIII. ESPACAMENTO: Distância em metros entre árvores.

XIX. LARGURA_C: Largura da calçada ou canteiro central

XX. POSICAO: Posição da fiação em relação à copa da árvore

- 1 = Não existe relação entre a fiação e a copa da árvore.
- 2 = Abaixo: Fiação abaixo da copa da árvore.
- 3 = Meio: Fiação no meio da copa da árvore.

- 4 = Acima: Fiação acima da copa da árvore, sendo esta a condição ideal para que não haja contato entre a copa da árvore e a fiação.
- 5 = Meio para cima: A fiação está localizada no meio e em cima da copa da árvore.
- 6 = Meio para baixo: A fiação está localizada no meio e embaixo da copa da árvore.

XXI. AF_PREDIAL: Afastamento predial

- FALSE = Sem afastamento.
- TRUE = Com afastamento.

XXII. COMPATIBIL: A compatibilidade entre o porte e o espaço disponível, atribuindo-se nota dentro de uma numérica de 1 a 3 onde.

- 1 = Compatível.
- 2 = Mediamente compatível: Requerendo poda leve, porém sistemática para controle do tamanho e formada copa.
- 3 = Pouco compatível: Requerendo poda pesada e sistemática para controle do tamanho e forma da copa.

XXIII. ALTURA: Altura total da árvore em metros.

XXIV. ALTURA_BIF: Altura da bifurcação em metros.

XXV. CAP: Circunferência à altura do peito em metros

XXVI. D_COPA_LON: Diâmetro da copa longitudinal ao meio fio em metros.

XXVII. D_COPA_TRA: Diâmetro transversal ao meio fio em metros, raio sentido tronco-rua.

XXVIII. PODA_LEVE: Necessidade de tratamento de poda leve.

- FALSE = Não necessita.
- TRUE = Necessita.

XXIX. PODA_PESAD: Necessidade de tratamento de poda pesada

- FALSE = Não necessita.
- TRUE = Necessita.

XXX. CONT_FITO: Controle Fitossanitário

- 0 = Boa: Sem doenças, ou seja, sadias.
- 1 = Regular: doentes com recuperação.
- 2 = Ruim: Doentes sem recuperação.
- 3 = Mortas.

XXXI. REMOÇÃO: Necessidade de remoção da árvore

- FALSE: Sem remoção.
- TRUE: Com remoção.

Os tipos de dados qualitativos e quantitativos (variáveis) e suas nomenclaturas foram adaptados para o formato aceito pelo Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL utilizado para a estruturação do modelo de dados.

Com base nas variáveis descritas foi estruturado o dicionário de dados, na qual foram criadas regras de armazenamento constituídas de definições e representações para as variáveis de dados do modelo cadastral.

O modelo de dados foi desenvolvido com base nas informações disponíveis sobre as árvores de ruas, constituindo-se de dados espaciais, representação de pontos para as árvores e linhas para as ruas e polígonos para as quadras e dados de atributos (descritivo e alfanumérico) para as árvores de rua.

Os dados de atributos foram modelados, de acordo com o dicionário de dados estruturados.

Após a definição do modelo cadastral foi utilizado o SGBD PostgreSQL para criar o modelo de dados no ambiente computacional através de tabelas.

3.3.2. Geração do banco de dados, armazenamento e consulta do modelo cadastral no ambiente computacional.

3.3.2.1. Geração do banco de dados

Após a conclusão da modelagem conceitual, o passo seguinte foi a criação do banco de dados.

Para a criação do banco de dados, primeiramente foi instalado o SGBD PostgreSQL. Em seguida foi utilizado a ferramenta pgAdmin para a criação do referido banco.

Na figura 16 é apresentado a tela principal do PGAdmin, foi selecionado a opção “New Database”, na qual abre uma nova tela das configurações do banco de dados que foi criado.

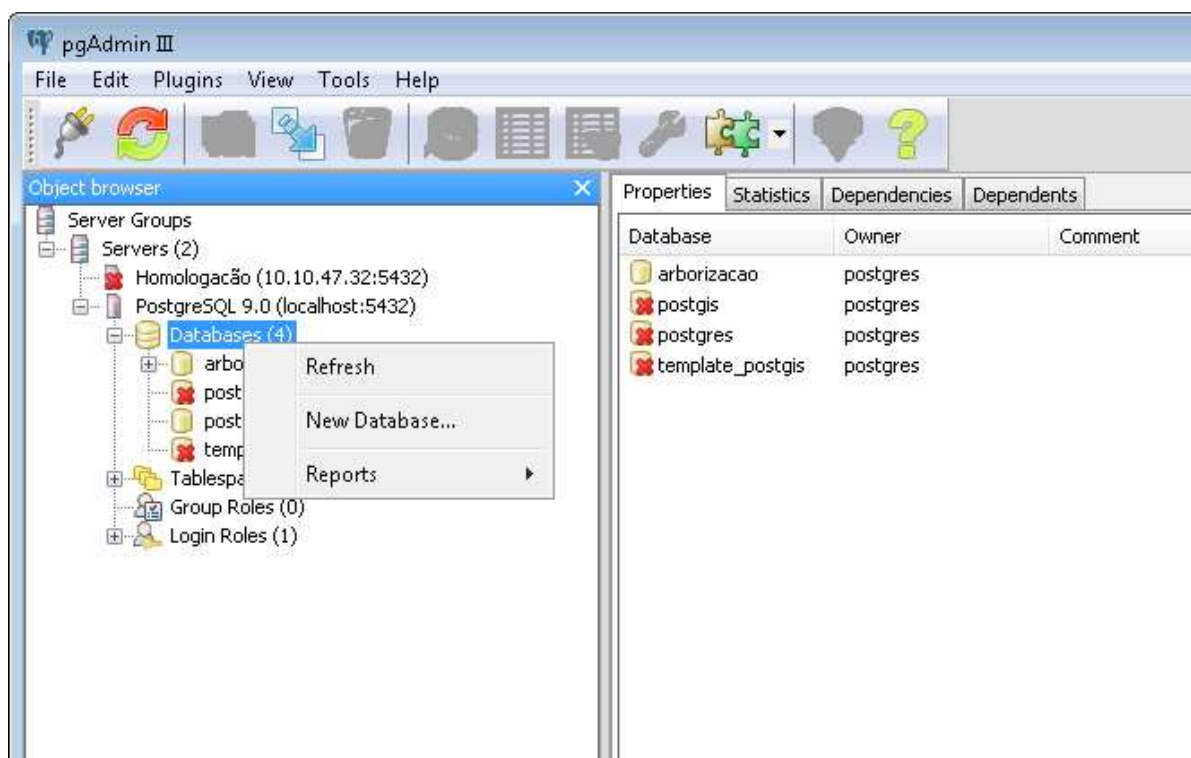


Figura 16. Tela principal do PGAdmin

Na figura 17 é apresentada a tela de criação do banco de dados. No campo 01, descrição do nome do banco de dados, na qual foi definido como “arborização”. No campo 02, é o identificador da tabela como objeto. No campo 03, é o nome do usuário administrador do banco de dados, que por padrão utilizou-se postgres. No campo 04, é o tipo de idioma do banco, neste caso utilizou-se UTF-8 pelo motivo do banco está no idioma português brasileiro.

No campo 05, são os modelos de banco existentes, neste caso não houve nenhum modelo utilizar. No campo 06 é apenas um lugar no sistema de arquivos onde serão armazenados os objetos. No campo 07 é uma separação lógica do banco de dados. No campo 08 é a codificação de caracteres existente no banco de dados, no projeto foi utilizado o “Portugueses, Brazil”. No campo 09 é o tipo de

caracteres armazenados, no projeto foi utilizado o “Portuguese, Brazil”. No campo 10 é o limite de conexões, neste caso foi utilizado “-1” sem limite de conexões. No campo 11 é utilizado caso deseje fazer algum comentário referente ao banco de dados criado.

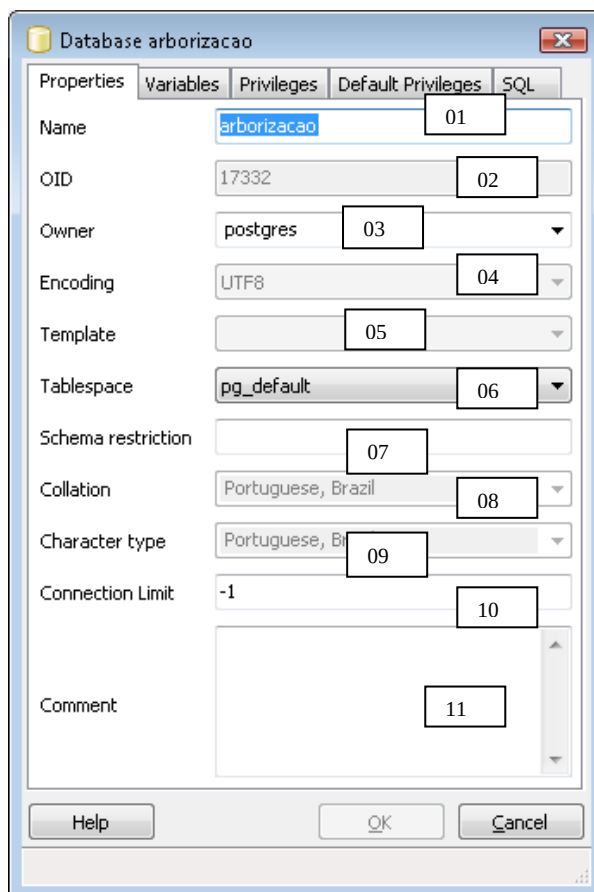


Figura 17. Tela de criação do banco de dados

Após a criação do banco de dados, na figura 18 é demonstrado o procedimento para elaboração da tabela “arvores”, na qual para as demais tabelas segue o mesmo processo. No campo 01, é a descrição do nome da tabela, neste caso foi dado o nome “arvores” devido às informações serem referente às árvores. No campo 02, é o identificador da tabela como objeto. No campo 03, o usuário proprietário da tabela. No campo 04, é o nome da pasta no sistema de arquivos utilizada para armazenamento físico dos dados e objetos do banco de dados. No campo 05, é a percentagem que determina quão cheia o método de índice vai tentar deixar as páginas de índice. No campo 06, é reservado para adicionar algum comentário referente à tabela.

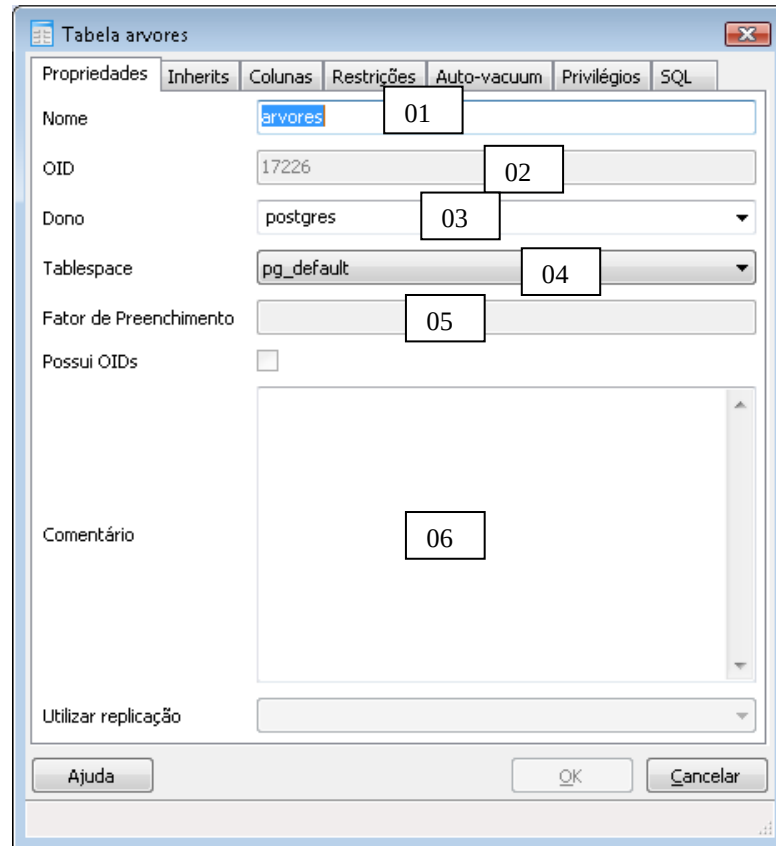


Figura 18. Tela de propriedades da tabela

O próximo passo foi à criação das colunas, conforme mostra na figura 19. Para iniciar o processo de criação da coluna foi selecionada a aba “Colunas”, na qual exibirá uma tela conforme demonstrada na figura 20.

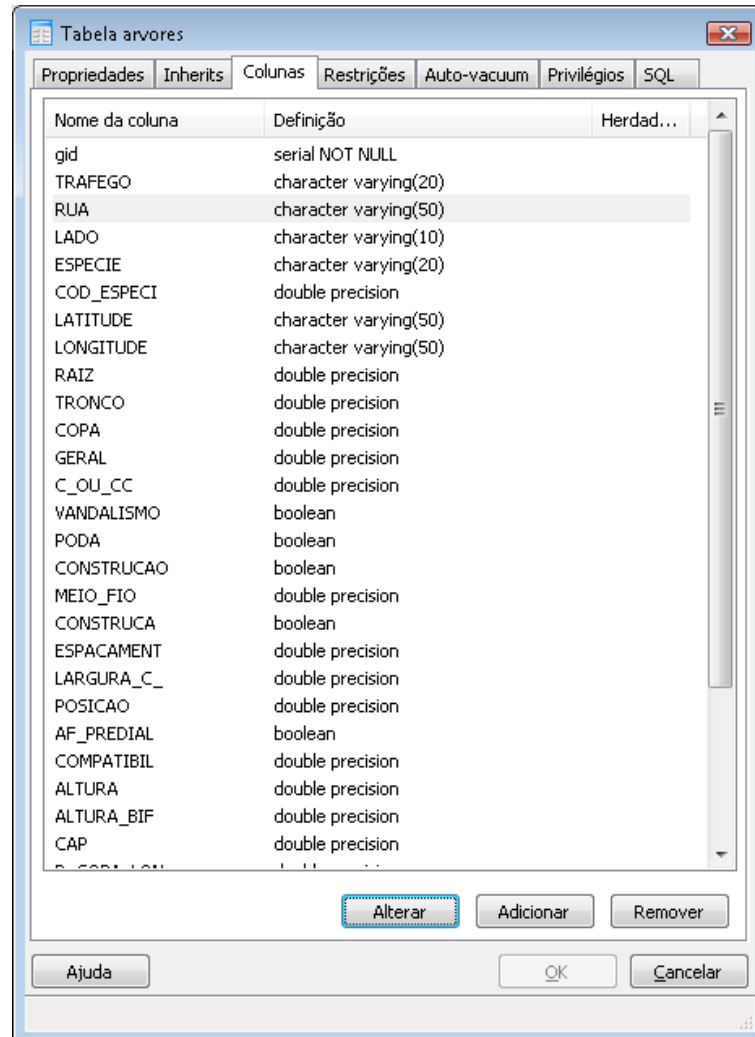


Figura 19. Tela das colunas da tabela

Na figura 20 é apresentada a tela para a criação de cada coluna da tabela. No campo 01, descrição do nome da coluna que neste caso foi definido como “RUA”. No campo 02, definição do tipo de dados que a coluna irá receber. No campo 03, definição da quantidade de caracteres a coluna irá receber. No campo 04, definição do tamanho preciso de caracteres que a coluna irá receber, neste caso foi “0” por não existir um tamanho preciso. No campo 05, o valor padrão que a coluna irá receber caso não seja preenchida. No campo 06, informa a quantidade de coletor estatístico. No campo 07, descrição de comentários. No campo 08, informa para qual SBGD, tabela e coluna irão ser replicados os dados da coluna. Por final o seleciona o botão “OK” e a coluna será criada.

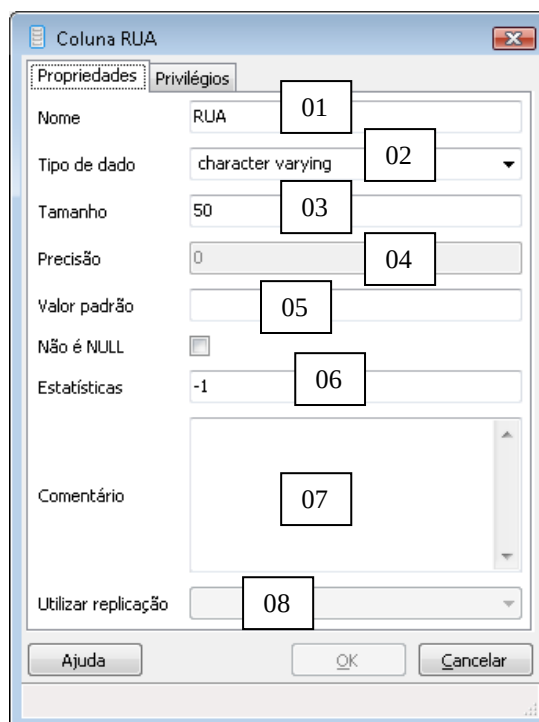


Figura 20. Tela de criação da coluna da tabela

3.3.2.2. Armazenamento dos dados

Após a criação do banco de dados o próximo passo foi a importação do arquivo *shapefile*, foi verificado no arquivo se os campos contido no arquivo “*.dbf” são iguais aos contidos no banco de dados para que não haja incompatibilidade, sem a necessidade de verificar os campos “gid” e “the_geom”, pois foi gerado automaticamente na importação.

Para a importação dos dados foi utilizado o SPIT, uma ferramenta do QuantumGIS de importação de arquivos *shapefile* para PostgreSQL/PostGIS que vem integrada ao *software*, apresentada na figura 21.



Figura 21. Ferramenta de importação de *shapefile*

Ao selecionar a ferramenta de importação será exibida a tela de importação demonstrada na figura 22.

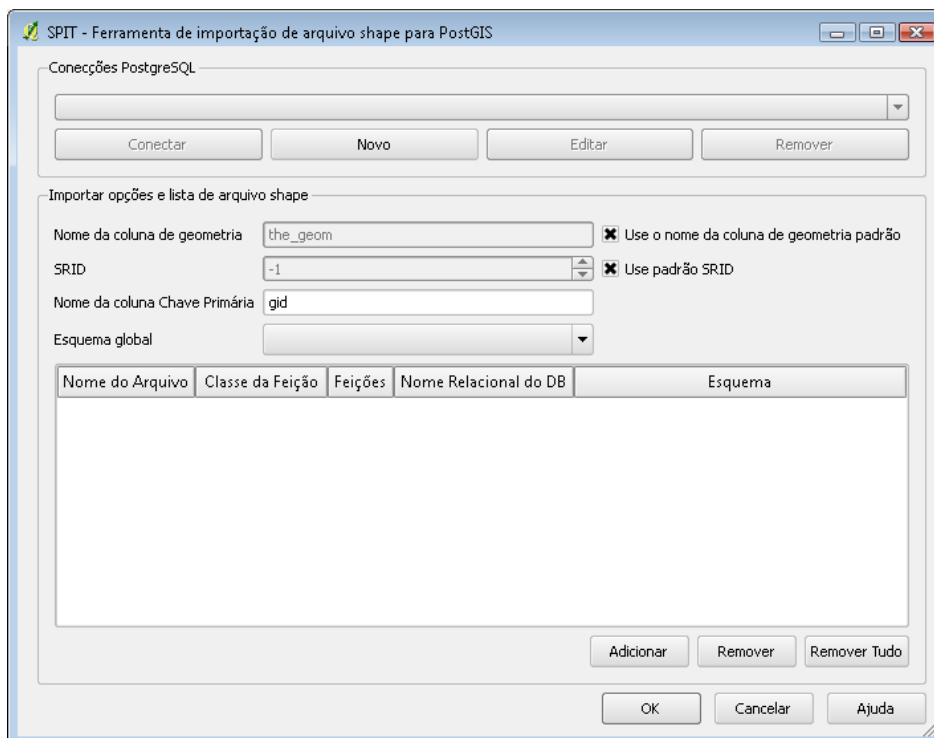


Figura 22. Ferramenta de importação do SPIT

Ao iniciar o processo de importação do arquivo para o SGBD foi necessário criar uma conexão ao banco de dados, foi selecionado para o caso botão “NOVO”, como pode ser observado na figura 22.

Depois de selecionado o botão foi exibido à tela de configuração para conectar ao banco de dados, demonstrada na figura 23. No campo 01, é a denominação, uma identificação dada à conexão. Pode ser aleatório, mas é aconselhável que se escolha algo que ajude a relacionar facilmente o nome da conexão ao tipo de dados representados por ela. Como só possui uma conexão a denominação utilizada foi “Local”, relacionando o local do SGBD. No campo 02, esse parâmetro diz respeito ao local onde serão armazenados os dados (Arquivo *.shp). No caso de computadores em rede, podem-se acessar os dados fornecendo-se o endereço IP (*Internet Protocol*) da máquina onde se encontra implantado o SGBD.

Como o SGBD encontra-se na máquina em nível local utilizou-se no parâmetro localhost. No campo 03, esse parâmetro foi preenchido, com o nome do banco de dados na qual será criada a nova tabela espacial. No projeto o nome do banco de dados é “arborização”. No campo 04 foi informado a porta de comunicação que é responsável pela entrada e saída de dados do SGBD, por padrão o SGBD PostgreSQL/PostGIS utiliza a porta 5432. No campo 05 esta opção utilizar-se o

modo SSL, neste habilita-se esse modulo quando se trabalha com conexão segura com criptografia, no caso desse projeto não houve a necessidade desse tipo de conexão. Os campos 06 e 07 identifica o usuário gerenciador do SGBD com permissão de acesso, visando maior segurança aos dados.

Existem outras opções de seleção para permitir que o nome do usuário e senha sejam salvos ao conectar com o SGBD, apenas olhar a tabela *geometry_columns* ou apenas olhar o esquema público contido no SGBD.

O botão “Testar Conexão” valida e verifica se a conexão foi estabelecida com o SGBD com sucesso.

A imagem mostra a janela de diálogo "Criar nova conexão PostGIS" com o título "Criar nova conexão PostGIS". O formulário contém os seguintes campos e controles:

- Nome:** Campo de texto com o valor "Local" e um botão de seleção (01) à direita.
- Máquina:** Campo de texto com o valor "localhost" e um botão de seleção (02) à direita.
- Base de dados:** Campo de texto com o valor "arborizacao" e um botão de seleção (03) à direita.
- Porta:** Campo de texto com o valor "5432" e um botão de seleção (04) à direita.
- Modo SSL:** Campo de texto com o valor "desabilitar" e um botão de seleção (05) à direita.
- Usuário:** Campo de texto com o valor "postgres" e um botão de seleção (06) à direita.
- Senha:** Campo de texto com pontos para ocultar a senha e um botão de seleção (07) à direita.
- Salvar nome do usuário:** Caixa de seleção marcada com um 'X'.
- Salvar Senha:** Caixa de seleção marcada com um 'X'.
- Testar Conexão:** Botão de ação.
- Opções adicionais:**
 - ☐ Apenas olhar na tabela *geometry_columns*
 - ☐ Apenas olhar no esquema 'público'
 - ☐ Usar metadados estimados de tabela
- Botões de controle:** "OK", "Cancelar" e "Ajuda" na base da janela.

Figura 23. Tela de configuração de conexão com PostGIS

Na figura 24 é demonstrada a configuração utilizada no projeto para o processo de importação dos dados contido no arquivo *shapefile*.

O campo 01, possui a lista de conexões criadas para comunicação ao SGBD PostgreSQL/PostGIS, no projeto foi escolhido a conexão “Local” criada anteriormente. No campo 02, botão responsável para conectar a conexão escolhido. No campo 03, botão responsável para criação de novas conexões ao SGBD PostgreSQL/PostGIS, como demonstrado anteriormente. No campo 04, botão

responsável para alterar as configurações da conexão escolhida. No campo 05, botão responsável para remover conexões criadas. No campo 06 foi informado o nome para a coluna geográfica que receberá os dados geográficos, por padrão foi utilizado o nome “the_geom”. No campo 07 foi informado o identificador do Sistema de Referência Espacial, relacionado com a projeção utilizada. No projeto foi utilizado o SRID ‘4291’ que se refere ao DATUM SAD 69 e as coordenadas geográficas (Latitude/Longitude). No campo 08 foi informado o nome da coluna chave primária, os valores dessa coluna não se repetem para que não haja duplicidade nos dados. No campo 09 foi informado qual esquema no SGBD será importado, utilizou-se o esquema “public” por não haver necessidade de criação de novos esquemas.

Os campos 10,11,12,13 e 14 são informações referente ao arquivo a ser importado. No campo 10, se informa o local onde se encontra o arquivo. No campo 11, tipo de feição neste caso foram pontos e linhas. No campo 12, quantidade de feições que serão importados. No campo 13, referente ao nome da tabela que irá receber os dados. No campo 14, descrição do nome do esquema para onde será importado.

Ao confirmar as configurações para importação, a ferramenta irá importar os dados ao banco de dados informando que os dados foram importados com sucesso.

SPIT - Ferramenta de importação de arquivo shape para PostGIS

Conecções PostgreSQL

Local (01)

Conectar (02) Novo (03) Editar (04) Remover (05)

Importar opções e lista de arquivo shape

Nome da coluna de geometria: the_geom (06) ☒ Use o nome da coluna de geometria padrão

SRID: 4291 (07) ☐ Use padrão SRID

Nome da coluna Chave Primária: gid (08)

Esquema global: public (09)

Nome do Arquivo	Classe da Feição	Feições	Nome Relacional do DB	Esquema
C:/Users/Jairo/Desktop/convertidos/arvores.shp	POINT	940	arvores	public
C:/Users/Jairo/Desktop/convertidos/ruascentro.shp	LINESTRING	800	ruasquadras	public

10 11 12 13 14

Adicionar Remover Remover Tudo

OK Cancelar Ajuda

Figura 24. Tela do SPIT

3.3.2.3. Consulta no ambiente computacional

Para a realização das consultas foi utilizado o banco de dados geográfico de cadastro de arborização de ruas desenvolvido para este fim.

Para tal análise, utilizou-se quatro (04) ferramentas SIG com conceito *software* livre: QuantumGIS, gvSIG, Kosmo e OpenJump.

Estas ferramentas foram utilizadas para realizar operações de visualização e consulta ao cadastro por meio de funções de análise.

As consultas realizadas foram às mesmas nos diferentes SIGs, comparando-se os resultados obtidos.

Nestas consultas foram consideradas as combinações de dados de localização e descritivas (atributos) das árvores de ruas, conforme especificações abaixo:

- a) Consulta 01: Qual a distribuição espacial e predominância das espécies de arborização de ruas?

Nesta consulta foi utilizado a variável ESPECIE separando cada espécie por cor.

- b) Consulta 02: Qual a população de árvores adultas por espécie encontrada?

Nesta consulta foi utilizado as variáveis CAP > '0.15' e ESPECIE, que identifica que a árvore está na fase adulta separando cada espécie por cor.

- c) Consulta 03: Quais as condições de qualidade de copa, tronco, raiz e no geral das árvores?

Nesta consulta foi utilizado as variáveis COPA (valores 1,2,3), TRONCO (valores 1,2,3), RAIZ (valores 1,2,3), GERAL (valores 1,2,3) e RUA. Para a variável COPA, TRONCO, RAIZ e GERAL foi associado a variável RUA para identificar o valor das notas por cor dos logradouros.

- d) Consulta 04: Qual a compatibilidade do porte da árvore com o espaço físico disponível para crescimento, para população total e por espécie de árvore?

Nesta consulta foram utilizadas as variáveis COMPATIBIL (valor true) e ESPECIE separando suas notas por cor.

e) Consulta 05: Qual o nível de danos físicos apresentados pelas árvores?

Nesta consulta foi utilizado a variável VANDALISMO (valor *true*), PODA (valor *true*) e CONSTRUCAO (valor *true*), verificando as árvores que sofreram algum tipo de dano.

f) Consulta 06: Qual a necessidade de tratamento a ser realizada nas árvores?

Nesta consulta foi utilizado as variáveis PODA_LEVE (valor *true*), PODA_PESAD (valor *'true'*) e CONT_FITO (valores 0,1,2,3,4) com valores, separando as árvores que necessitam de algum tipo de tratamento.

g) Consulta 07: Quais as árvores que necessitam ser removidas imediatamente?

Nesta consulta foi utilizado a variável REMOCAO com valor *'true'*, separando aquelas árvores que necessitam de remoção.

Em seguida os resultados dessas consultas realizadas nas quatro (04) SIGs livres foram apresentados individualmente e comparados entre si, verificando-se a similaridade ou não entre elas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.O Modelo cadastral

Para melhor entender os fenômenos geográficos e representa-los de maneira mais clara, foi criado um conjunto de estereótipos que favorece o uso para diferenciar os dois principais tipos de objetos pertencentes a um banco de dados geográficos.

Na figura 25, pode-se visualizar como estes estereótipos para associação são representada no modelo.

ObjetoEspacial	RepresentaçãoCampo	
 Ponto	 GradeCélulas	 GradePontos
 Linha	 PolAdjacentes	 TIN
 Polígono	 Isolinhas	 PontosIrregulares
 ObjComplexo		

Figura 25. Estereótipos para associação no modelo cadastral

Como resultado é demonstrado na figura 26 o modelo cadastral definido neste projeto para arborização de ruas.

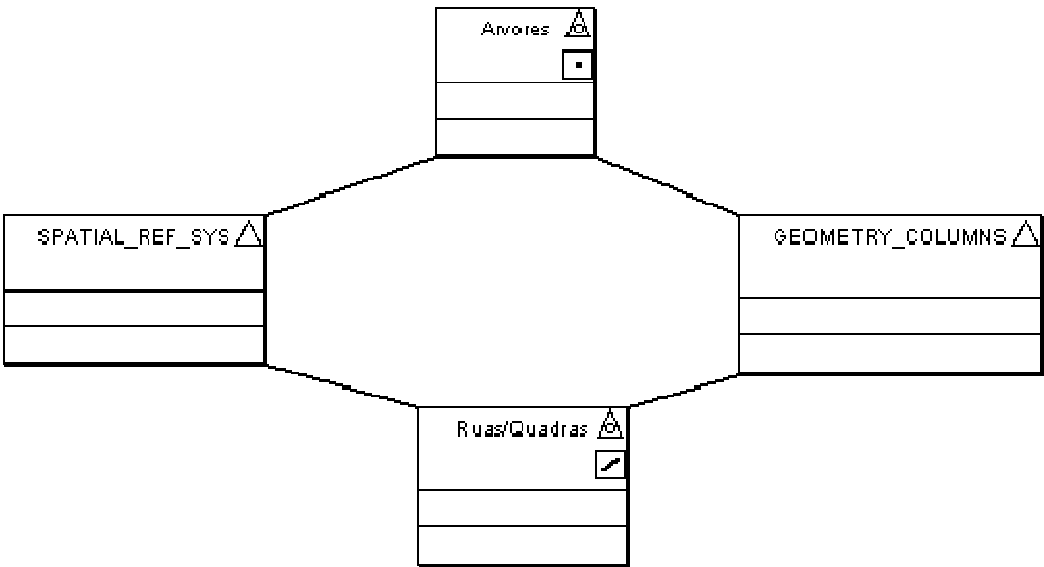


Figura 26. Modelo cadastral definido

Para melhor apresentação, organizou-se os atributos em tabelas. O dicionário de dados apresenta o nome dos atributos criados no banco de dados, os tipos de dados que será armazenado, os valores que serão assumidos, as regras de armazenamento, se a coluna receberá valor nulo ou não e a coluna de identificação única para que não haja duplicidade.

Nas tabelas 5,6,7 e 8 é demonstrado as definições dos dicionário de dados do modelo cadastral.

Nome	Tipo de dado	Não é Null?	Chave primária?	Comentário
Gid	Integer	Sim	Sim	Identificador geográfico da árvore
Trafego	Character	Não	Não	Tráfego que predomina a rua
Rua	Character	Não	Não	Nome da rua
Lado	Character	Não	Não	Local onde se encontra a árvore podendo ser: Par, Impar e Cant. Central
Espécie	Character	Não	Não	Nome popular da árvore
Cod_Especi	Double	Não	Não	Número da espécie. 0: N.I. (Não identificado), 1: Oiti, 2: Carambola, 3: Manga, 4: Castanhola, 5: Pau pretinho, 6: Ficus, 7: Palheteira, 8: Tendo, 9: Flamboian, 10: Jambo, 11: Jaca, 12: Caju, 13: Inga, 14: Coco, 15: Palmeira.
Latitude	Character	Não	Não	Coordenada geográfica de latitude
Longitude	Character	Não	Não	Coordenada geográfica de longitude
Raiz	Double	Não	Não	Condição da raiz: 1 – Totalmente subterrânea; 2 – Superficial só na área de crescimento da planta; 3 - superficial, ultrapassando a área de crescimento da árvore, provocando significativas rachaduras nas calçadas.
Tronco	Double	Não	Não	Condição do tronco: 1 – Casca sem dado, forma ereta, livre de presença de pragas e doenças; 2 – Leve tortuosidade e/ou parte da casca destruída, exigindo pequenos reparos; poucos sinais de pragas e doenças; 3 – Grande tortuosidade e/ou parte da casca destruída; mostra

				severos danos causados por pragas e doenças.
Copa	Double	Não	Não	Condições da copa: 1 – Vigorosa, não apresenta sinais de doença, ou injurias mecânicas, com pouco ou nenhum trabalho de correção; 2 – Médio vigor, pode precisar de podas corretivas ou reparos; 3 – Geral de declínio, mostra severos danos causados por pragas, doenças e injurias mecânicas.
Geral	Double	Não	Não	Condição geral: 1 – Boa, quando a raiz, o tronco e a copa ganham apenas nota 1; 2 – Regular, quando a raiz, o tronco e a copa obtiveram notas 1 ou 2; 3 – Ruim ou morta, quando a raiz, o tronco e a copa obtiveram nota 3.
c_ou_cc	Double	Não	Não	Condição da calçada ou canteiro central: 1 – Boa; 2 – Regular; 3 – Ruim; 4 – Não se aplica ao caso.
Vandalismo	Boolean	Não	Não	Dano por vandalismo: TRUE – Para verdadeiro e FALSE – para falso
Poda	Boolean	Não	Não	Necessidade de poda: TRUE – Para verdadeiro e FALSE – para falso
Construca	Boolean	Não	Não	Dano por construção: 0 – Não apresenta dano por construção; 1 – Apresenta dano por construção.
meio_fio	Double	Não	Não	Distância da árvore ao meio fio
Construção	Double	Não	Não	Distância da árvore à construção
Espacament	Double	Não	Não	Espaçamento de uma árvore com outra
largura_c_	Double	Não	Não	Largura da calçada
Posição	Double	Não	Não	Posição da fiação em relação a árvore
af_predial	Boolean	Não	Não	0 – com afastamento predial e 1 – sem afastamento predial
Compatibil	Double	Não	Não	Compatibilidade entre o porte e espaço disponível: 1 – Compatível; 2 – Medianamente compatível;

				3 – Pouco compatível.
Altura	Double	Não	Não	Altura total da árvore em metros
Altura_bif	Double	Não	Não	Altura da bifurcação em metros
Cap	Double	Não	Não	Circunferência á altura do peito em metros
D_copa_lon	Double	Não	Não	Diâmetro da copa longitudinal ao meio fio
D_copa_tra	Double	Não	Não	Diâmetro da copa transversal ao meio fio
Poda_leve	Boolean	Não	Não	Necessidade de poda pesada: TRUE – não necessita de poda leve; FALSE – necessita de poda leve.
Poda_pesad	Boolean	Não	Não	Necessidade de poda pesada: TRUE – não necessita de poda pesada; FALSE – necessita de poda pesada.
Cont_fito	Double	Não	Não	Condições fitossanitárias: 0 – Sadias; 1 – Regular: doente com recuperação; 2 – Ruim: doente sem recuperação; 3 – Morta
Remocao	Boolean	Não	Não	Necessidade de remoção: 0 – Não necessita de remoção; 1 – Necessita de remoção.
the_geom	Geometry	Não	Não	Identificador do objeto geográfico

Tabela 5. Dicionário de dados da tabela árvores

Name	Data type	NotNull?	Primarykey?	Comment
Srid	Integer	Yes	Yes	Identificador do sistema de referência espacial
auth_name	Character	No	No	Nome da codificação numérica
auth_srid	Integer	No	No	Codificação numérica do sistema de coordenadas
Srtext	Character	No	No	Informação da projeção
proj4text	Character	No	No	Sistema de projeção

Tabela 6. Dicionário de dados da tabela spatial_ref_sys

Name	Data type	NotNull?	Primarykey?	Comment
f_table_catalog	Character	Yes	Yes	Nome da tabela de catalogação
f_table_schema	Character	Yes	Yes	Nome do esquema
f_table_name	Character	Yes	Yes	Nome da tabela
f_geometry_column	Character	Yes	Yes	Nome da coluna geográfica
coord_dimension	Integer	Yes	No	Dimensão das coordenadas
Srid	Integer	Yes	No	Identificador do sistema de referência espacial
Type	Character	Yes	No	Tipo de tabela: Ponto, Linha e Poligono

Tabela 7. Dicionário de dados da tabela geometry_columns

Name	Data type	NotNull?	Primary key?	Default	Comment
Gid	Integer	Yes	Yes	nextval('ruascentro_gid_seq'::regclass)	Identificador da tabela
ENTITY	Character	No	No		Tipo da tabela
LAYER	Character	No	No		Nome da layer
ELEVATION	Double	No	No		Elevação
THICKNESS	Double	No	No		
COLOR	Integer	No	No		Cor da tabela
the_geom	Geometry	No	No		Identificador geográfico

Tabela 8. Dicionário de dados da tabela ruasquadra

4.2. Análise das consultas realizadas

4.2.1. Consulta 01: Distribuição espacial e predominância das espécies das encontradas

Nos dados levantados sobre o bairro Centro, na cidade de Manaus, foram cadastradas 902 árvores, e distribuídas entre 15 espécies, apresentada nas figuras 27, 28, 29 e 30, tabela 9 e gráfico 1. A espécie *Licania tomentosa* (Oiti) representou 71.06% do total, ou seja, das 902 árvores identificadas 641 foram Oitizeiros. Na recomendação de GODFREY (2001) recomenda que uma espécie não deva atingir valores maiores que 10 a 15% do plantio, tanto por razões fitossanitárias como estéticas, o centro de Manaus contradiz esta recomendação.

Além disso, as 5 principais espécies registradas representam 94,34% da arborização e estão distribuídas e concentradas em uma determinada área do centro da cidade.

Há outras ruas que não apresentam árvores, mesmo tendo condições de ser realizado o plantio. Esta situação induz a possibilidade de realizar um plano de arborização para as áreas que não estão arborizadas e que tenha espaço físico disponível de crescimento para as árvores a serem plantadas.

A maioria dos brasileiros ignora a extensa variedade de espécies nativas apropriadas para a arborização de áreas urbanas, ao passo em que privilegia as exóticas. As quais estando em um ambiente diferente do seu ambiente natural, podem manifestar características indesejáveis para áreas urbanas. De acordo com Santana e Santos (1999), escolhas equivocadas de espécies podem acarretar grande dispêndio de energia para a sua manutenção.

Nas figuras 27, 28, 29 e 30 é ilustrada a sua distribuição espacial das espécies encontradas, utilizando as quatro ferramentas.

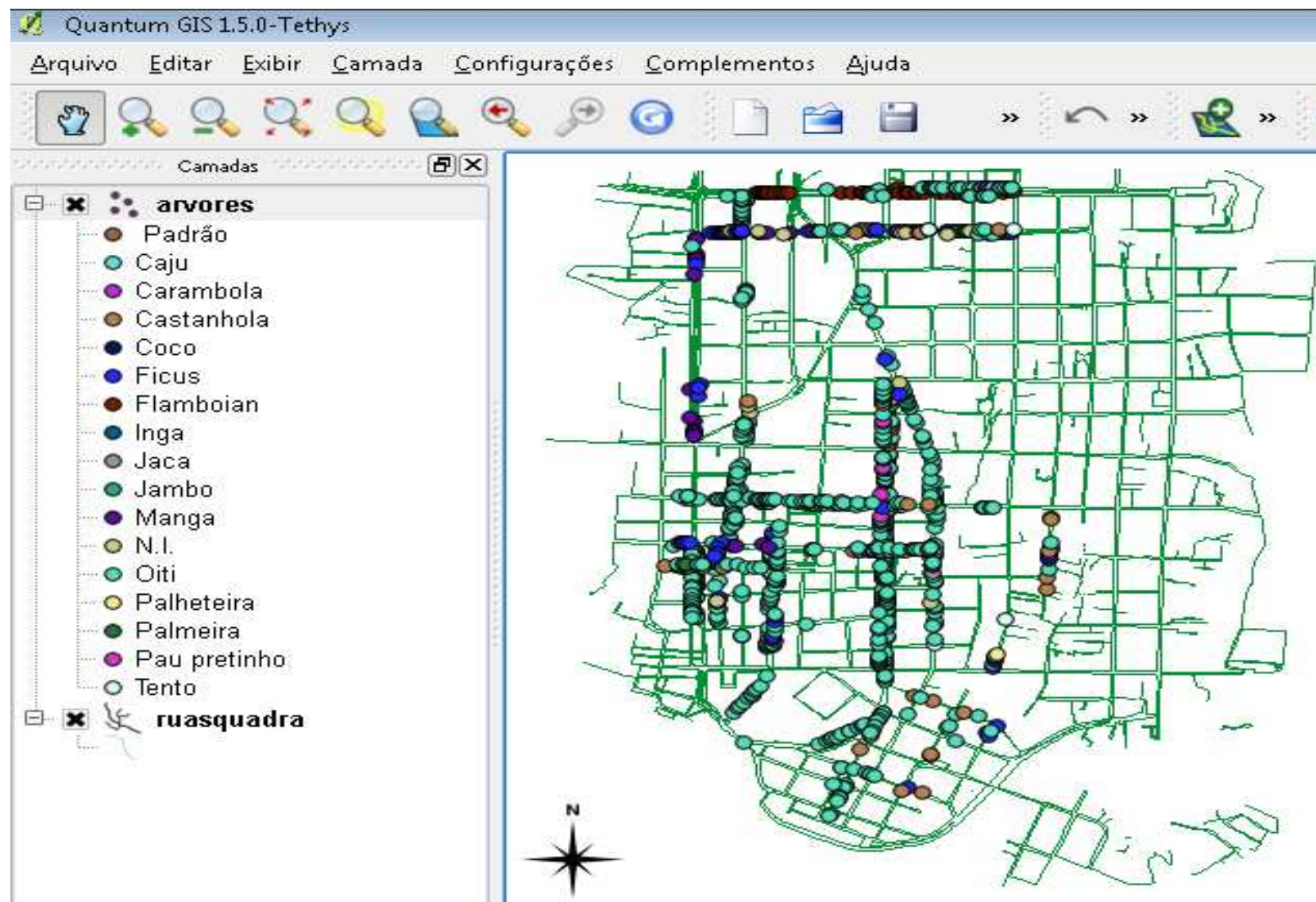


Figura 27. Distribuição espacial das espécies encontradas com QuantumGIS

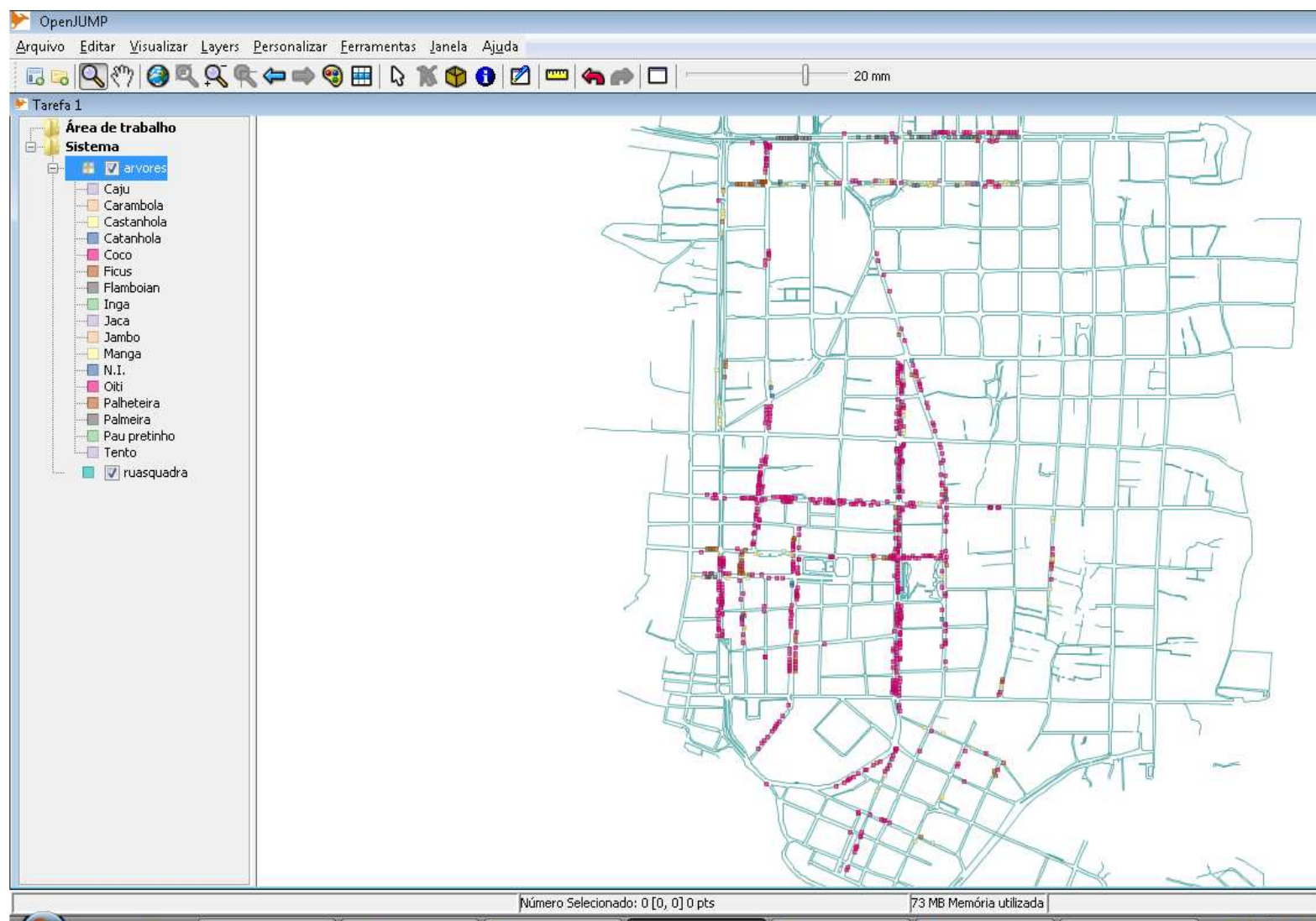


Figura 28. Distribuição espacial das espécies encontradas com OpenJUMP

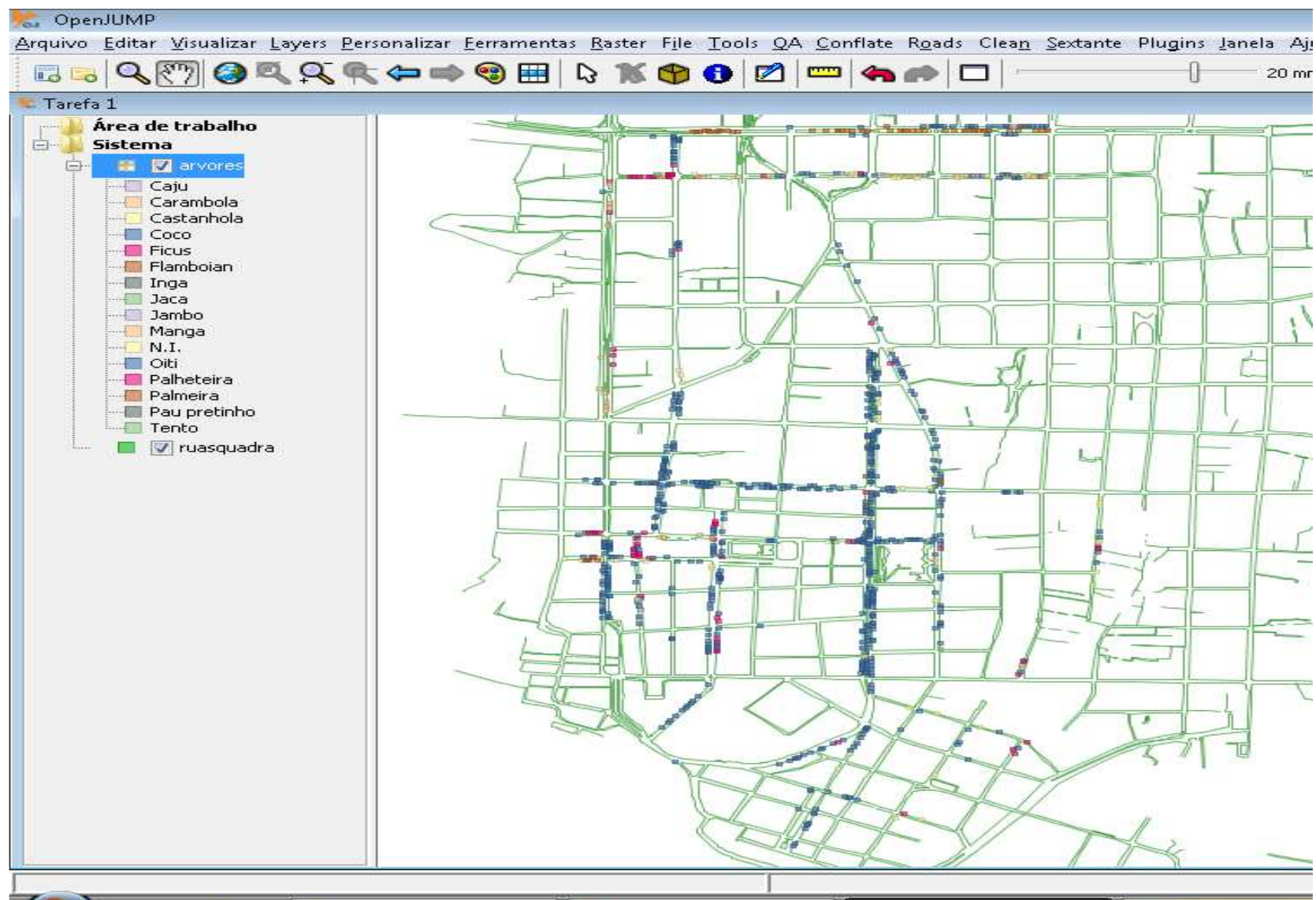


Figura 29. Distribuição espacial das espécies encontradas com gvSIG

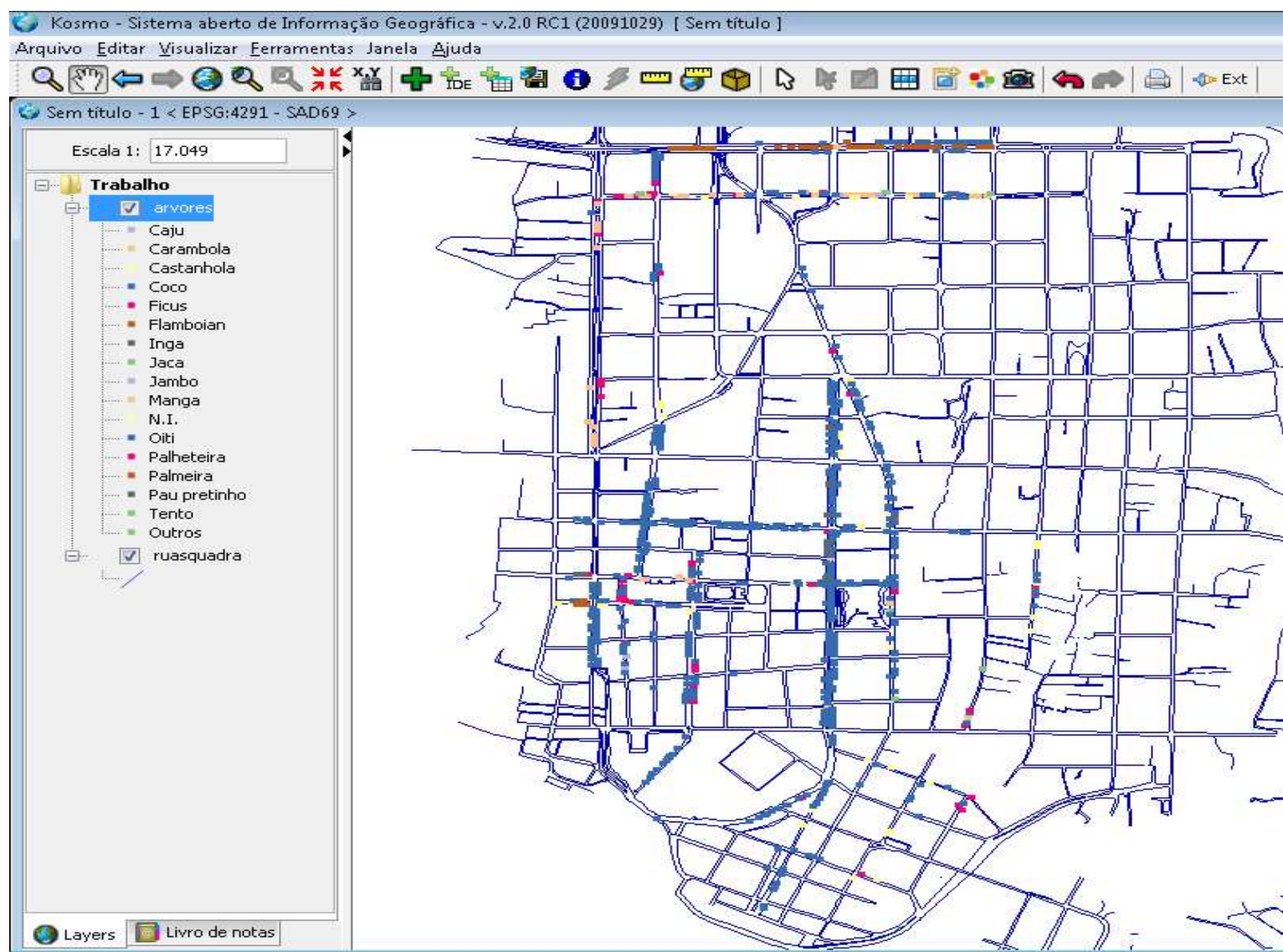


Figura 30. Distribuição espacial das espécies encontradas com Kosmo

Nestas figuras observa-se, que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das espécies de árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial da arborização.

Na tabela 9 é apresentado o nome científico e o nome popular, quantitativo e o percentual por espécie encontrada.

Nome científico	Nome popular	Quantidade	%
Licania tomentosa	Oiti	641	71.06%
Ficus benjamina	Ficus	66	7.32%
Delonix Regia	Flamboyan	49	5.43%
Mangifera indica Linn	Manga	48	5.32%
Terminalia catappa Linn	Castanhola	47	5.21%
Não Identificado	N.I.	14	1.55%
Eugenia malaccensis	Jambo	08	0.89%
Cenastigmato cantinum Ducke	Pau pretinho	08	0.89%
Adenanthera pavonina Linn	Tento vermelho	07	0.78%
Roystonea borinquena	Palmeira imperial	05	0.55%
Anacardium giganteum	Cajuaçu	03	0.33%
Clitoria racemosa Benth	Palheteira	02	0.22%
Averrhoa carambola	Carambola	01	0.11%
Cocosnucifera	Coco	01	0.11%
Ínga edulis Mart	Inga	01	0.11%
Artocarpus integrifolia L.f.	Jaca	01	0.11%
Total		902	100%

Tabela 9. Espécies levantadas na arborização

No gráfico 1 pode ser observado que a espécie predominante é Oiti representando 71,06% das espécies encontradas.

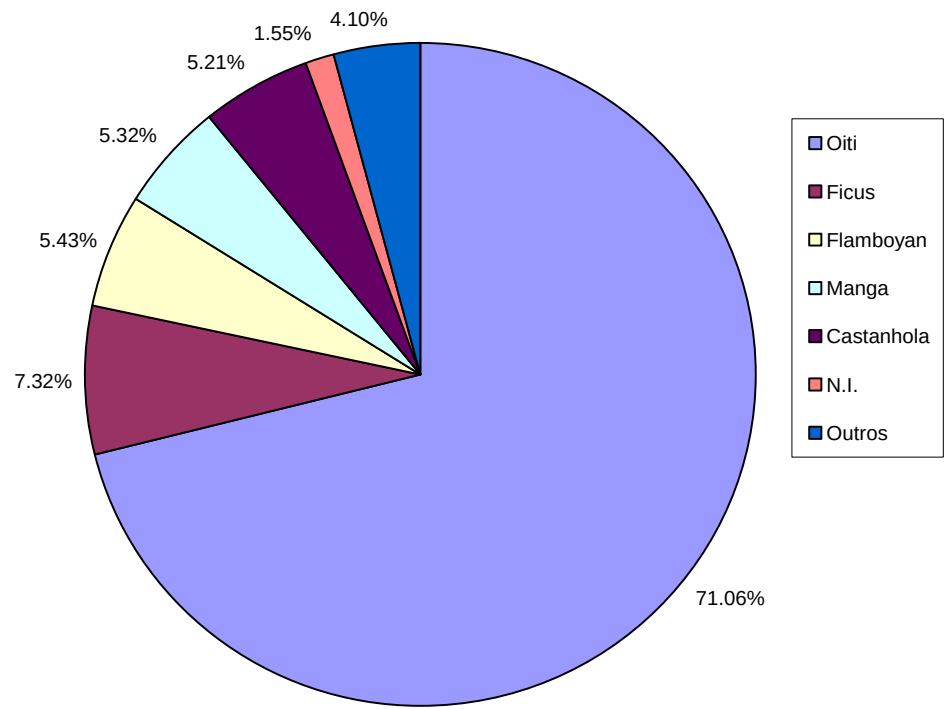


Gráfico 1. Percentual de diversidade das espécies cadastradas

Na figura 31 encontram-se espacialmente distribuídas as 05 (cinco) espécies de maior predominância encontradas.

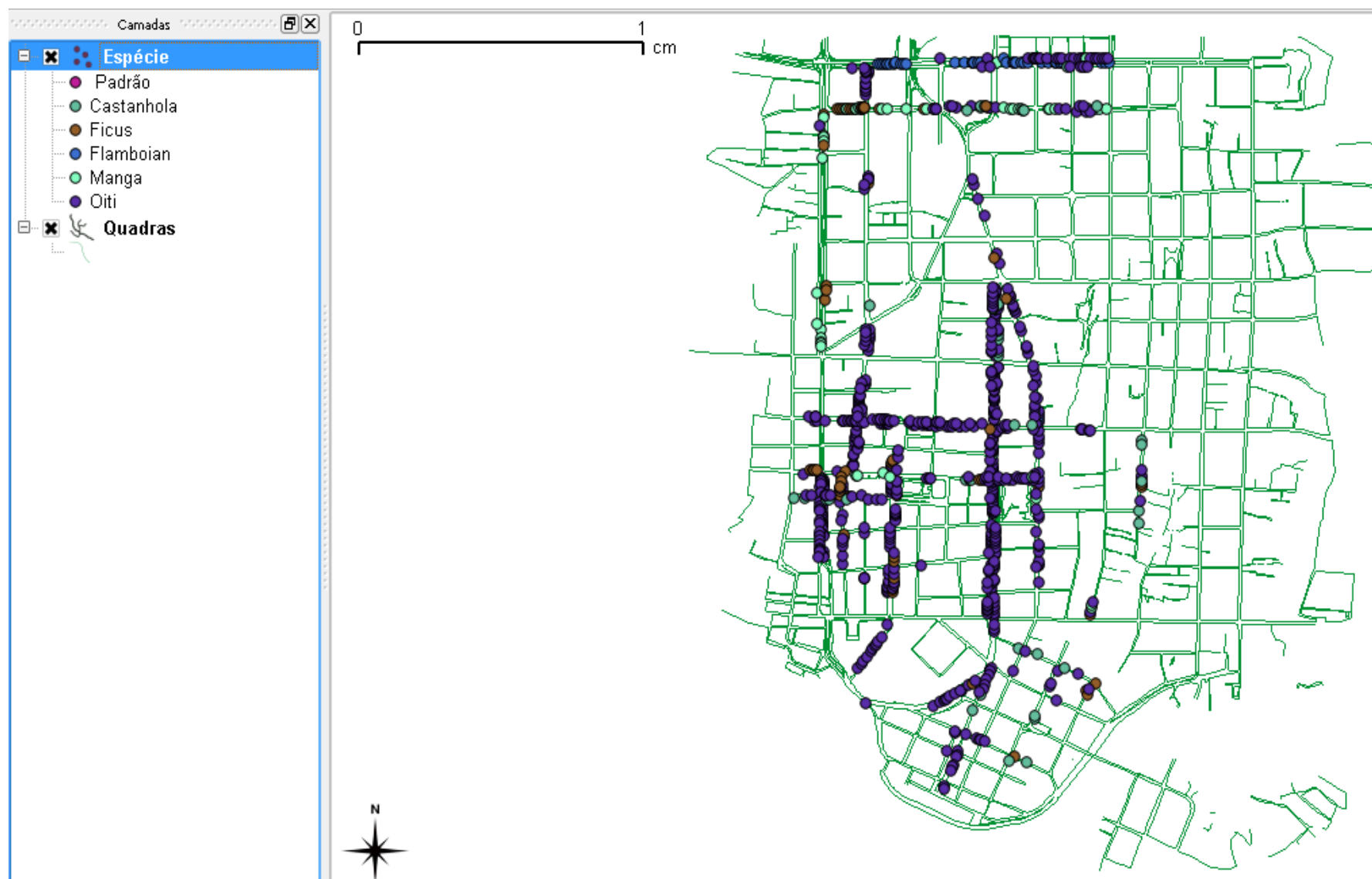


Figura 31. As 05 espécies de maior predominância

4.2.2. Consulta 02: População de árvores adultas

Muitos problemas na arborização de ruas se devem à presença de espécies inadequadas, quanto à harmonia em relação às redes elétricas ou impróprias para o passeio urbano. Isso exige do município e da concessionária de energia, dedicação especial na realização de diversos tratamentos silviculturais, tais como as podas e as substituições. A escolha correta da espécie, aliada às melhores práticas de manejo de vegetação junto a sistemas elétricos, evita a interferência das árvores nos bens e nos serviços públicos.

No planejamento de arborização de rua é necessário observar o comportamento de cada espécie para poder manejar, de maneira a ajudar no crescimento e desenvolvimento de determinadas espécies. Na falta de um planejamento algumas espécies podem prejudicar a fiação elétrica na fase adulta, por não ser adequado ao ambiente.

Para estimar a idade das espécies foi utilizado a variável CAP com seu valor maior que 0.15m.

O total de espécies adultas encontradas foi de 887, predominando as espécies Oiti, Ficus, Flamboyant, Manga e Castanhola. Das espécies adultas encontradas, 71,81% foi de Oiti que na sua fase adulta pode chegar até 20 metros de altura.

As figuras 32,33,34 e 35, tabela 10 e gráfico 1 mostram a distribuição dos indivíduos adultos.

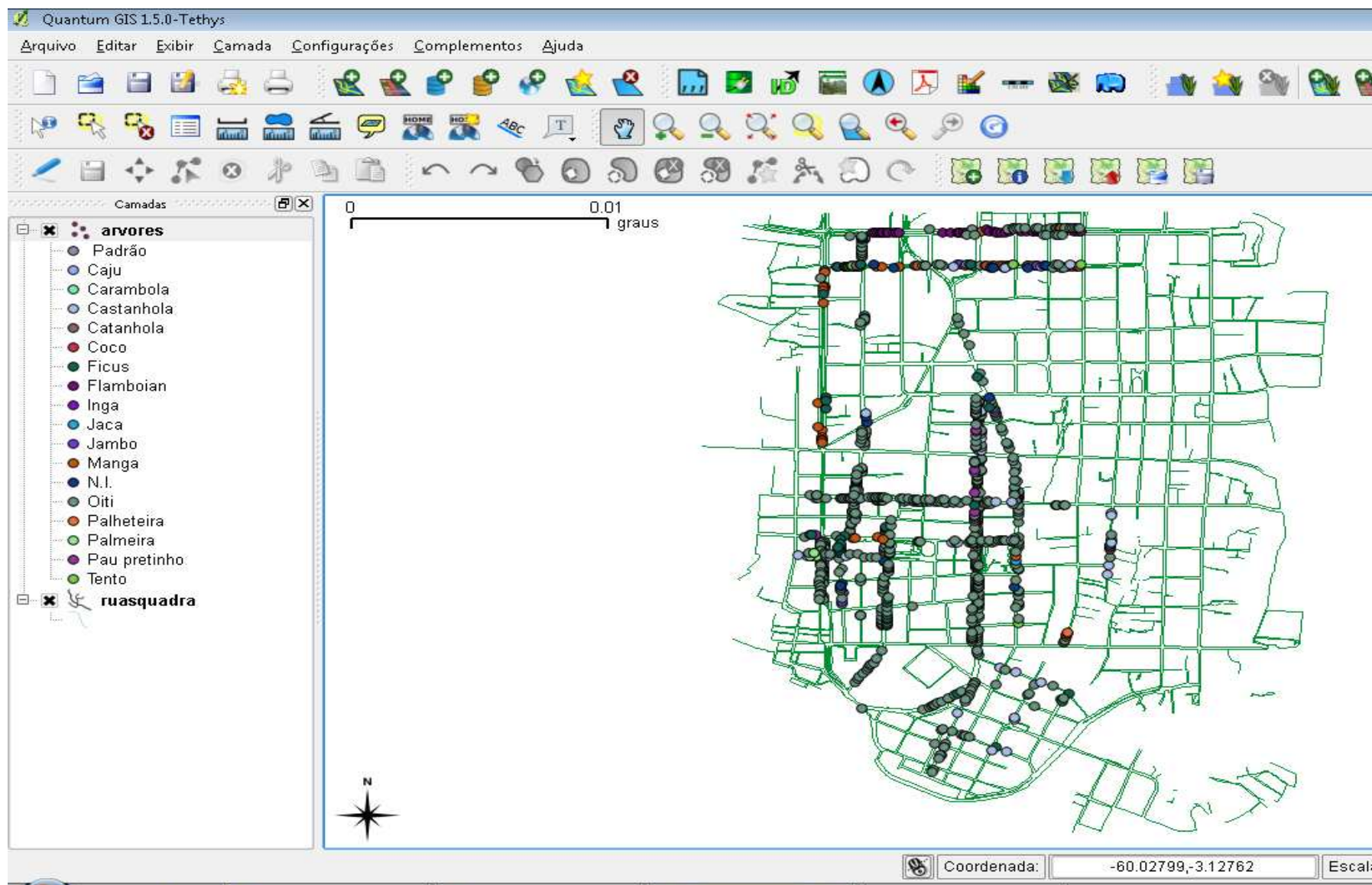


Figura 32. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / QuantumGIS

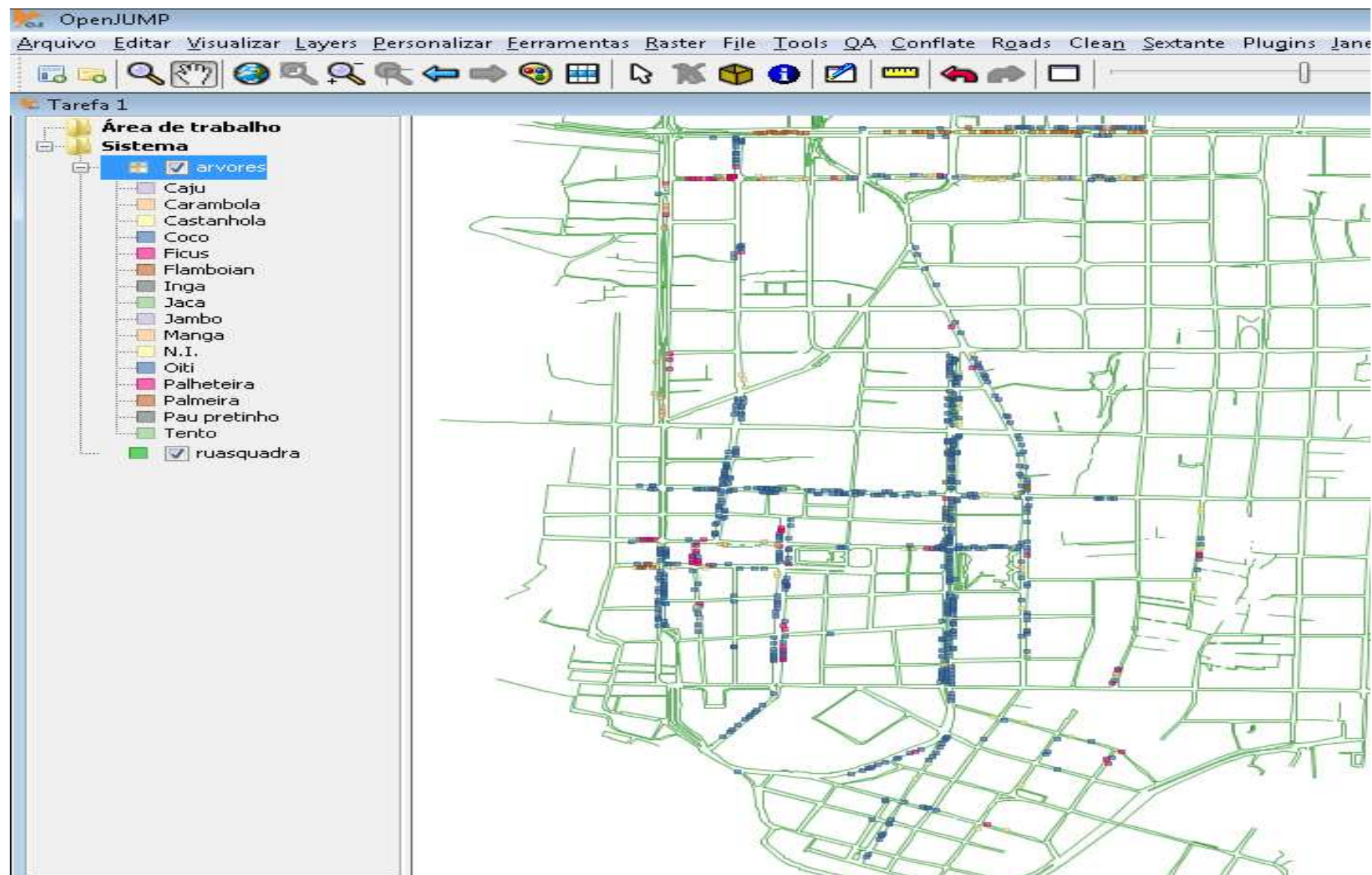


Figura 33. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / OpenJUMP

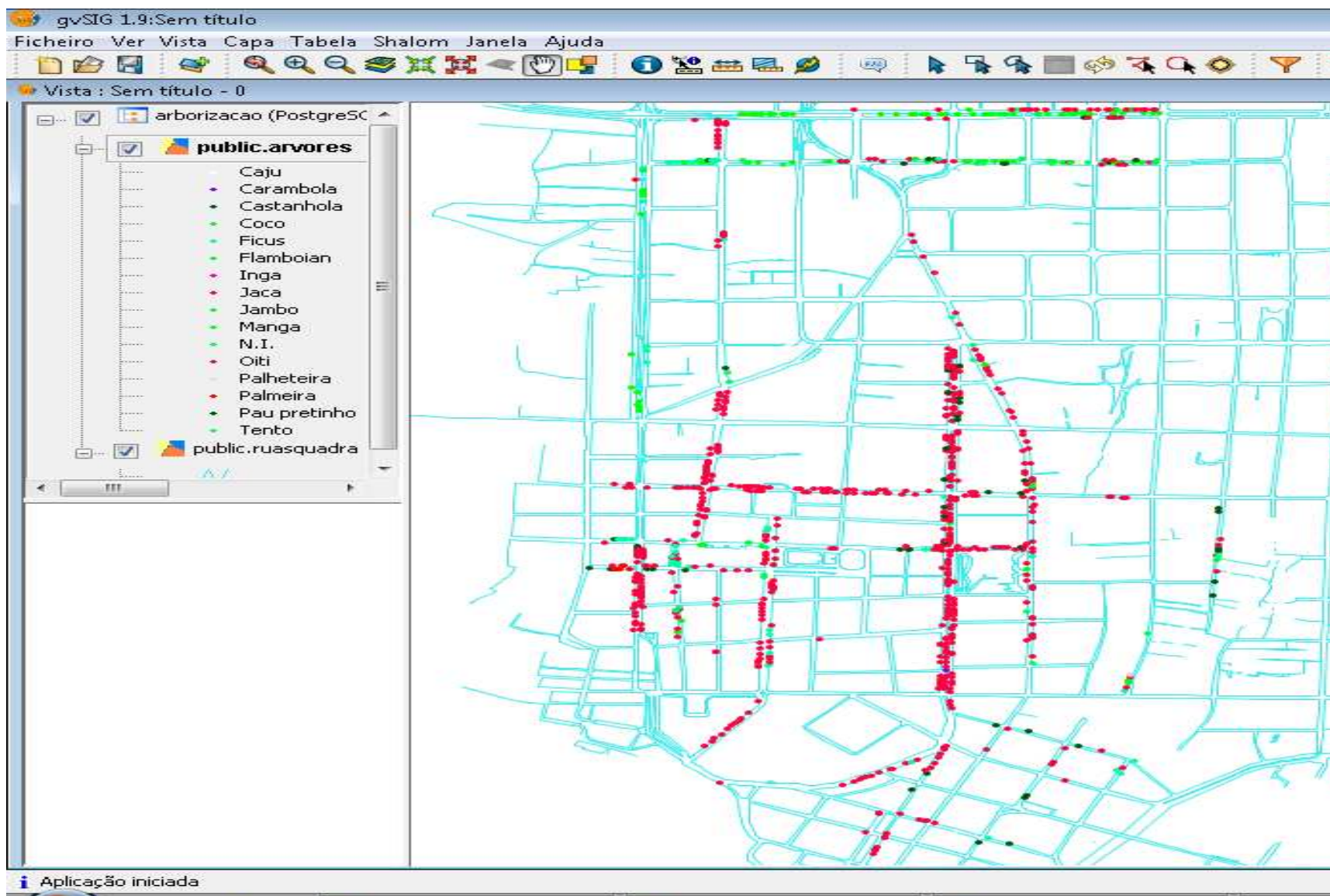


Figura 34. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / gvSIG

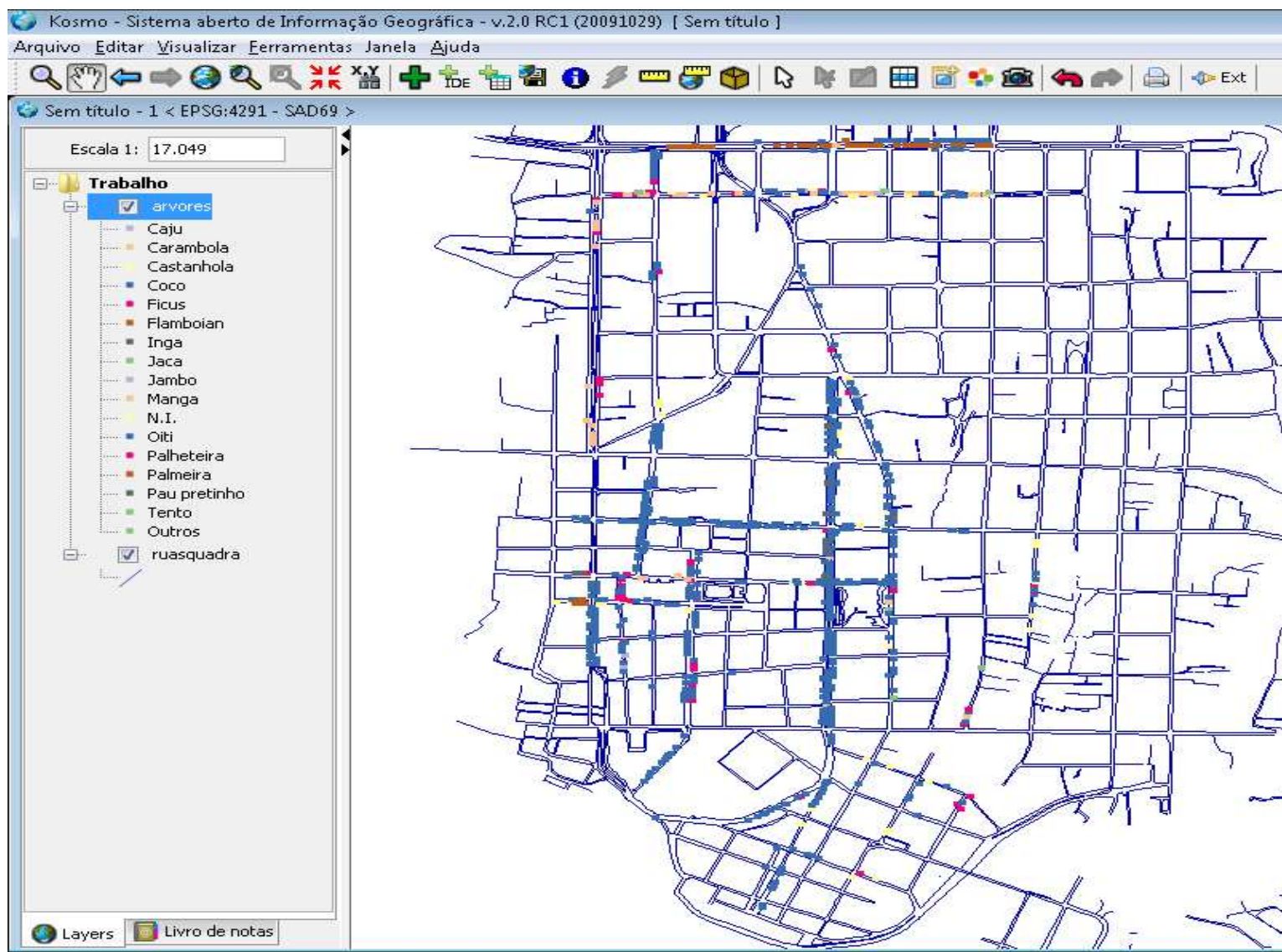


Figura 35. Distribuição espacial das espécies adultas encontradas / gvSIG

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das espécies de árvores de ruas adultas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial da arborização.

Nome popular	Quantidade	%
Oiti	637	71.90%
Ficus	55	6.21%
Flamboian	49	5.53%
Manga	48	5.42%
Castanhola	47	5.30%
N.I.	14	1.58%
Pau pretinho	8	0.90%
Jambo	8	0.90%
Tento	6	0.68%
Palmeira	5	0.56%
Caju	3	0.34%
Palheteira	2	0.23%
Jaca	1	0.11%
Inga	1	0.11%
Coco	1	0.11%
Carambola	1	0.11%
Total	886	100%

Tabela 10. Diversidade das espécies adultas

No gráfico 2 pode ser observado que a espécie adulta predominante é Oiti representando 71,90% das espécies encontradas.

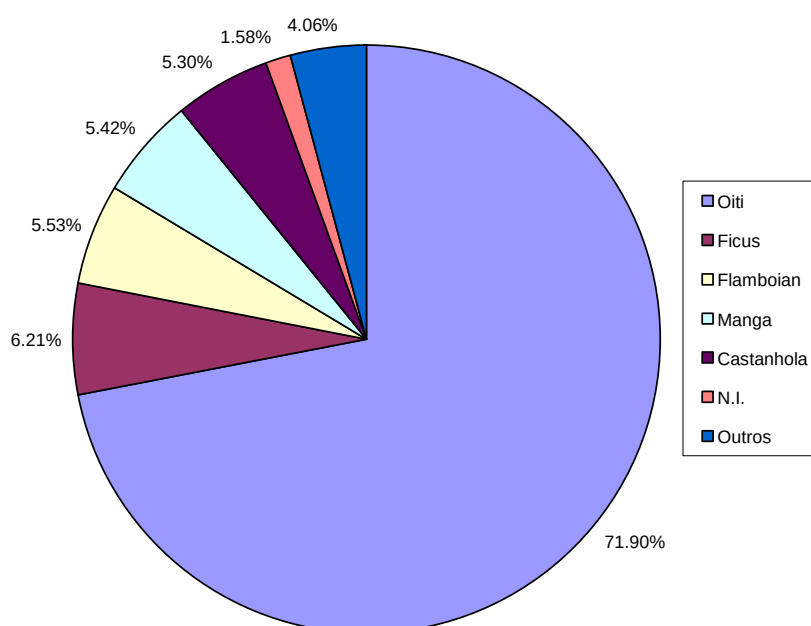


Gráfico 2. Diversidade das espécies adulta

Das 5 espécies adultas encontradas a Oiti representam 76,20%. A figura 36 e tabela 11 são apresentadas as espécies de maior predominância encontradas.

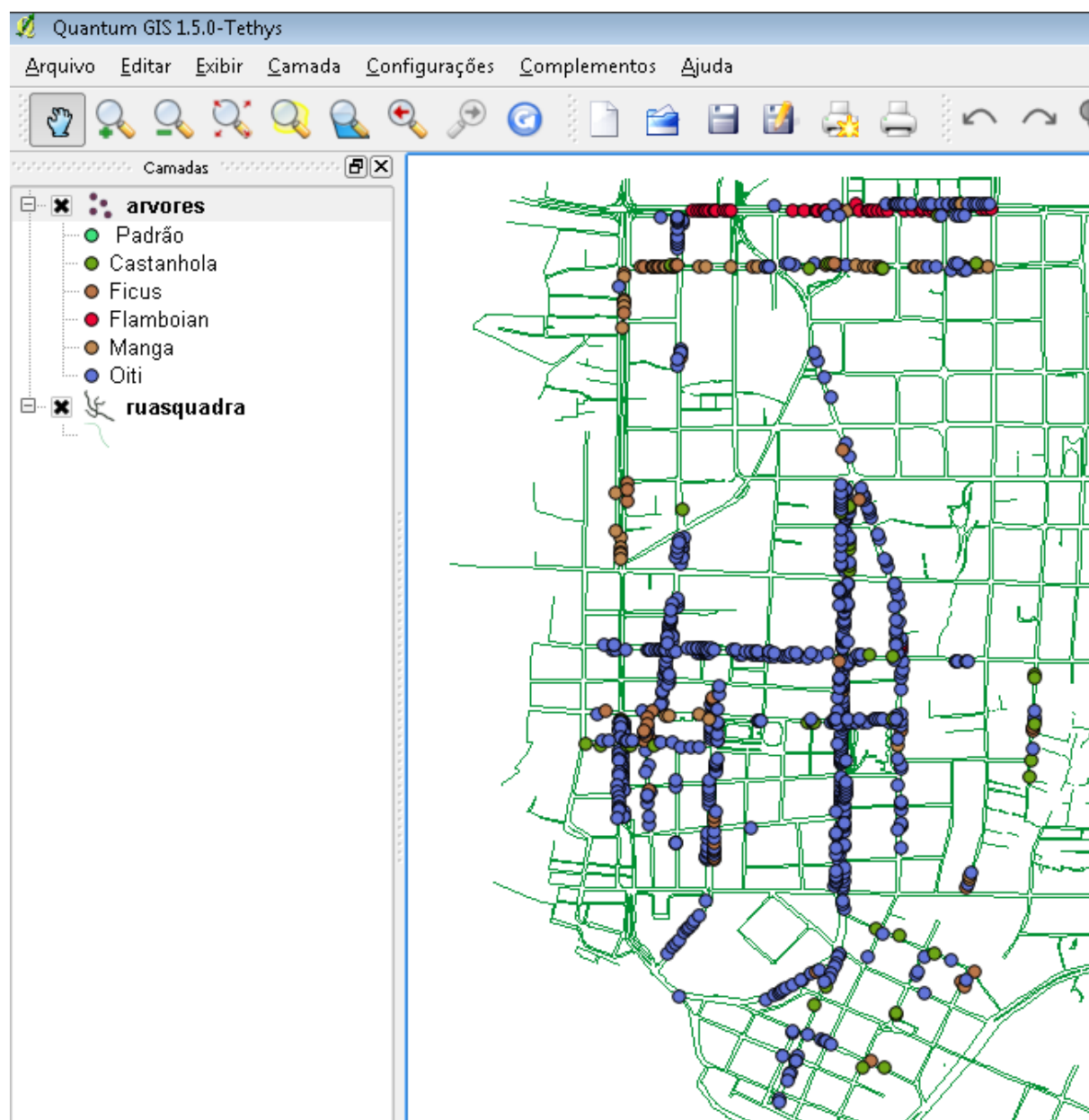


Figura 36. As 05 espécies adultas de maior predominância

Nome popular	Quantidade	%
Oiti	637	76.20%
Ficus	55	6.58%
Flamboian	49	5.86%
Manga	48	5.74%
Castanhola	47	5.62%
Total	836	

Tabela 11. Diversidade das 5 espécies adultas de maior predominância

4.2.3. Consulta 03: Condições de qualidade de copa, tronco, raiz e no geral

Essas condições foram consideradas através da observação do tronco, copa, raiz e no geral da árvore. Sendo a avaliação realizada para cada espécie localizada na calçada ou no canteiro central.

Cada espécie de árvore possui características biológicas específicas. Normalmente essas características são usadas para identificar e diferenciar umas das outras, sendo importantes para a arborização urbana.

COPA

A dimensão da copa das árvores deve ser sempre compatível com o espaço físico existente, procurando conciliar também os diferentes tipos de copas com as redes de energia elétrica.

Através de pontuações de 1 a 3 foram avaliadas as condições da copa (tabela 12).

As figuras 37, 38, 39 e 40, a tabela 12 e o gráfico 3 representam os dados de qualidade das copas. 84,37% da população das árvores de rua apresentaram alta qualidade de copa, 14,08% média e 1,55% baixa. Foi observado que independentemente das ruas há predominância de árvores com copa de boa qualidade.

Na Rua Getúlio Vargas, das 193 árvores cadastradas 76,69% (148 árvores) receberam nota 1, ou seja, não apresentam necessidade de receber podas corretivas. Das 148 árvores, 99 árvores estão localizada no canteiro central, sendo a espécie predominante desta rua a *Licania tomentosa* (Oitizeiro), considerado uma árvore de grande porte.

Analisando o gráfico 3, observa-se que as 8 principais ruas do centro de Manaus apresentaram alta qualidade de copa das árvores.

Quando estas árvores são plantadas ao logo de ruas, passaram por inúmeras podas para dar a copa um formato que não interfira no tráfego de veículos, tornando-as vulneráveis ao apodrecimento e ataque de fungos e insetos. Levando em consideração este fato e comparando com o grande número de árvores que representam copa em bom estado, observa-se que esta espécie pode, sem nenhuma restrição ser plantada em canteiro central.

Na Avenida Airão 91% das árvores apresentam uma copa com nota 1, ou seja, sem sinais visíveis de doença, 9% apresentaram nota 2 e 3 o representam uma copa doente, em estado de declínio, podendo ser seguido de morte.

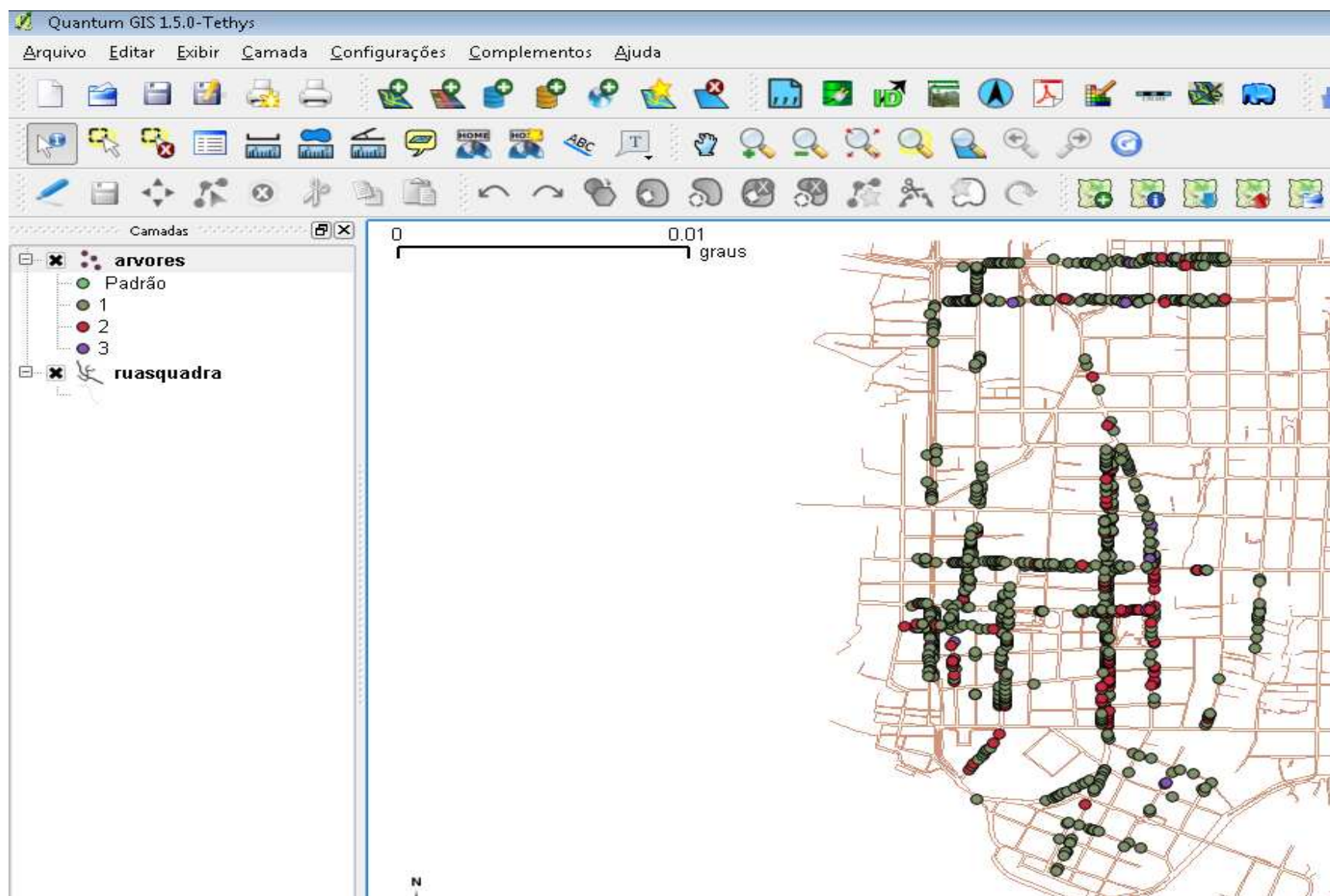


Figura 37. Distribuição espacial da copa por nota / QuantumGIS

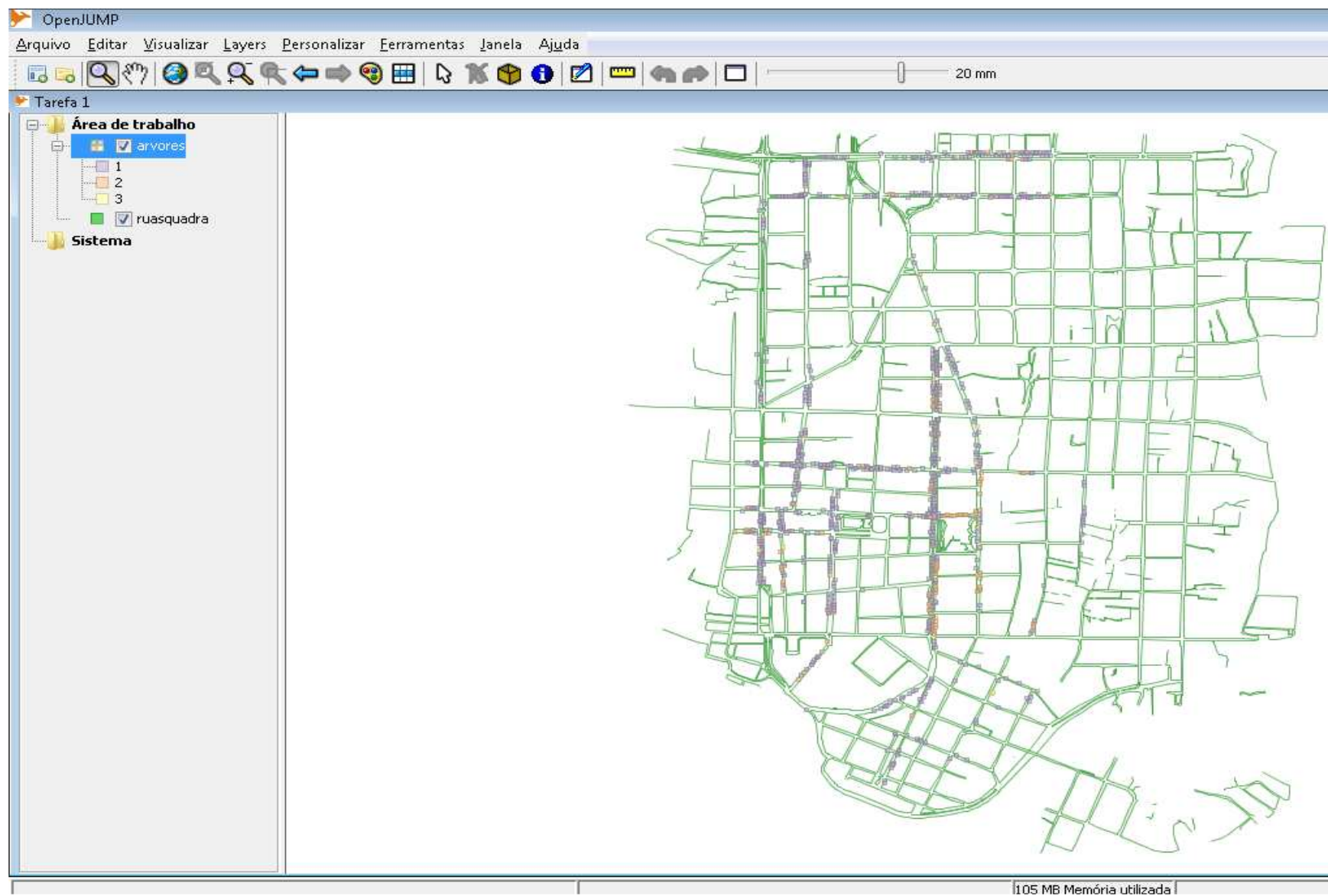


Figura 38. Distribuição espacial da copa por nota / OpenJUMP

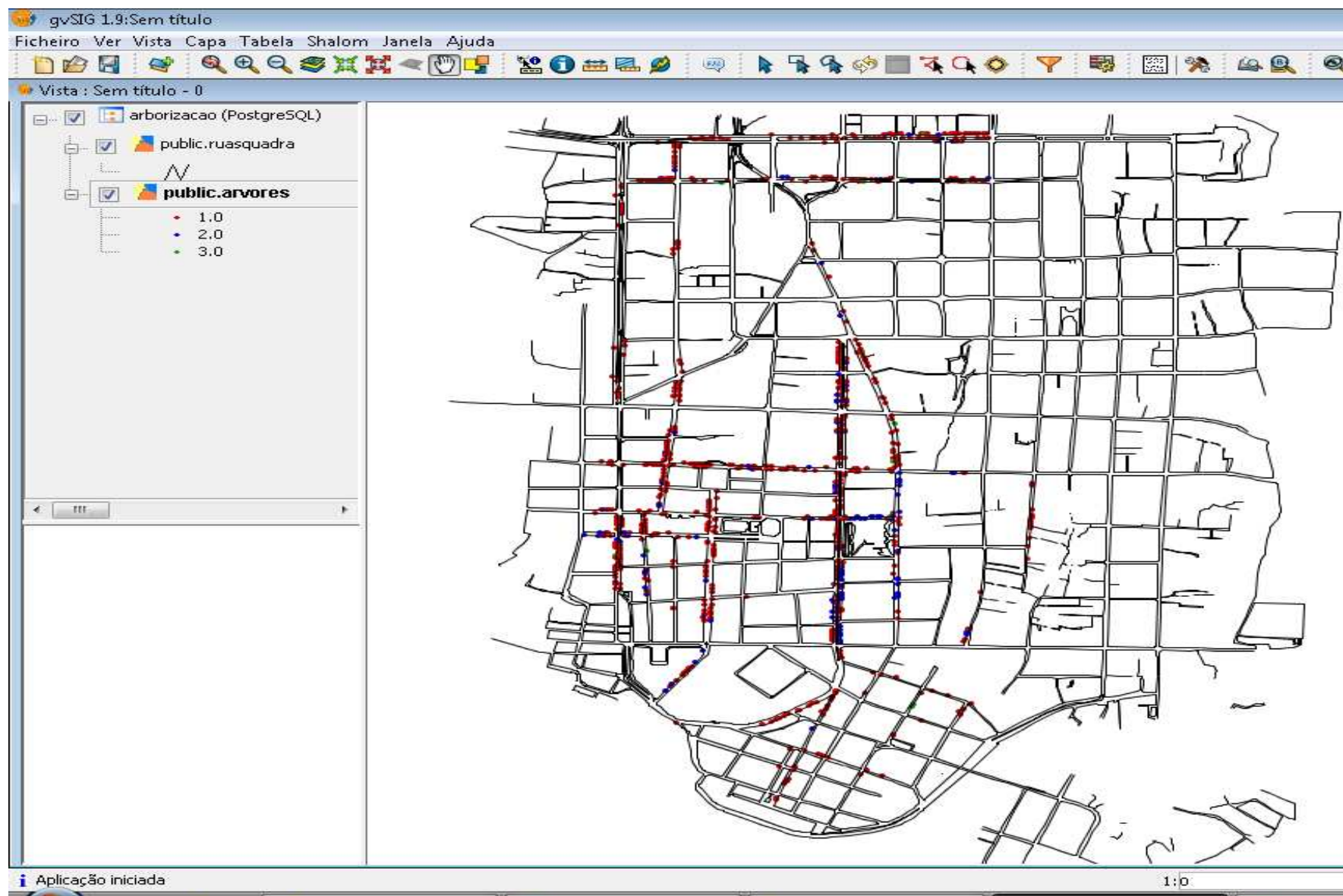


Figura 39. Distribuição espacial da copa por nota / gvSIG

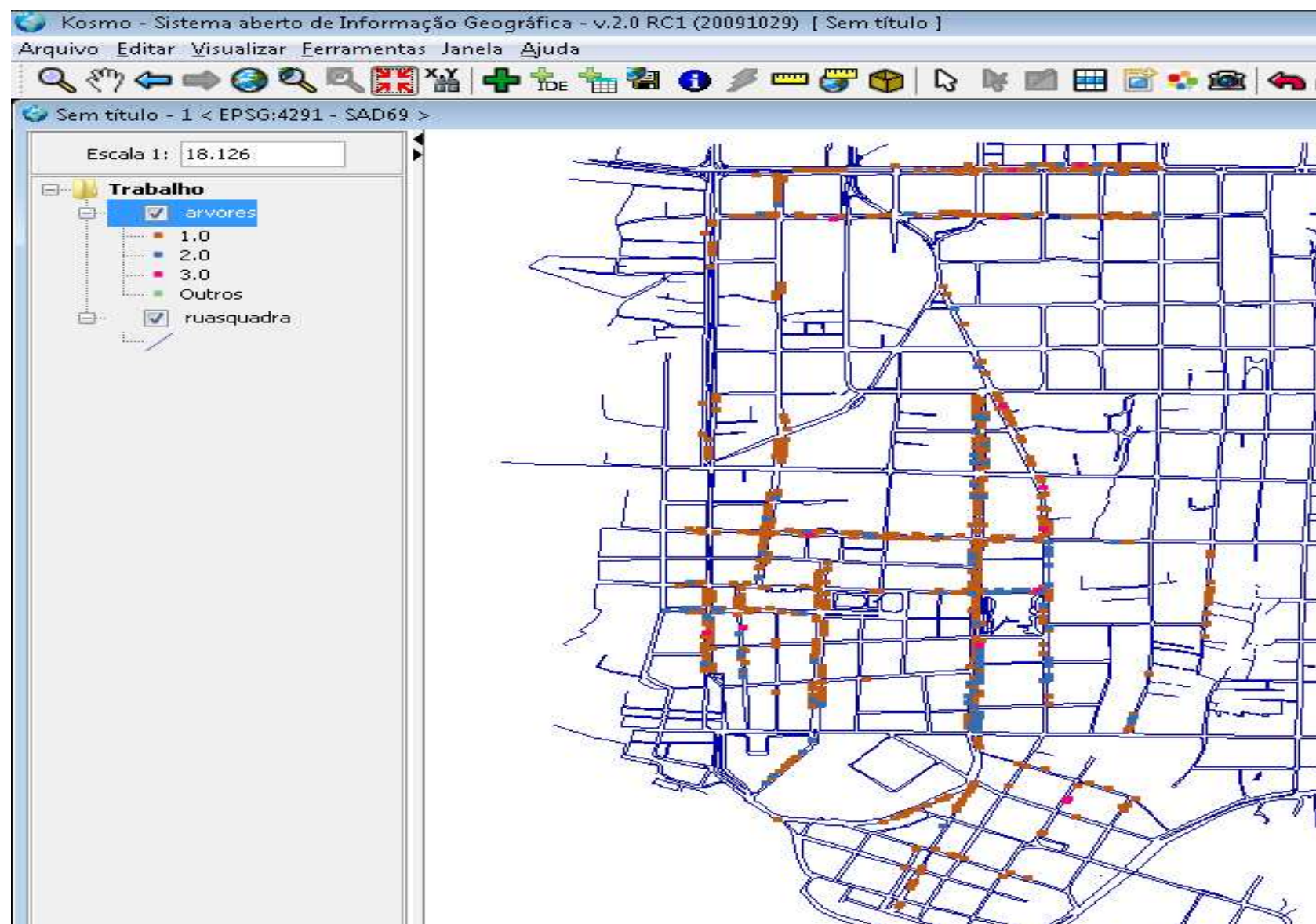


Figura 40. Distribuição espacial da copa por nota / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das copas de árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial de copas.

RUA	Notas			Nº de árvores	%
	1	2	3		
Airao	80	6	2	88	9.76%
Alvaro Maia (Boulevard)	75	5	2	82	9.09%
Constantino Nery	19	0	0	19	2.11%
Doutor Almindo	4	0	2	6	0.67%
10 de Julho	29	15	1	45	4.99%
Eduardo Ribeiro	62	8	0	70	7.76%
Emilio Moreira	13	0	0	13	1.44%
Epaminondas	45	3	1	49	5.43%
Ferreira Pena	73	5	0	78	8.65%
Floriano Peixoto	17	0	0	17	1.88%
Getulio Vargas	148	45	1	194	21.51%
Joaquim Nabuco	47	17	3	67	7.43%
Joaquim Sarmiento	5	0	0	5	0.55%
Jose Clemente	13	7	0	20	2.22%
Jose Paranagua	1	0	0	1	0.11%
Levegildo Coelho	20	1	0	21	2.33%
Lima Bacuri	5	0	0	5	0.55%
Lobo da Mata	20	5	1	26	2.88%
Major Gabriel	4	3	0	7	0.78%
Pedro Botelho	1	0	0	1	0.11%
Ramos Ferreira	67	7	1	75	8.31%
Rua das Andradas	7	0	0	7	0.78%
Rua Isabel	3	0	0	3	0.33%
Sergio Pessoa	3	0	0	3	0.33%
Total geral	761	127	14	902	100%
Total %	84.37%	14.08%	1.55%	100%	

Tabela 12. Avaliação da condição qualitativa da copa das árvores

No gráfico 3, observa-se que a Rua Getúlio Vargas representa 21,51% das espécies com alta qualidade de copas das 8 principais ruas de maior frequência de árvores com alta qualidade.

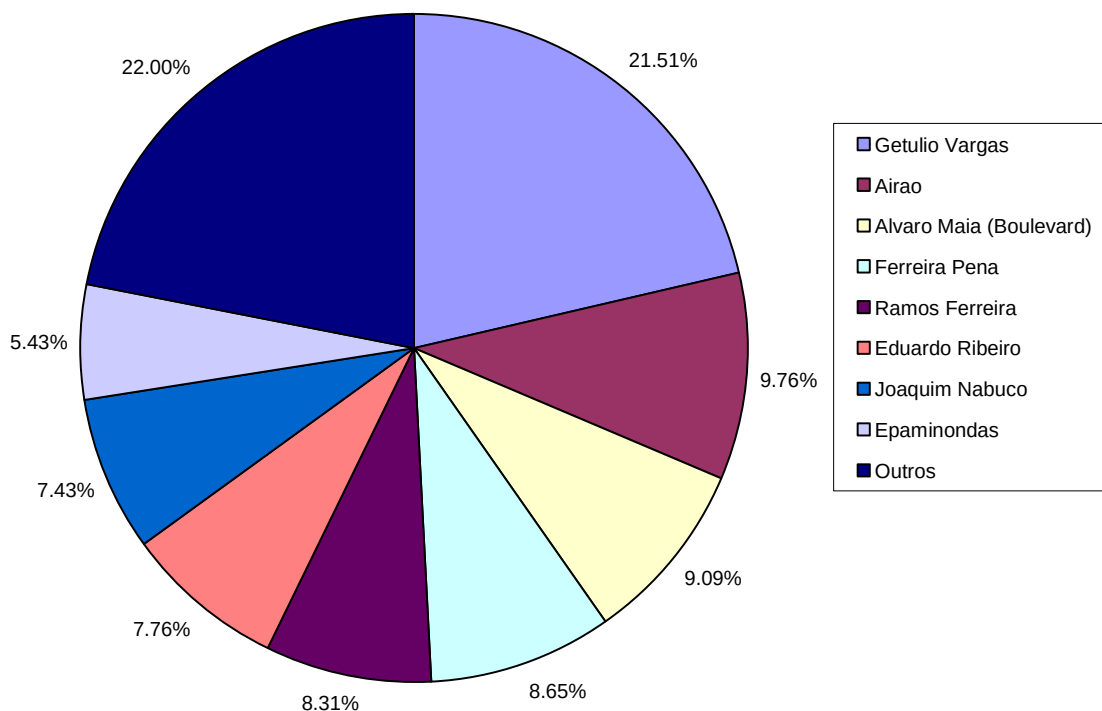


Gráfico 3. Avaliação condição qualitativa da copa das árvores com alta qualidade

TRONCO

Os troncos e ramos devem ser isentos de espinhos ou outra característica que represente risco à saúde da população. Deve ser resistentes aos ventos e, também, suportar o peso dos ramos sem lascar ou tombar.

Quando avaliado o estado dos troncos das árvores, foi observado que 68,18% apresentaram troncos com casca sem danos, 26,16% das árvores que apresentam troncos com necessidade de pequenos reparos e 5,65% encontram-se com tronco apresentando danos sem nenhuma chance de recuperação. As figuras 41, 42, 43 e 44, tabela 13 e gráfico 4 mostram a qualidade dos troncos.

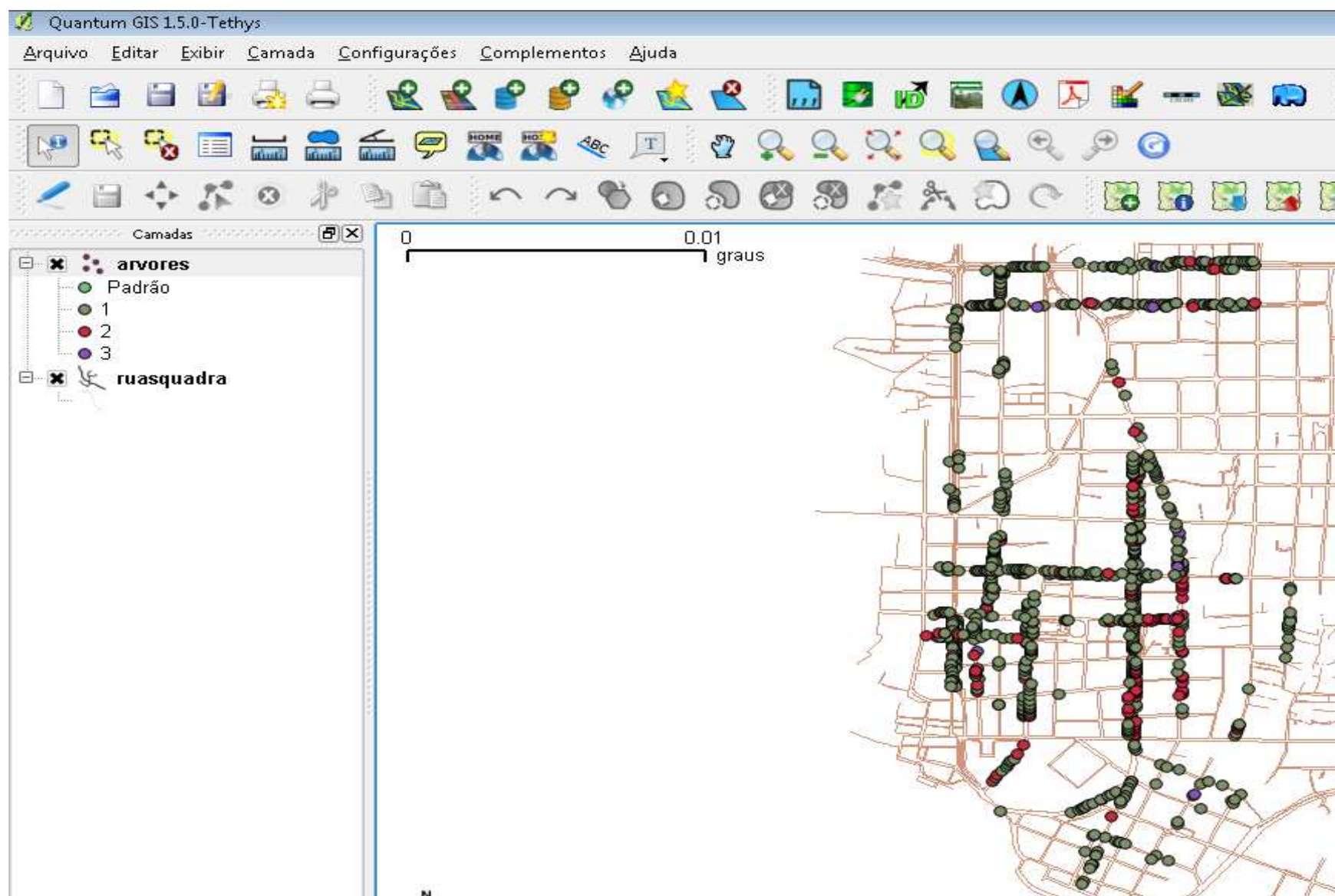


Figura 41. Distribuição espacial do tronco por nota / QuantumGIS

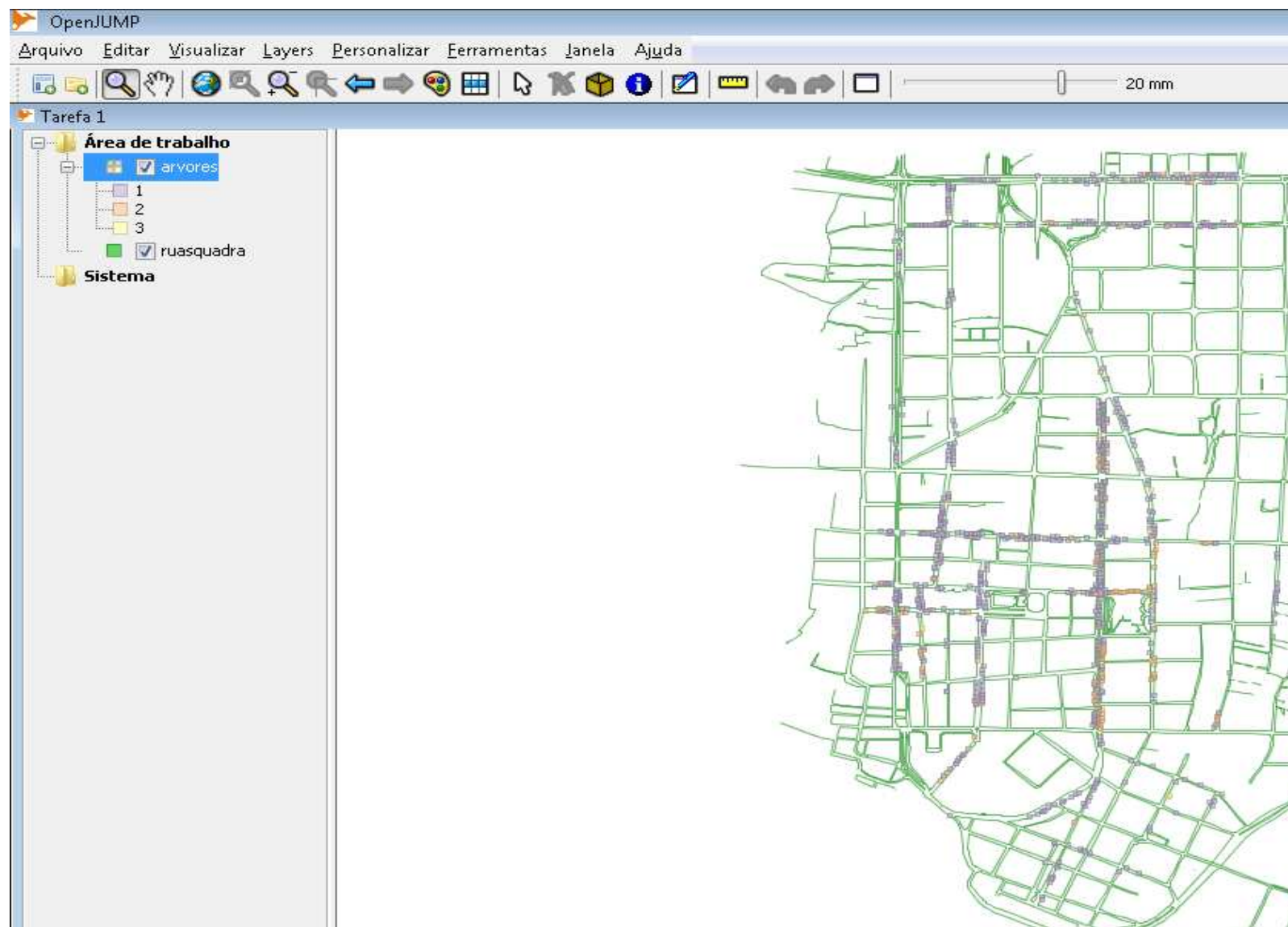


Figura 42. Distribuição espacial do tronco por nota / OpenJUMP

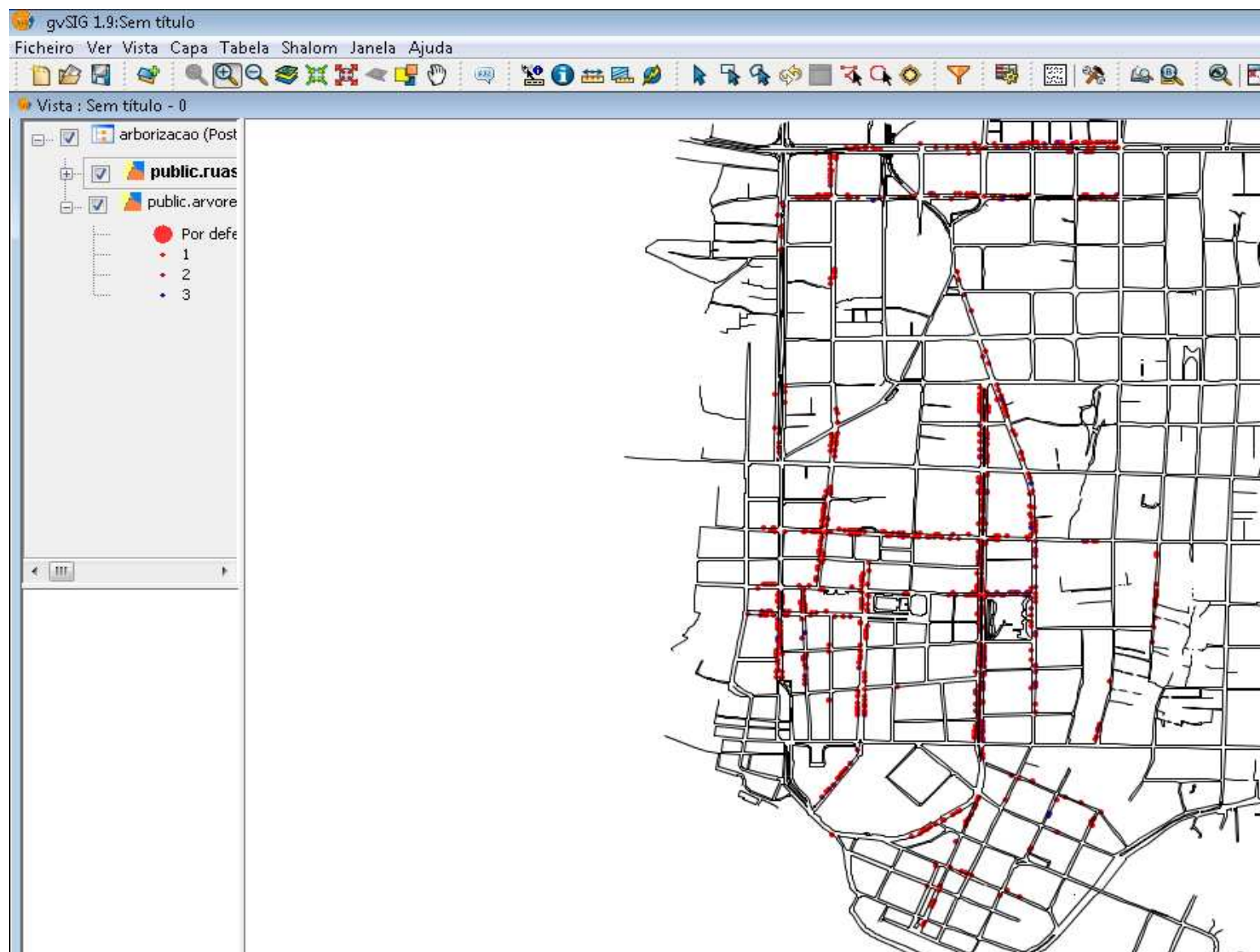


Figura 43. Distribuição espacial do tronco por nota / gvSIG

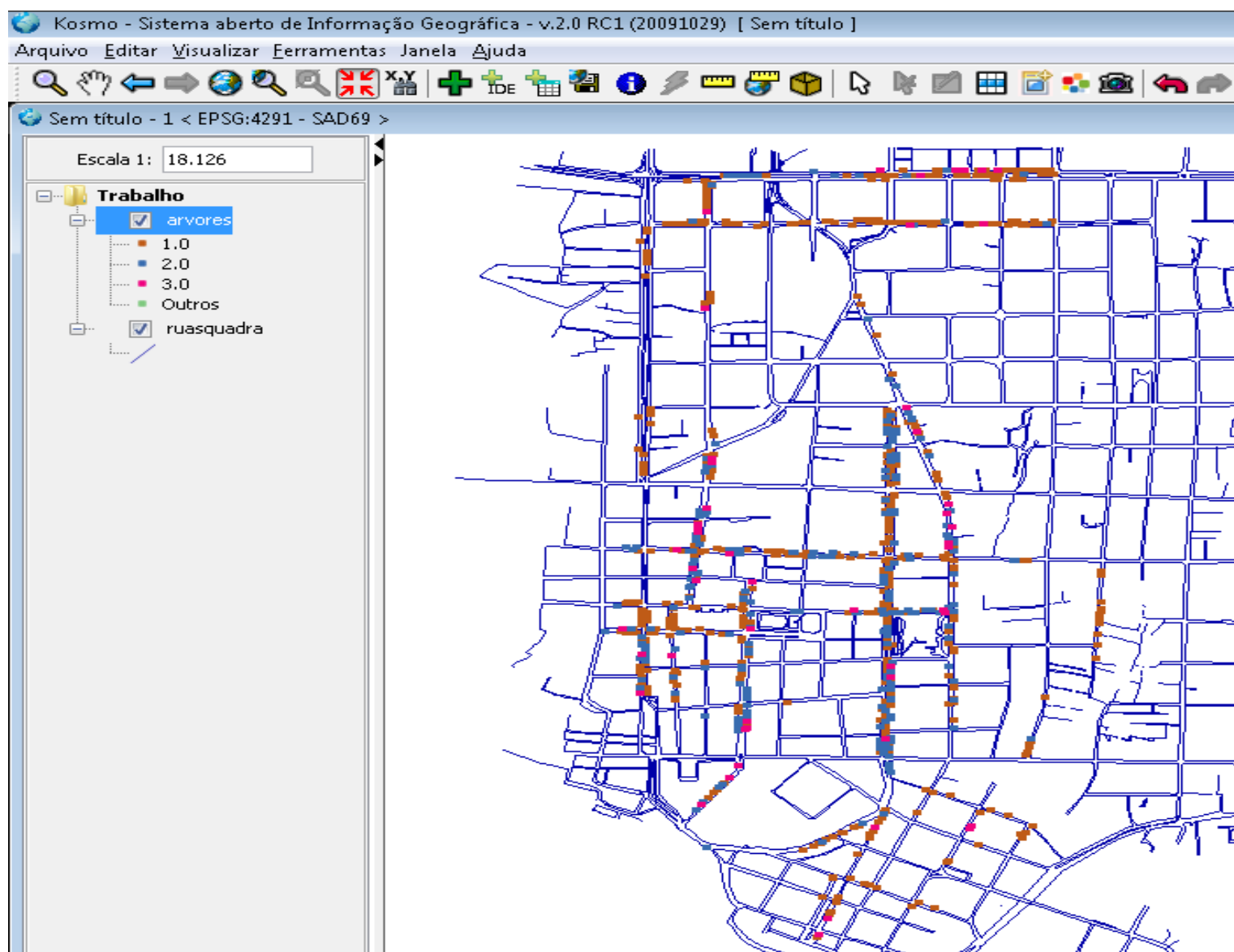


Figura 44. Distribuição espacial do tronco por nota / gvSIG

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado à distribuição espacial dos troncos das árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial dos troncos.

RUA	Notas			Nº de árvores	%
	1	2	3		
Airão	82	4	2	88	9.76%
Álvaro Maia (Boulevard)	62	14	6	82	9.09%
Constantino Nery	19	0	0	19	2.11%
Doutor Almino	4	0	2	6	0.67%
10 de Julho	26	16	3	45	4.99%
Eduardo Ribeiro	34	28	8	70	7.76%
Emilio Moreira	13	0	0	13	1.44%
Epaminondas	35	12	2	49	5.43%
Ferreira Pena	41	26	11	78	8.65%
Floriano Peixoto	11	6	0	17	1.88%
Getúlio Vargas	124	67	3	194	21.51%
Joaquim Nabuco	35	25	7	67	7.43%
Joaquim Sarmento	3	2	0	5	0.55%
Jose Clemente	14	5	1	20	2.22%
Jose Paranaguá	1	0	0	1	0.11%
Levegildo Coelho	17	1	3	21	2.33%
Lima Bacuri	5	0	0	5	0.55%
Lobo da Mata	22	3	1	26	2.88%
Major Gabriel	6	1	0	7	0.78%
Pedro Botelho	1	0	0	1	0.11%
Ramos Ferreira	47	26	2	75	8.31%
Rua das Andradas	7	0	0	7	0.78%
Rua Isabel	3	0	0	3	0.33%
Sergio Pessoa	3	0	0	3	0.33%
Total geral	615	236	51	902	100%
Total %	68.18%	26.16%	5.65%	100%	

Tabela 13. Avaliação condição qualitativa do tronco das árvores

No gráfico 4, observa-se a Rua Getúlio Vargas representa 21.51% das espécies com alta qualidade de troncos das 8 principais ruas de maior frequência de árvores com alta qualidade.

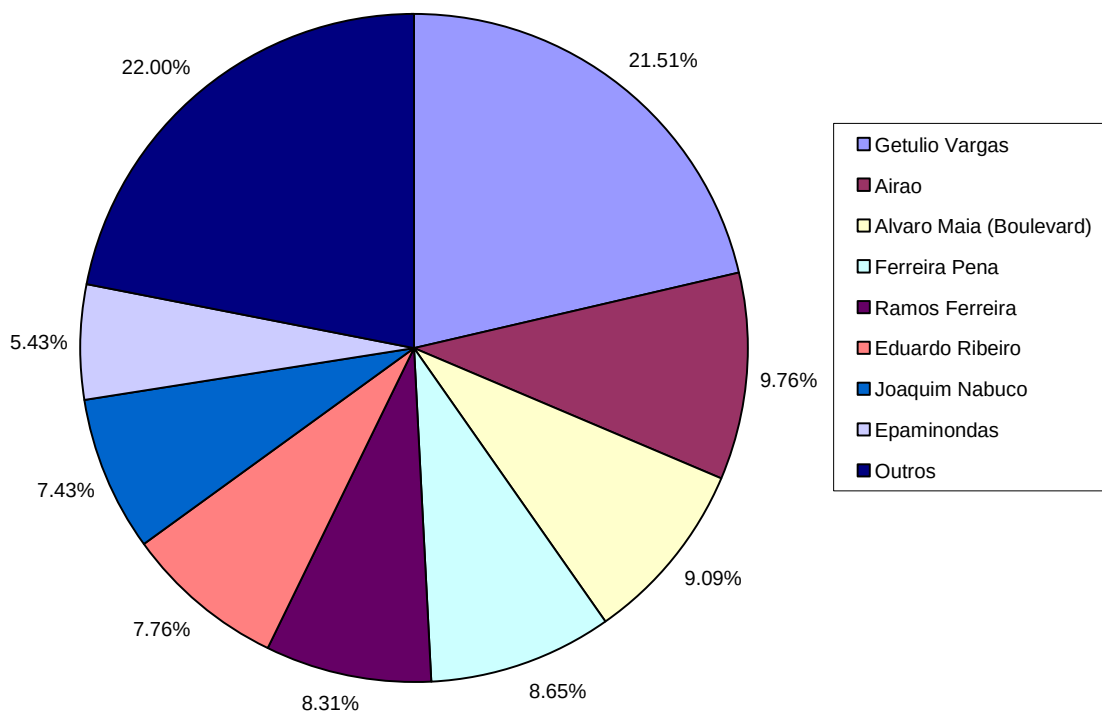


Gráfico 4. Avaliação condição qualitativa do tronco das árvores com alta qualidade

RAIZ

O sistema radicular deve ser muito bem observado na arborização. As raízes superficiais tendem a danificar o calçamento e a canalização. O ideal são espécies com raiz pivotante, ou seja, raiz que busca profundidade no solo. Algumas espécies conseguem aprofundar mais facilmente suas raízes, mesmo em solos mais compactos. Outras lançam suas raízes para onde o solo oferece menor resistência.

Quanto à raiz das árvores, 76,05% apresenta raiz totalmente de forma subterrânea, 22,84% encontram-se com raiz superficial somente na área da planta e 1,11% apresentam raiz superficial provocando significativas rachaduras nas calçadas. As figuras 45, 46, 47 e 48, tabela 14 e gráfico 5 mostram a qualidade da raiz.

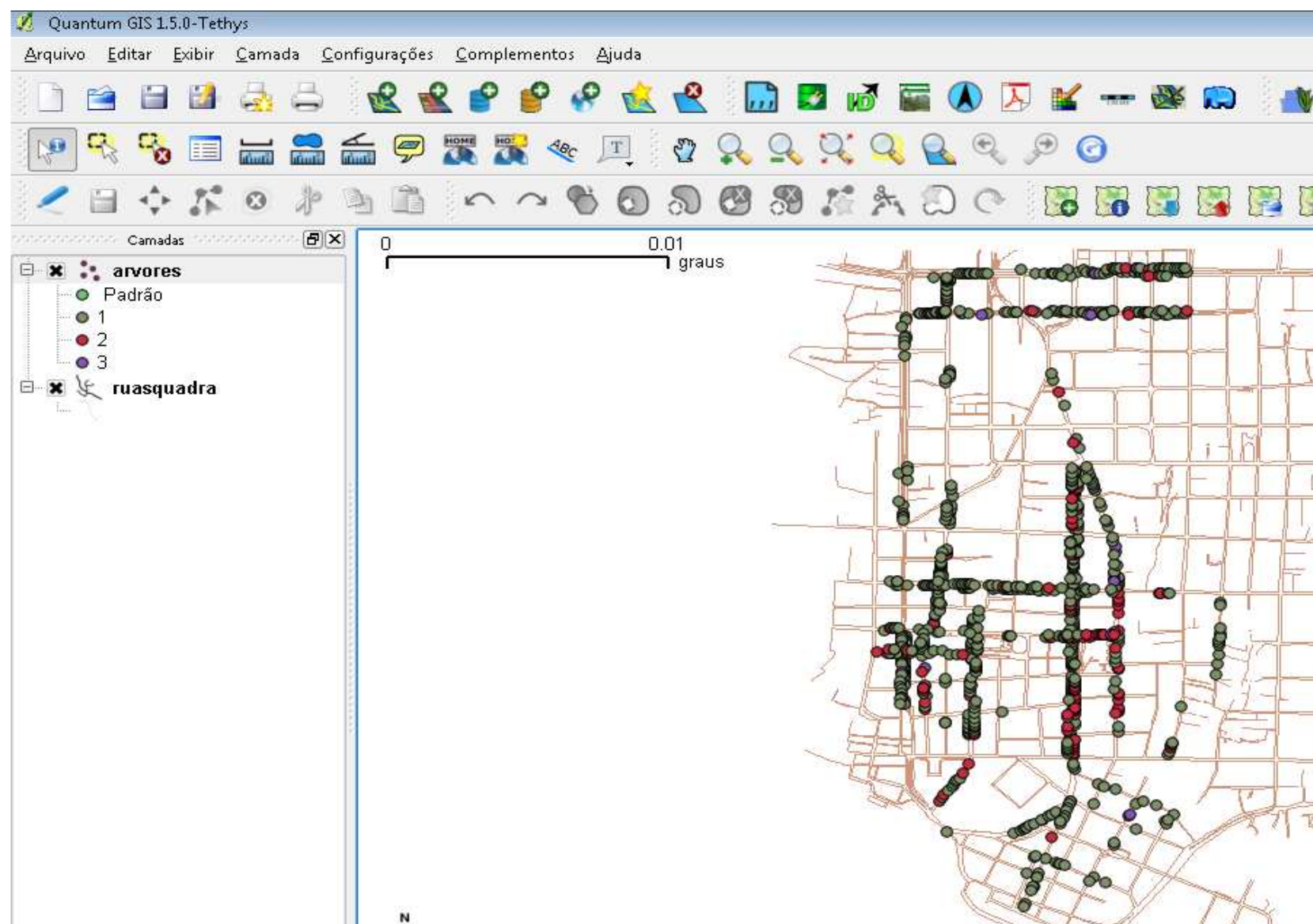


Figura 45. Distribuição espacial da raiz por nota / QuantumGIS

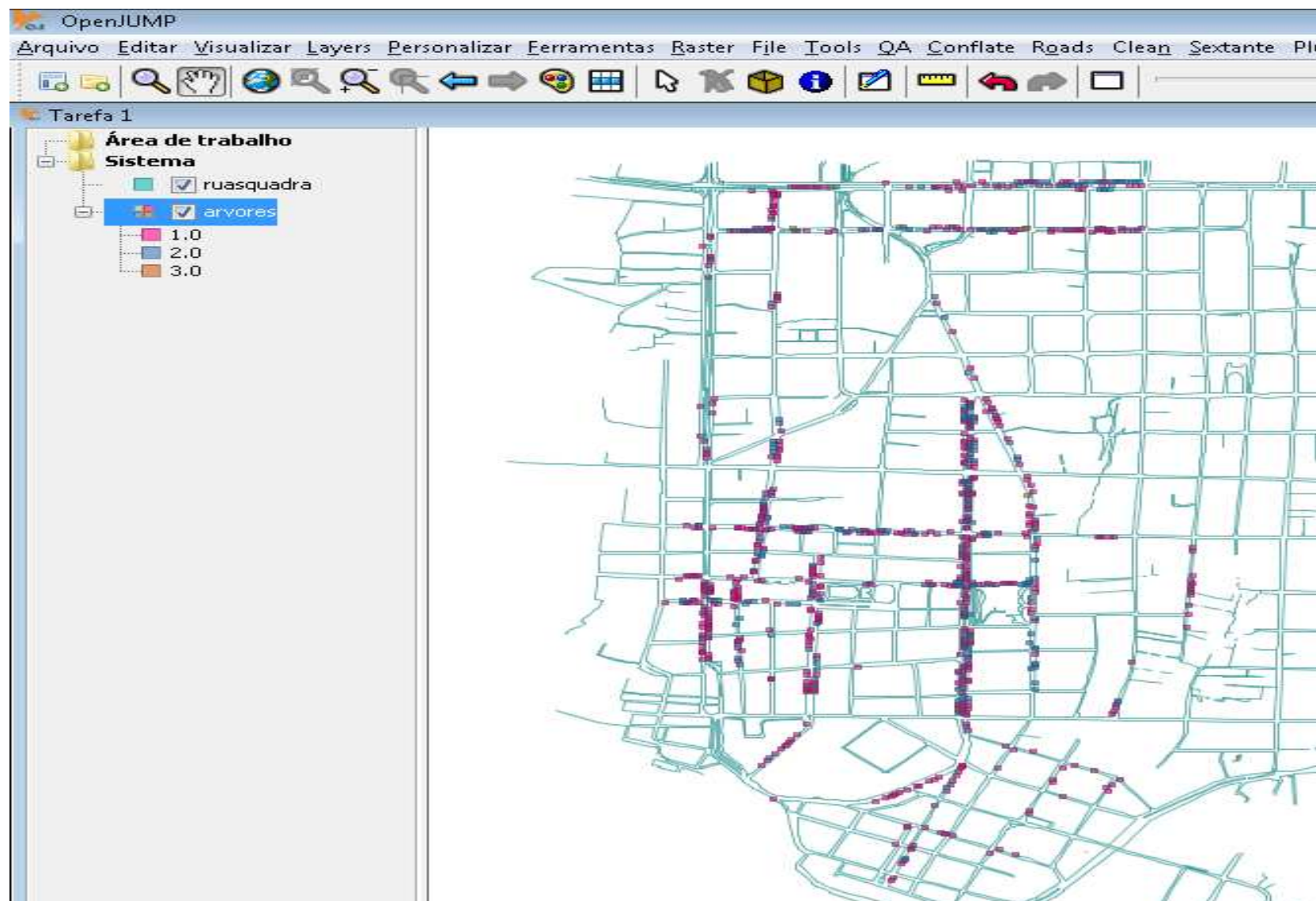


Figura 46. Distribuição espacial da raiz por nota / OpenJUMP

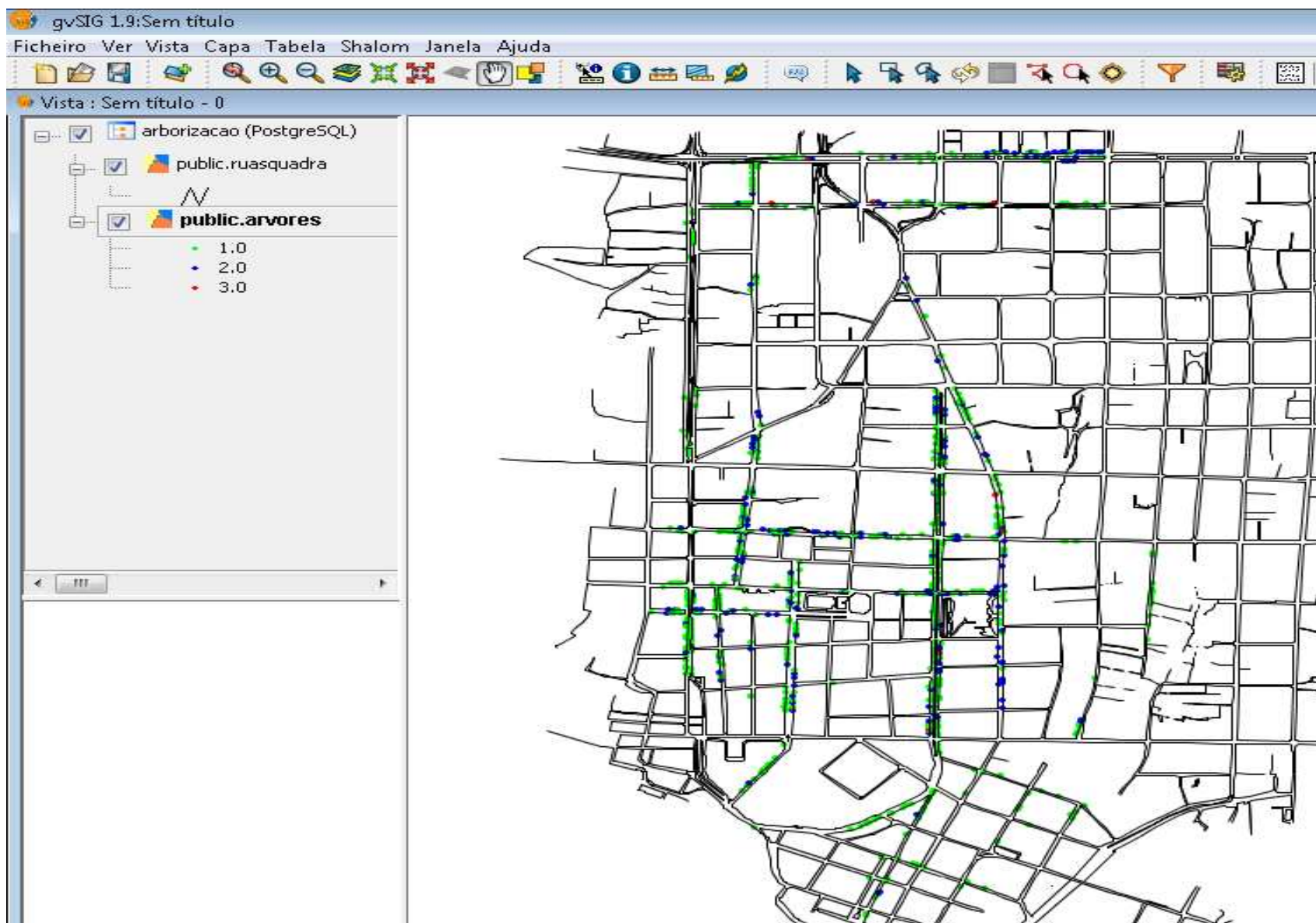


Figura 47. Distribuição espacial da raiz por nota / gvSIG

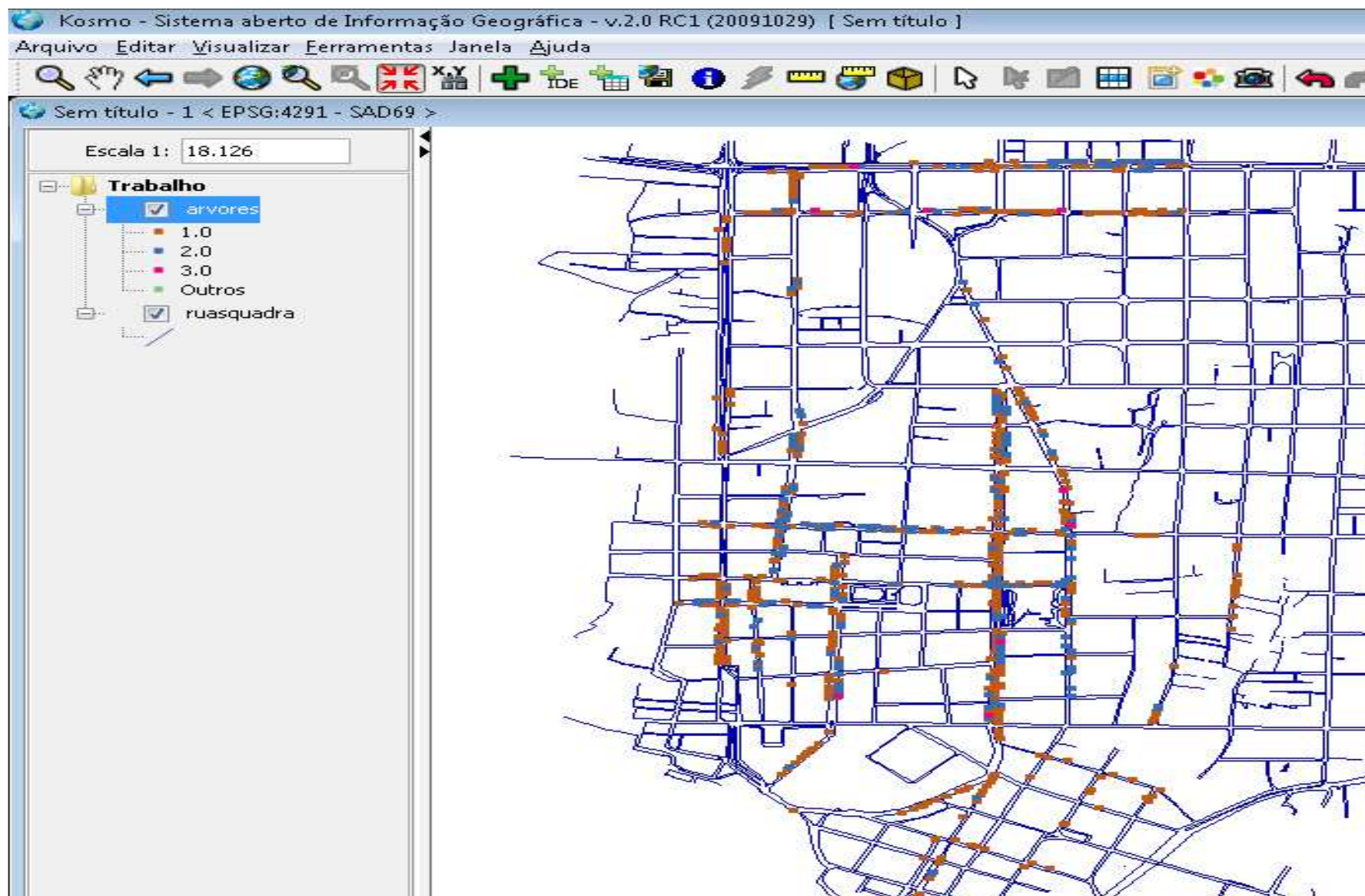


Figura 48. Distribuição espacial da raiz por nota / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das raízes de árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial das raízes.

RUA	Notas			Nº de árvores	%
	1	2	3		
Airão	75	9	4	88	9.76%
Álvaro Maia (Boulevard)	49	32	1	82	9.09%
Constantino Nery	19	0	0	19	2.11%
Doutor Almindo	6	0	0	6	0.67%
10 de Julho	32	13	0	45	4.99%
Eduardo Ribeiro	52	17	1	70	7.76%
Emilio Moreira	13	0	0	13	1.44%
Epaminondas	46	3	0	49	5.43%
Ferreira Pena	52	26	0	78	8.65%
Floriano Peixoto	17	0	0	17	1.88%
Getúlio Vargas	154	38	2	194	21.51%
Joaquim Nabuco	39	26	2	67	7.43%
Joaquim Sarmento	4	1	0	5	0.55%
Jose Clemente	11	9	0	20	2.22%
Jose Paranaguá	1	0	0	1	0.11%
Levegildo Coelho	18	3	0	21	2.33%
Lima Bacuri	5	0	0	5	0.55%
Lobo da Mata	21	5	0	26	2.88%
Major Gabriel	5	2	0	7	0.78%
Pedro Botelho	1	0	0	1	0.11%
Ramos Ferreira	53	22	0	75	8.31%
Rua das Andradas	7	0	0	7	0.78%
Rua Isabel	3	0	0	3	0.33%
Sergio Pessoa	3	0	0	3	0.33%
Total geral	686	206	10	902	100%
Total %	76.05%	22.84%	1.11%	100%	

Tabela 14. Avaliação condição qualitativa da raiz das árvores

No gráfico 5, observa-se a Rua Getúlio Vargas representa 21,51% das espécies com alta qualidade de raízes das 8 principais ruas de maior frequência de árvores com alta qualidade.

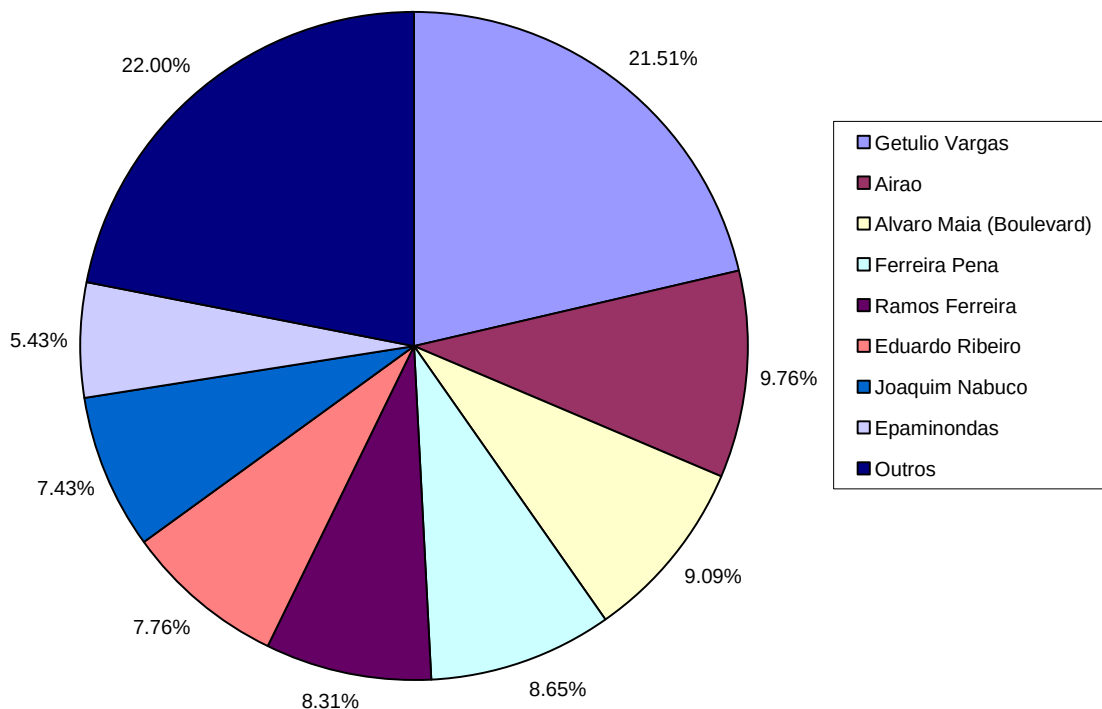


Gráfico 5. Avaliação condição da raiz das árvores com alta qualidade

CONDIÇÃO GERAL

Considerando a condição de copa, tronco e raiz, conjuntamente foi observado que 2,44% das árvores localizadas encontram-se em péssimas condições ou morta necessitando de remoção imediata. Os restantes 98,23% apresentam boas condições, sendo que as árvores localizadas nos canteiros centrais apresentam-se em melhores condições do que as localizadas nas calçadas. As figuras 49, 50, 51 e 52, tabela 15 e gráfico 6 mostram a condição geral.

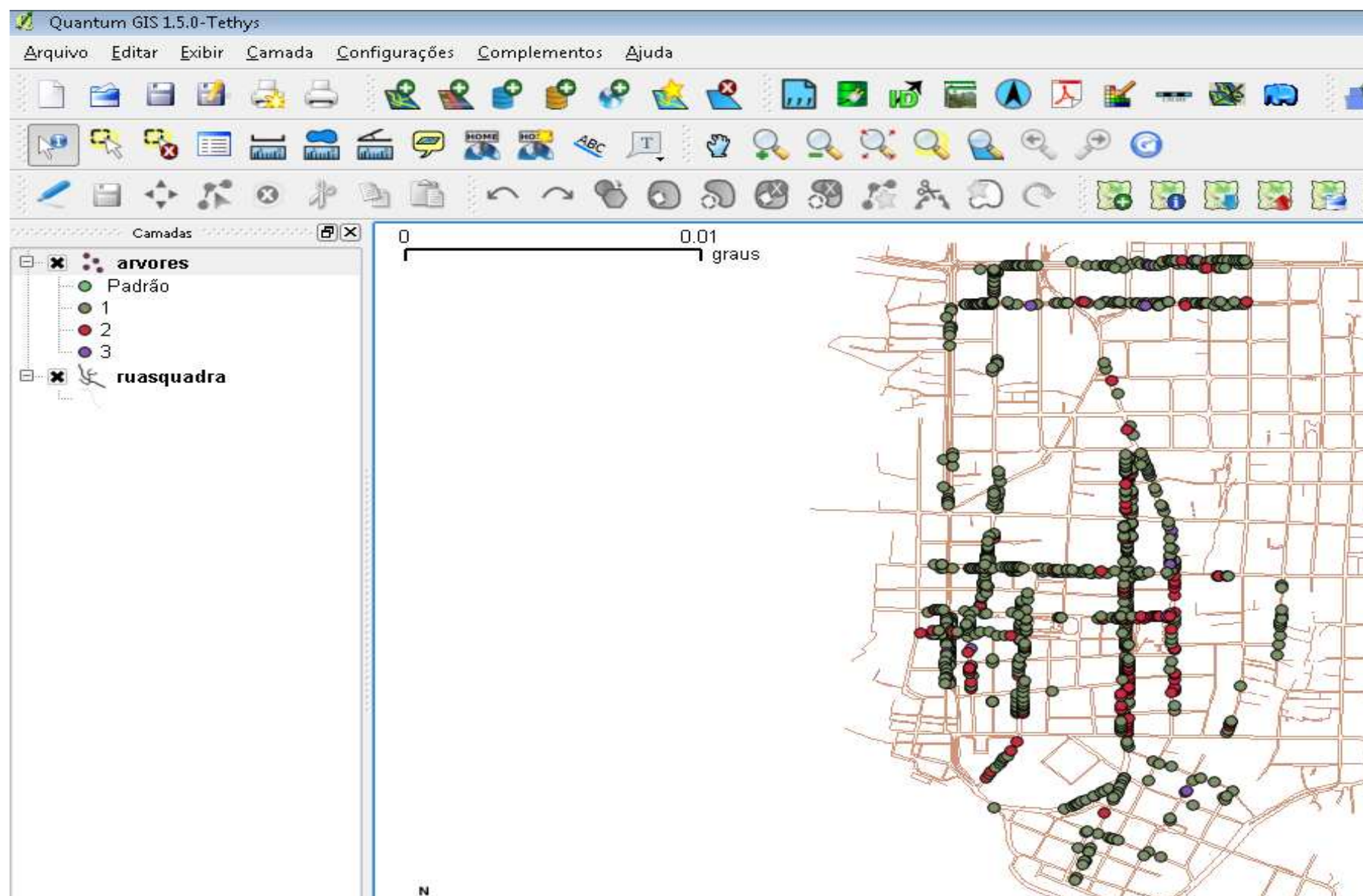


Figura 49. Distribuição espacial da condição geral por nota no QuantumGIS

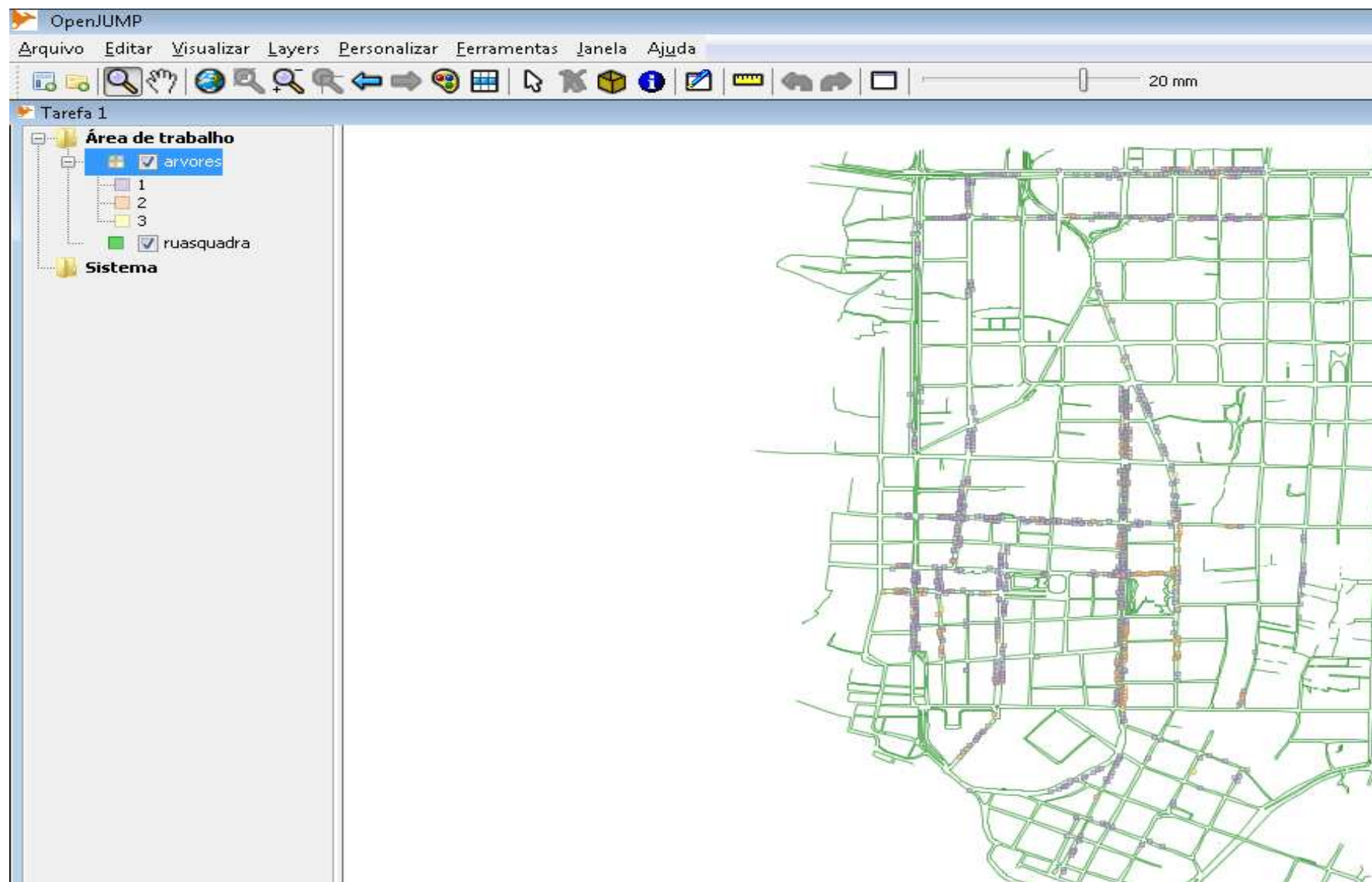


Figura 50. Distribuição espacial da condição geral por nota / OpenJUMP

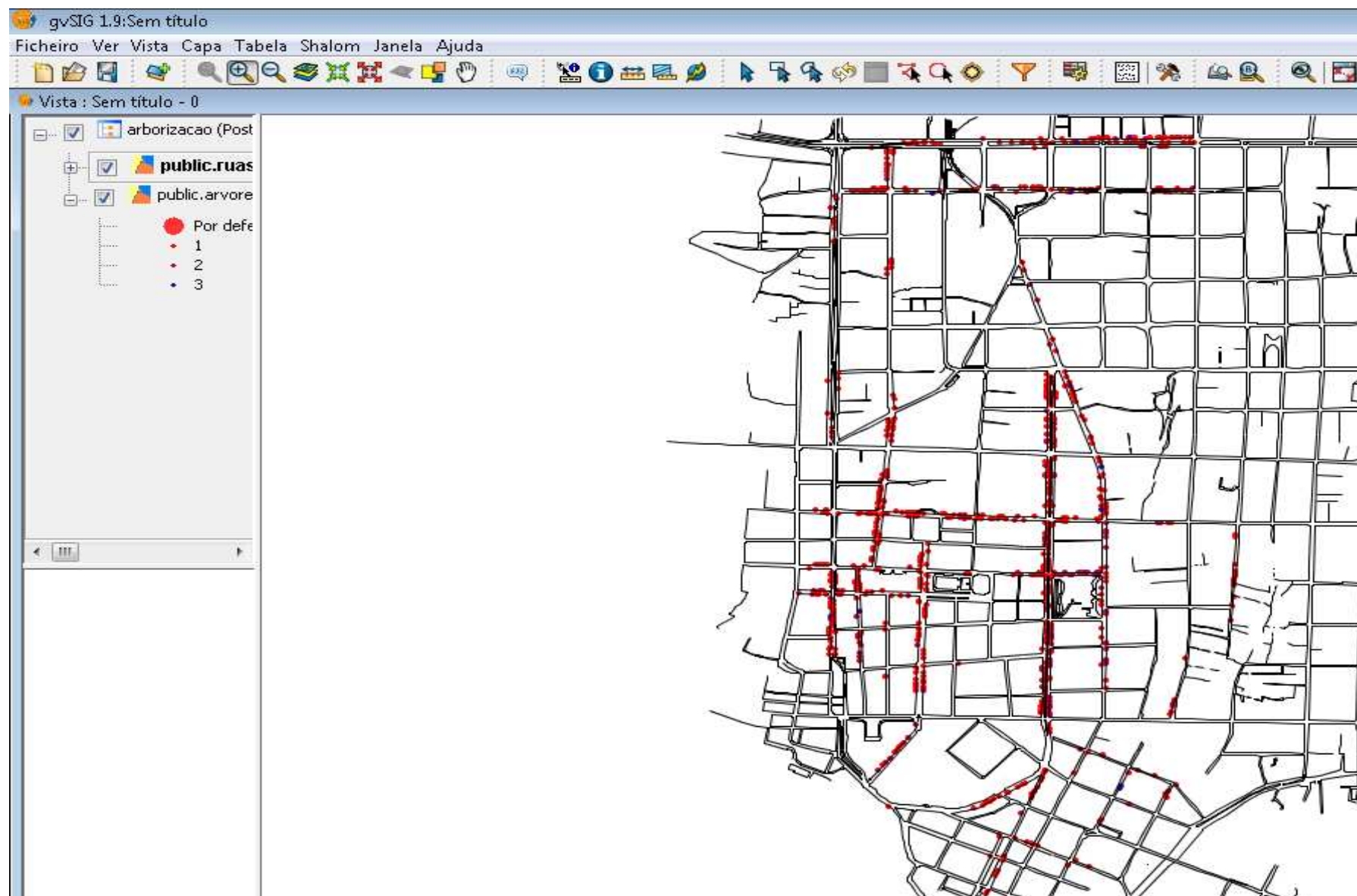


Figura 51. Distribuição espacial da condição geral por nota / gvSIG

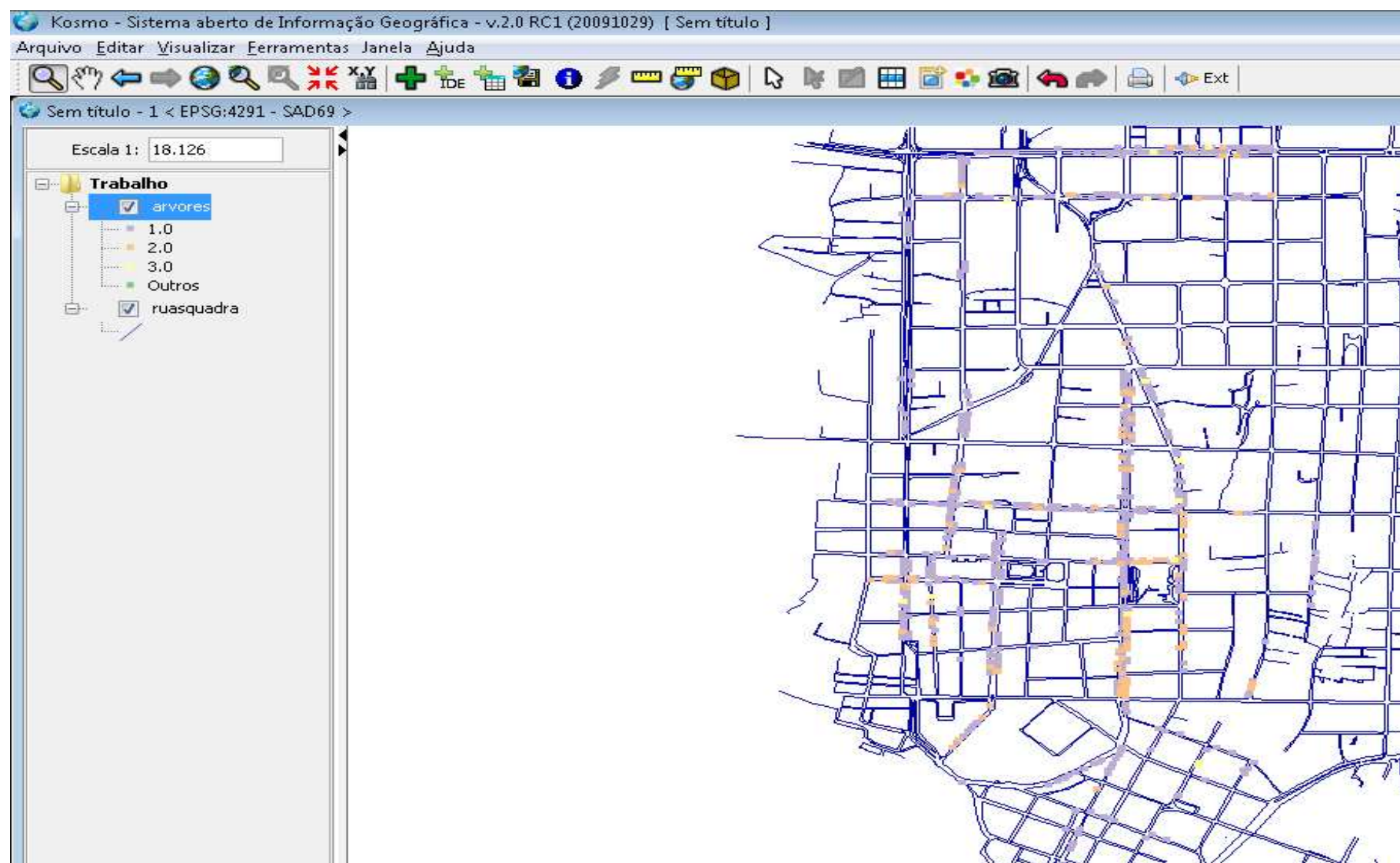


Figura 52. Distribuição espacial da condição geral por nota / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial da condição geral das árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial da condição geral das árvores.

RUA	Notas			Nº de árvores	%
	1	2	3		
Airão	74	14	0	88	9.76%
Álvaro Maia (Boulevard)	47	33	2	82	9.09%
Constantino Nery	19	0	0	19	2,11%
Doutor Almino	4	0	2	6	0.67%
10 de Julho	23	21	1	45	4.99%
Eduardo Ribeiro	37	30	3	70	7.76%
Emilio Moreira	13	0	0	13	1.44%
Epaminondas	38	10	1	49	5.43%
Ferreira Pena	28	49	1	78	8.65%
Floriano Peixoto	11	6	0	17	1.88%
Getúlio Vargas	88	105	1	194	21.51%
Joaquim Nabuco	17	47	3	67	7.43%
Joaquim Sarmento	3	2	0	5	0.55%
Jose Clemente	11	9	0	20	2.22%
Jose Paranaquá	1	0	0	1	0.11%
Levegildo Coelho	15	5	1	21	2.33%
Lima Bacuri	5	0	0	5	0.55%
Lobo da Mata	21	3	2	26	2.88%
Major Gabriel	3	4	0	7	0.78%
Pedro Botelho	1	0	0	1	0.11%
Ramos Ferreira	32	41	2	75	8.31%
Rua das Andradas	7	0	0	7	0.78%
Rua Isabel	3	0	0	3	0.33%
Sergio Pessoa	3	0	0	3	0.33%
Total geral	505	381	22	902	100%
Total %	55.99%	42.24%	2.44%	100%	

Tabela 15. Avaliação condições qualitativa geral das árvores

No gráfico 6, observa-se que na condição geral a Rua Getúlio Vargas representa 21.51% das espécies com alta qualidade das 8 principais ruas de maior frequência de árvores com alta qualidade seguida pela Avenida Airão com 9,76%.

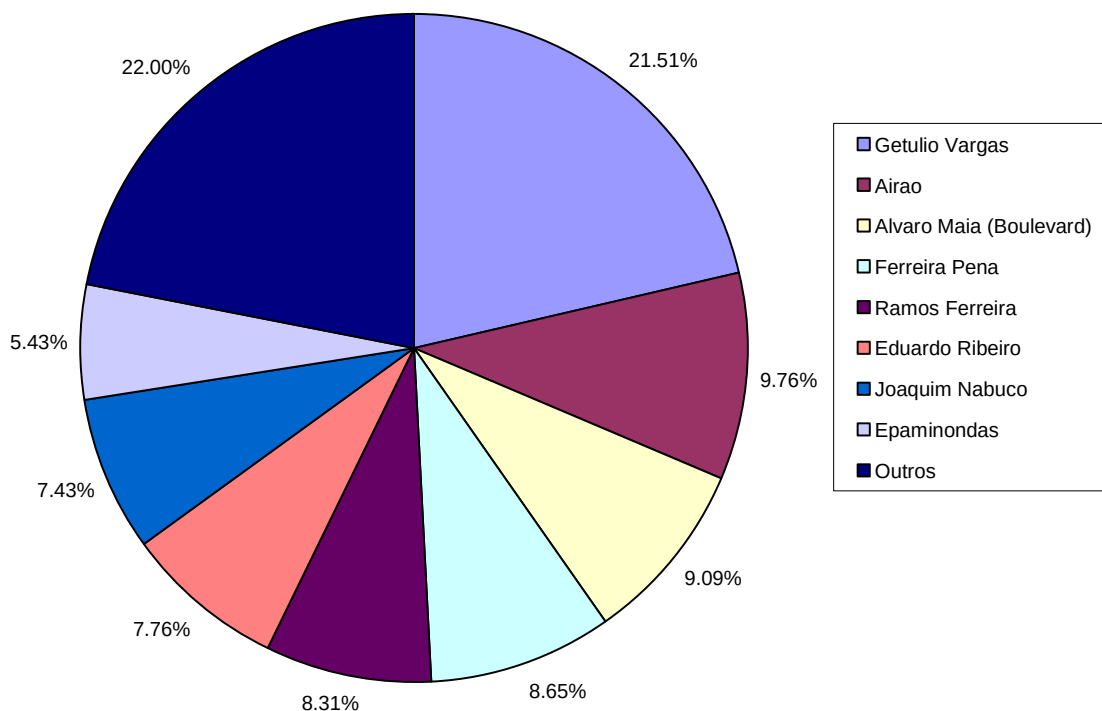


Gráfico 6. Avaliação condições qualitativa geral das árvores com alta qualidade

4.2.4. Consulta 04: Compatibilidade do porte da árvore com o espaço físico

O termo compatibilidade demonstra a relação entre o porte e o espaço físico disponível.

Segundo COSTA (1992), m ponto importante a considerar quando do planejamento da arborização é a obtenção de informações sobre o espaço físico disponível (tridimensional) de forma a facilitar a escolha do porte que ocupará um determinado espaço.

Os valores adotados foram os proposto por MILANO (1988), que atribuiu nota de 1 (compatível) a 3 (incompatível) considerando a relação entre as condições do espaço físico local e as características da espécie plantada.

Para os indivíduos levantados verificou-se que 85% das árvores amostradas estão plantadas em locais com afastamento predial e os 15% restantes das árvores de rua não possuem o devido afastamento. As figuras 53, 54, 55 e 56, tabela 16 e gráfico 7,mostram a compatibilidade das árvores.

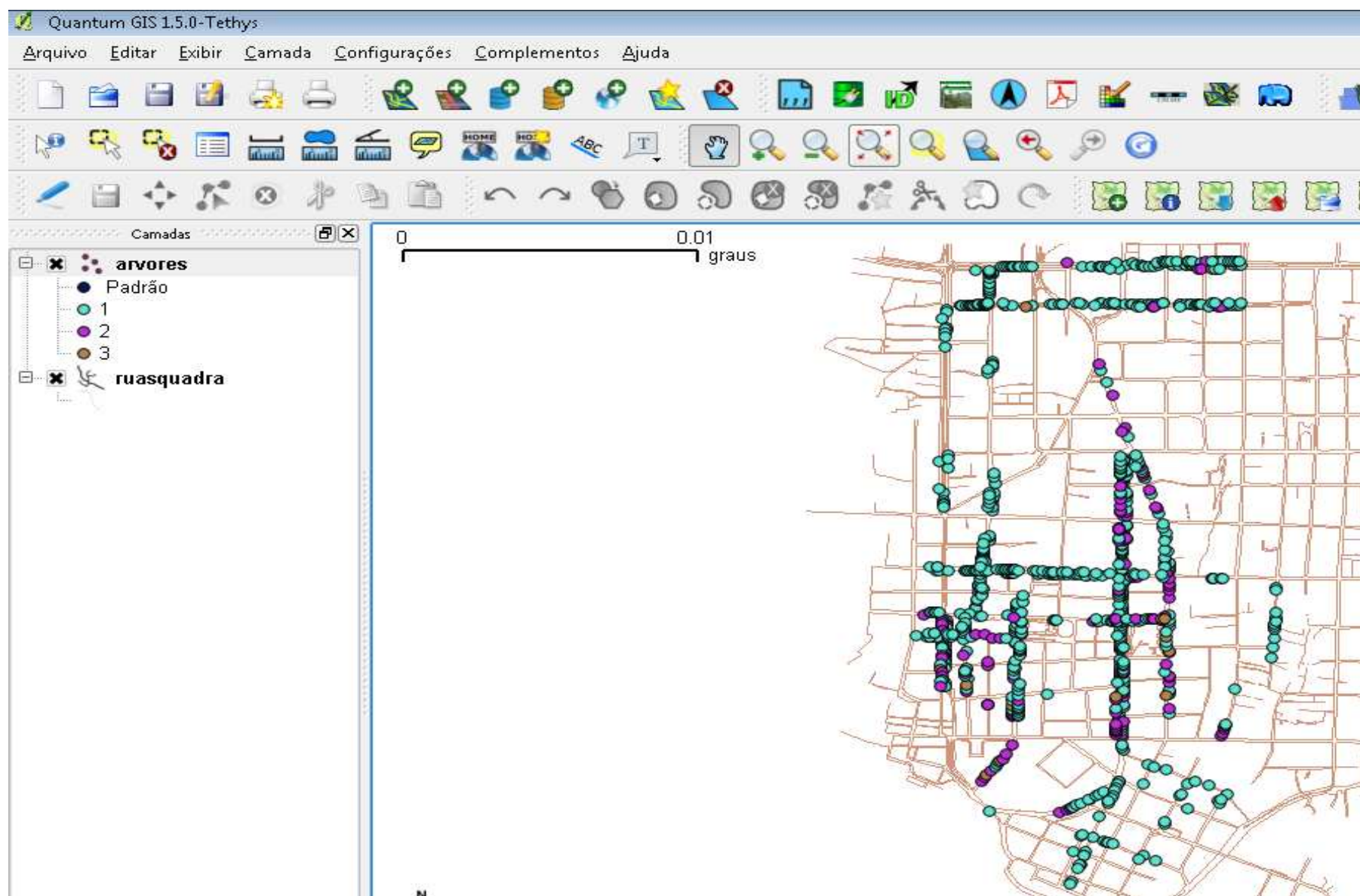


Figura 53. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / QuantumGIS

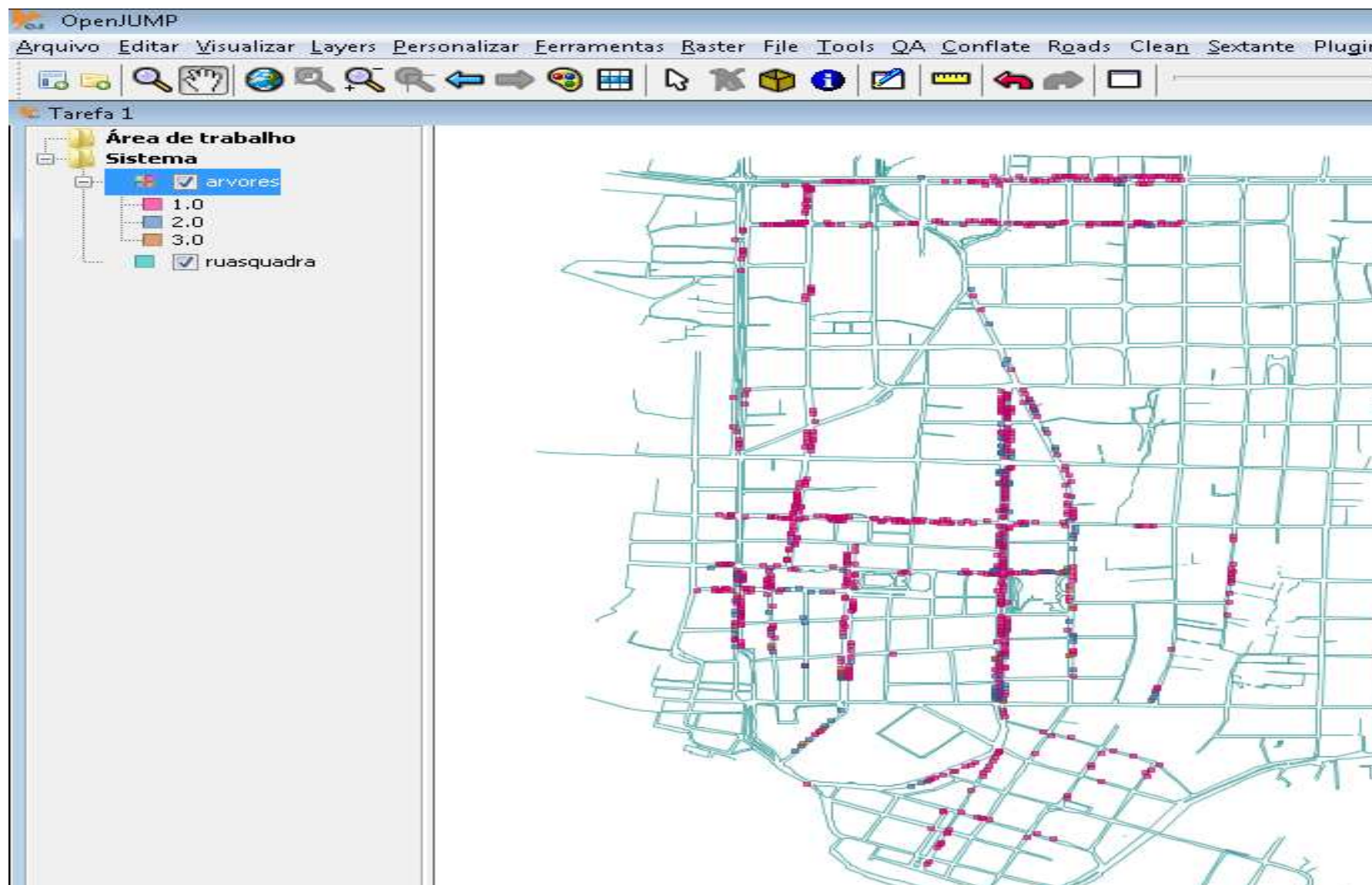


Figura 54. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / OpenJUMP

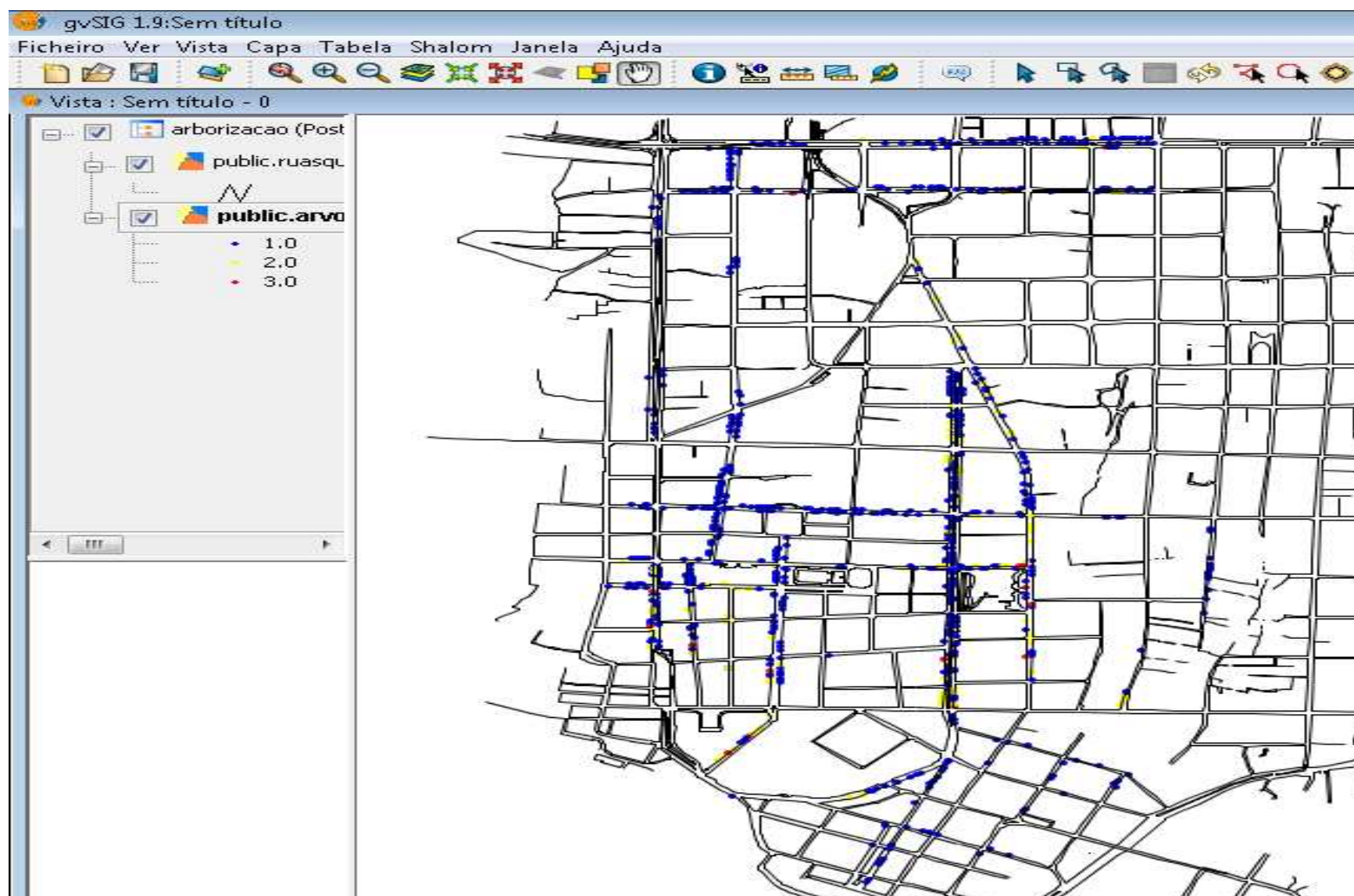


Figura 55. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / gvSIG

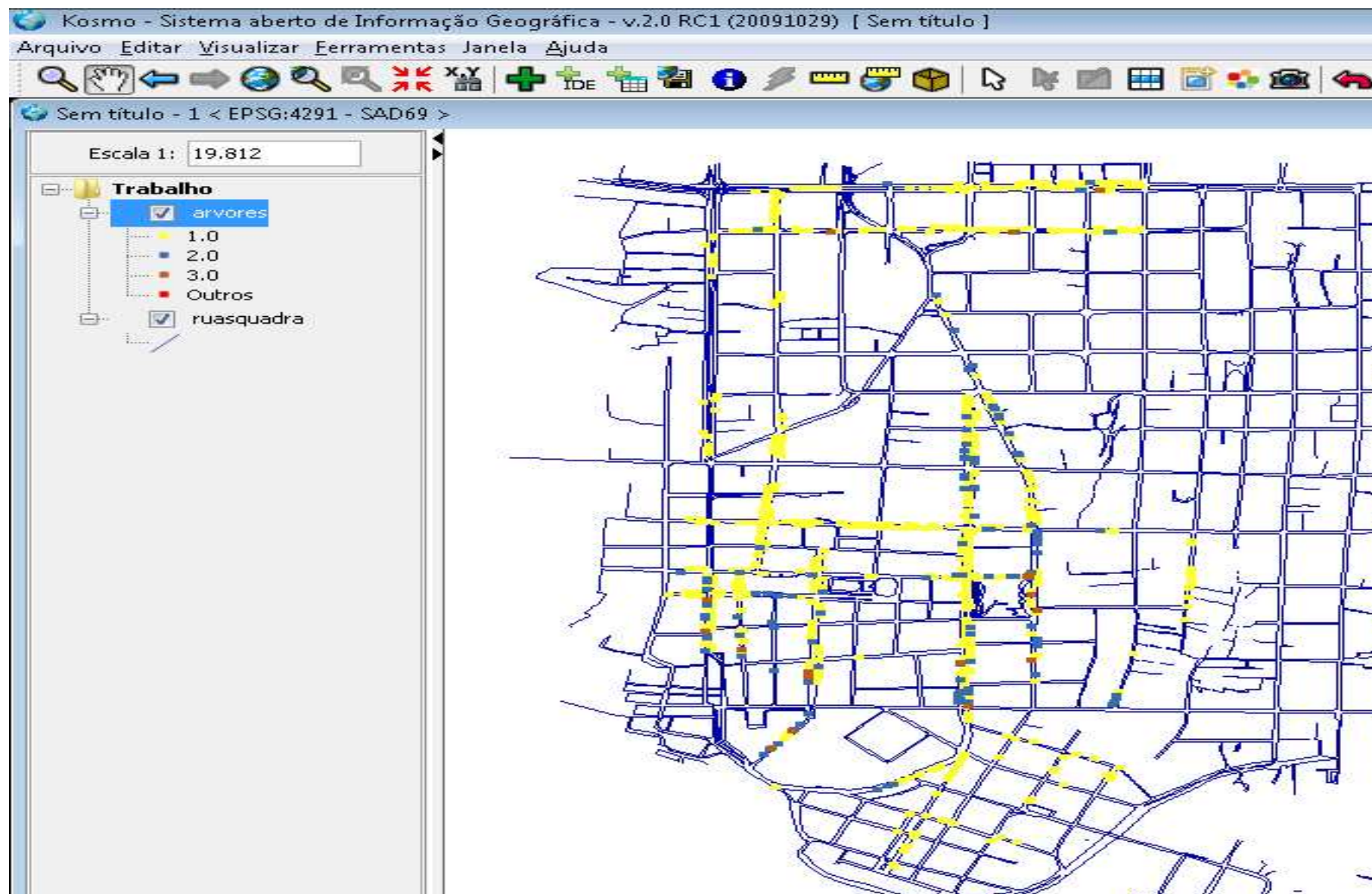


Figura 56. Distribuição espacial da compatibilidade porte por nota / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial da compatibilidade entre o porte e o espaço físico disponível de crescimento das árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estes estudos.

COMPATIBILIDADE	Nº DE ÁRVORES	%
ALTA (nota 1)	768	85,14%
MÉDIA (nota 2)	117	12,97%
POUCA (nota 3)	17	1,88%

Tabela 16. Análise de compatibilidade entre árvores e o espaço disponível para o seu crescimento

No gráfico 7, verificou-se que 85% das árvores apresentaram alta compatibilidade entre o porte e o espaço físico disponível.

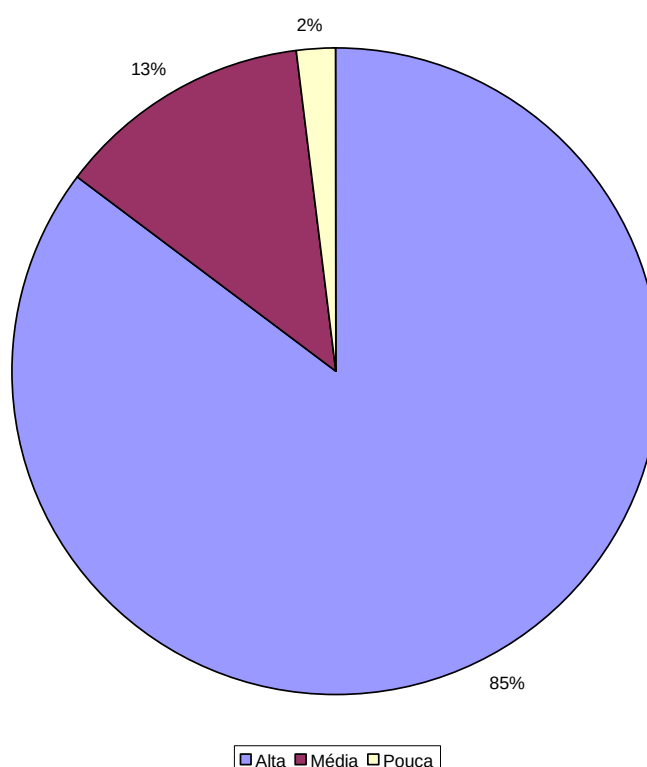


Gráfico 7. Análise de compatibilidade entre as árvores e o espaço disponível para o seu uso

Na figura 57, tabela 17 e gráfico 8 são demonstradas as 05 (cinco) espécies com alta compatibilidade de maior predominância encontrada.

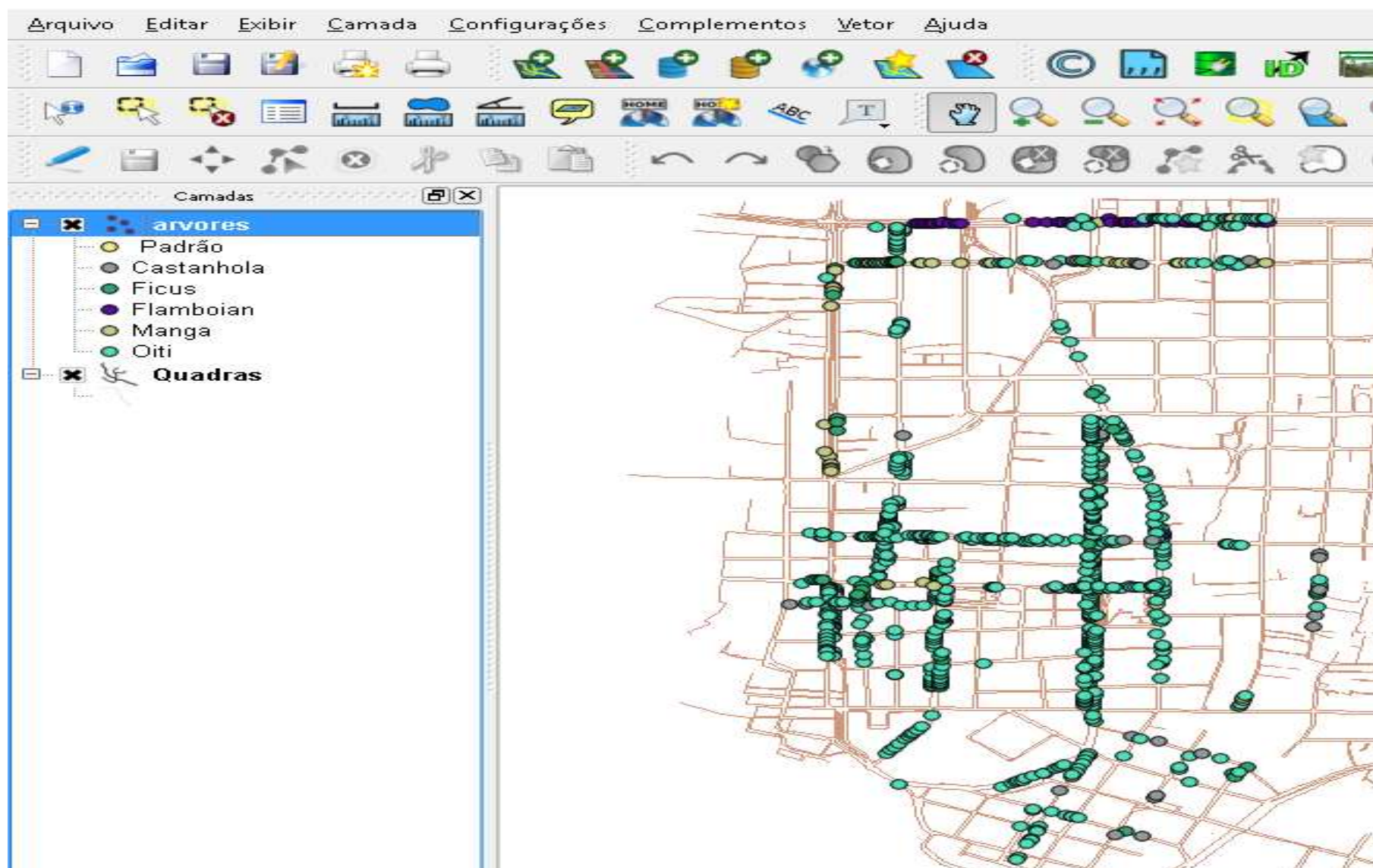


Figura 57. As 05 (cinco) espécies compatíveis de maior predominância

Espécie	COMPATIBILIDADE			Nº DE ÁRVORES	%
	Alta	Média	Pouca		
Oiti	525	103	13	641	75.32%
Ficus	62	4	0	66	7.76%
Flamboian	49	0	0	49	5.76%
Manga	44	3	1	48	5.64%
Castanhola	39	6	2	47	5.52%
Total Geral	719	116	16	851	100%
Total %	84.49%	13.63%	1.88%	100%	

Tabela 17. Análise de compatibilidade entre árvores e o espaço disponível para o seu crescimento

No gráfico 7, verificou-se que 75.32% que obteve alto índice de compatibilidade é da espécie Oiti.

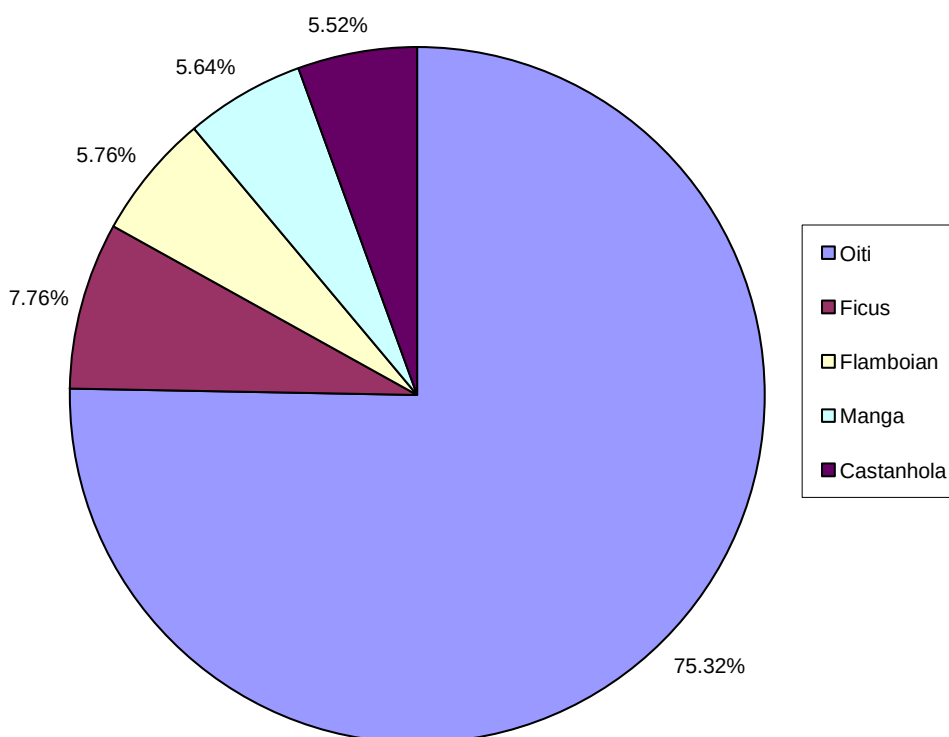


Gráfico 8. Análise de compatibilidade das 5 espécies com alta compatibilidade

4.2.5. Consulta 05: Nível de danos físicos

Muitas vezes, os fatores sociológicos podem ser mais importantes que os biológicos para a sobrevivência e satisfatória existência das árvores no ambiente urbano. A participação direta da população nos programas de arborização é um fator positivo na conscientização pública, resultando em maiores possibilidades de

sobrevivência das árvores plantadas em decorrência dos cuidados que a própria população possa ter com elas.

O levantamento realizado no centro de Manaus mostrou que 31,26% (282 árvores) dos indivíduos cadastrados mostraram algum tipo de dano, sendo este causado por vandalismo, poda ou construção. As figuras 58, 59, 60 e 61, tabela 18 e gráfico 9, mostram os níveis de danos físicos das árvores.

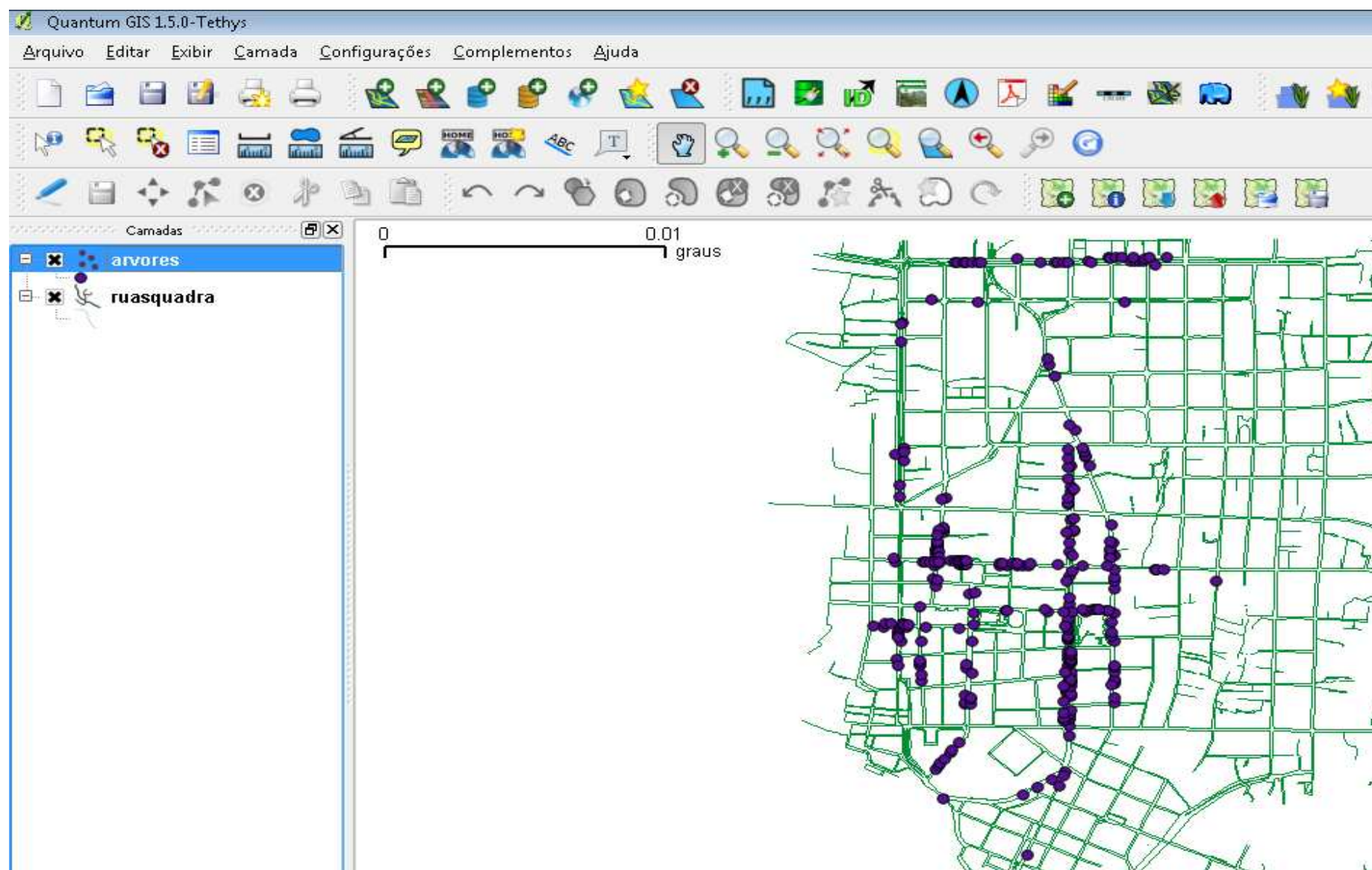


Figura 58. Arvores que sofreram algum dano físico utilizando QuantumGIS

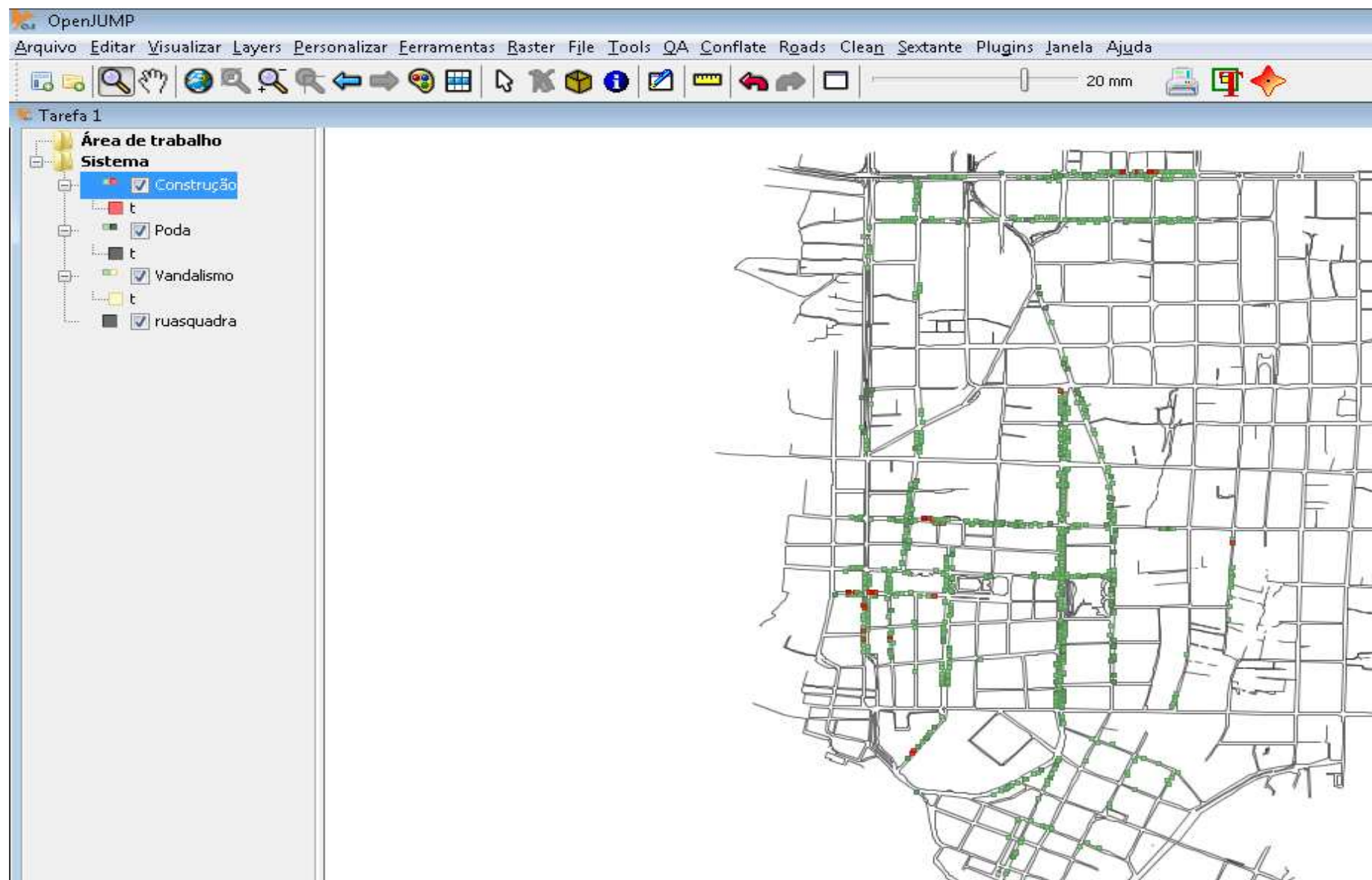


Figura 59. Árvores que sofreram algum dano físico / OpenJUMP

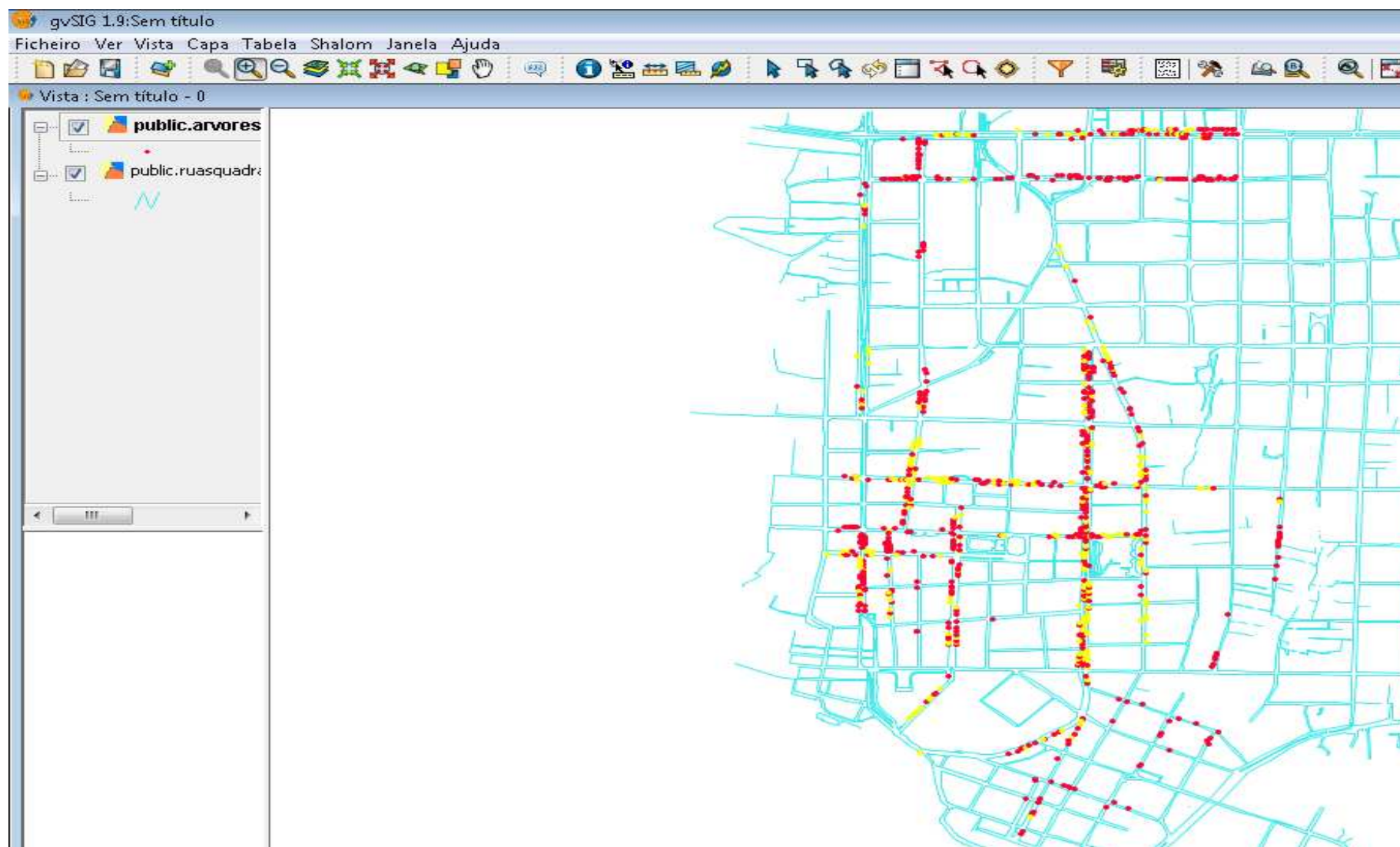


Figura 60. Árvores que sofreram algum dano físico / gvSIG

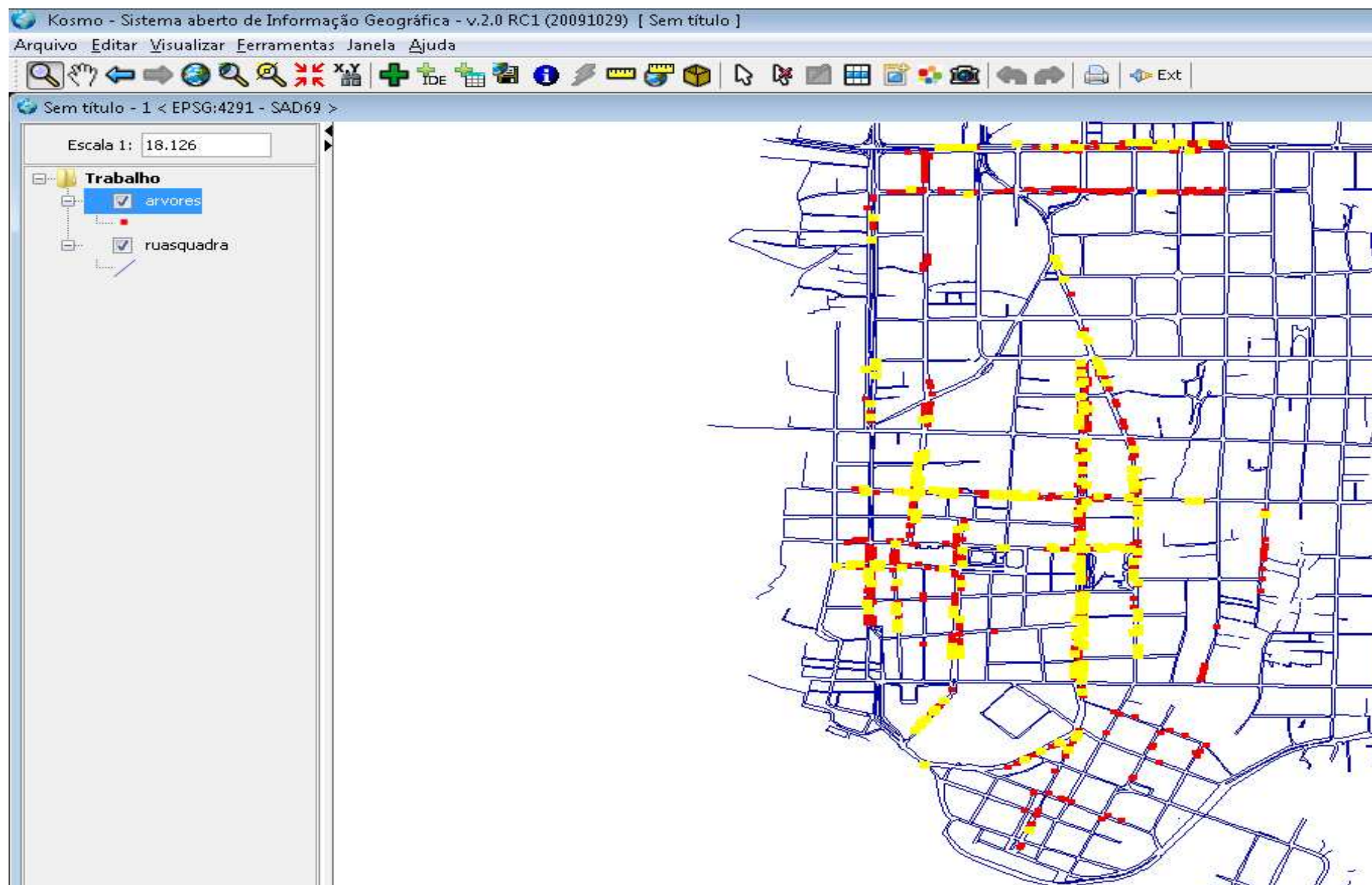


Figura 61. Árvores que sofreram algum dano físico / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das árvores que sofreram danos físicos foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para estudo de distribuição espacial dos danos físicos nas árvores.

DANO	Nº DE ÁRVORES	%
Vandalismo	58	20,57%
Poda	200	70,92
Construção	24	8,51%

Tabela 18. Árvores que receberam algum tipo de danos

No gráfico 9, verificou-se que um dos maiores problemas encontrado causadores de danos foi por poda representando 70,92% das árvores encontradas.

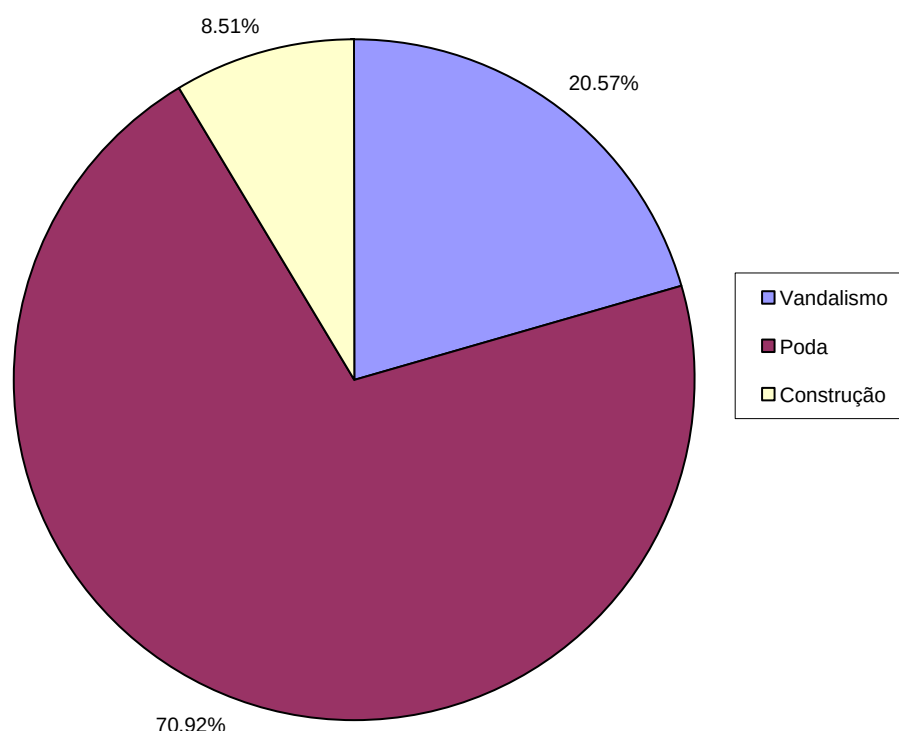


Gráfico 9. Árvores que receberam algum tipo de danos

4.2.6. Consulta 06: Necessidade de tratamento a ser realizada

Nos indivíduos cadastrados observou-se que 56% não necessitam de nenhum tipo de manutenção, 26% necessitam de poda leve, 4% de poda pesada e 14% de controle fitossanitário, destas 18,34% estão mortas sem recuperação.

Boa parte das árvores avaliadas necessitava de algum tipo de poda, principalmente a poda leve, também conhecida como poda de formação ou de limpeza.

As necessidades de podas a serem feitas pelo gestor público, podem ser evitadas quando moradores cuidam da arborização de seus próprios bairros. Tal fato foi evidenciado por Melo et al. (2007) em estudos realizados na cidade Patos-PB, onde constataram que quase 68% das árvores não necessitavam de podas devido a cuidados tomados pelos moradores do bairro.

Após o plantio, a prática correta de manutenção possibilitará o sucesso ou insucesso da arborização. Assim sendo, é importante considerar as formas básicas de manutenção individual das árvores, que incluirá as necessidades de poda leve, poda pesada e controle fitossanitário. As figuras 62, 63, 64, 65 e 66, tabela 19 e gráfico10, mostram a necessidade de tratamento das árvores.

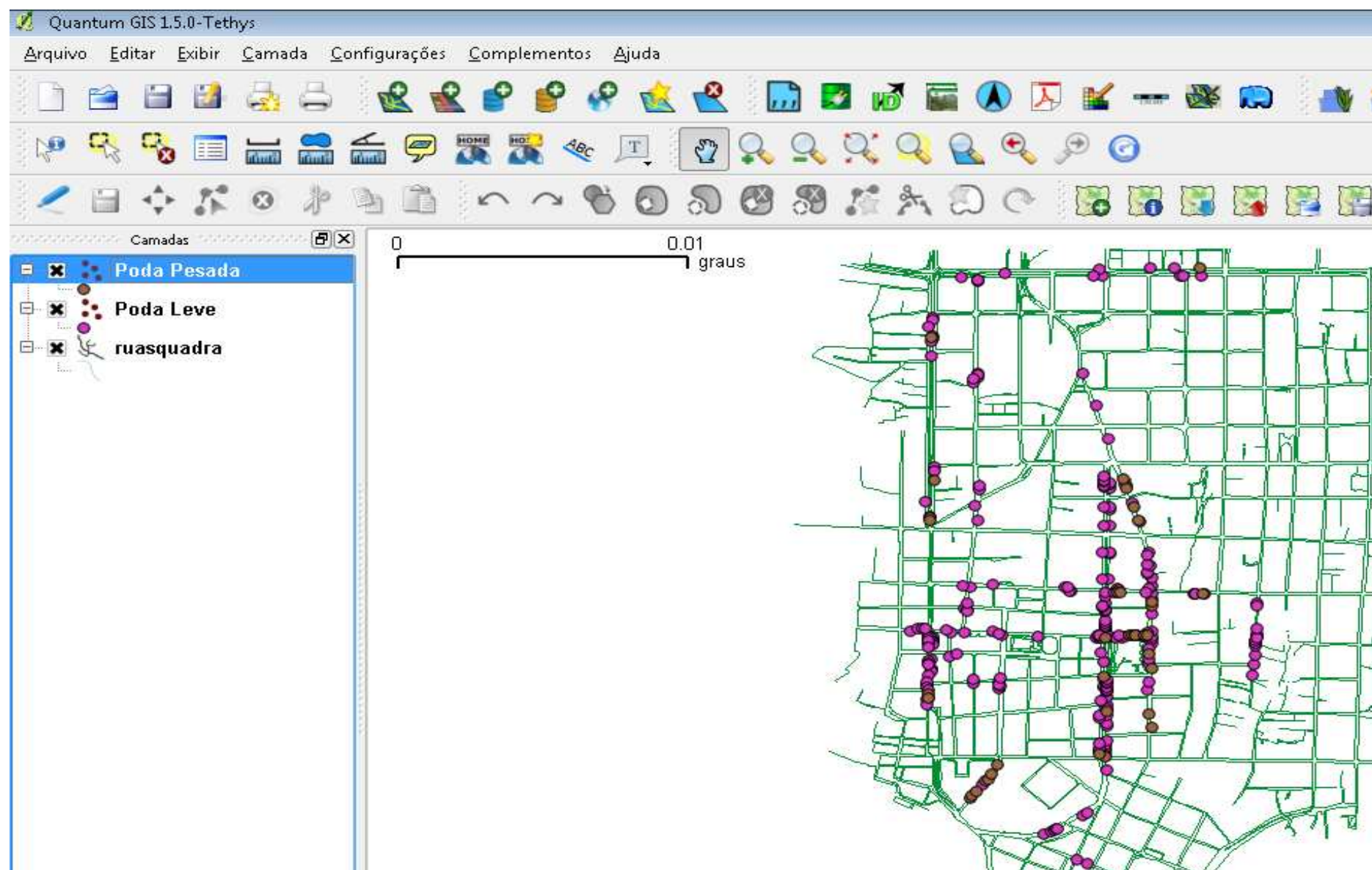


Figura 62. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / QuantumGIS

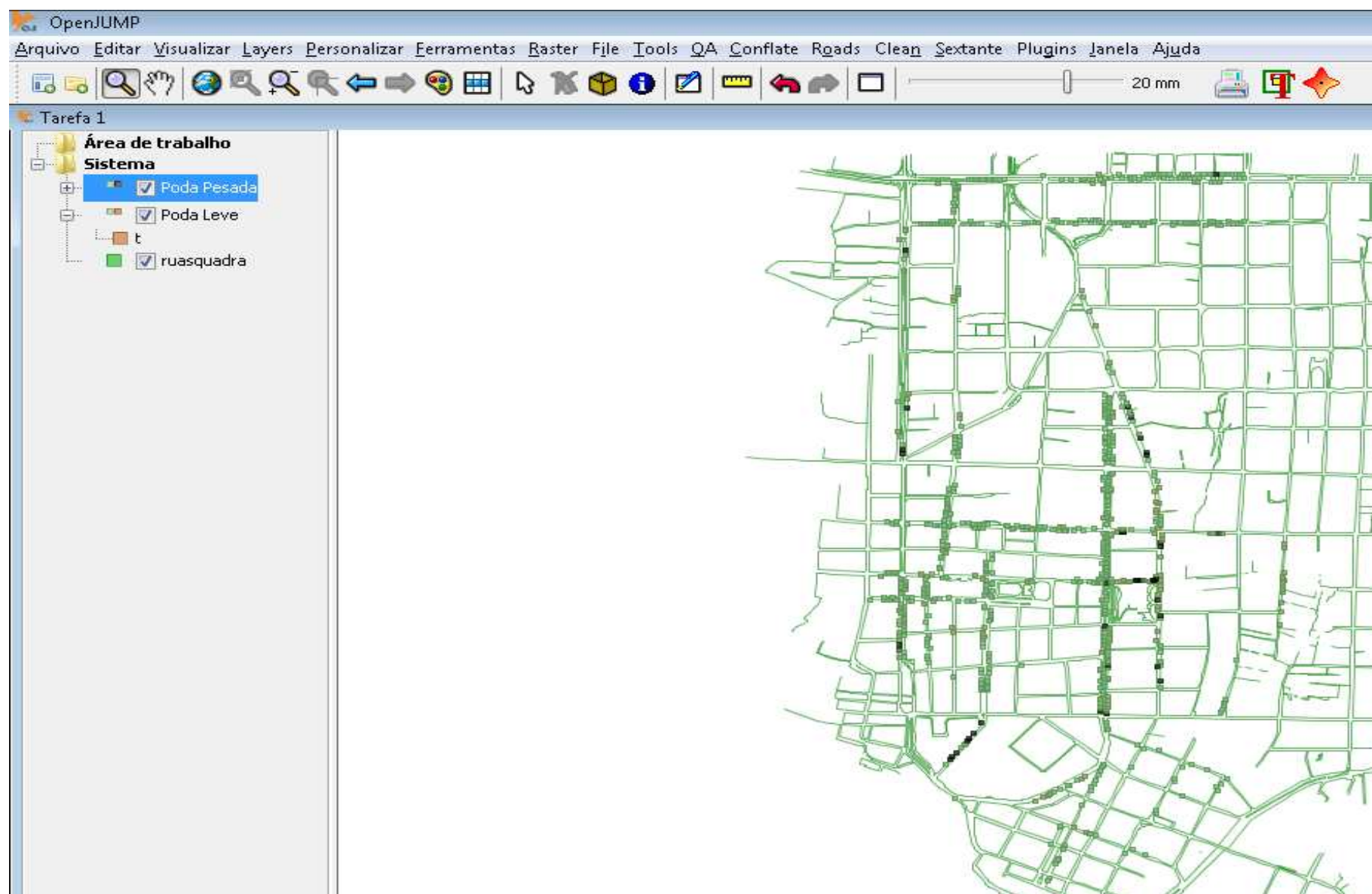


Figura 63. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / OpenJUMP

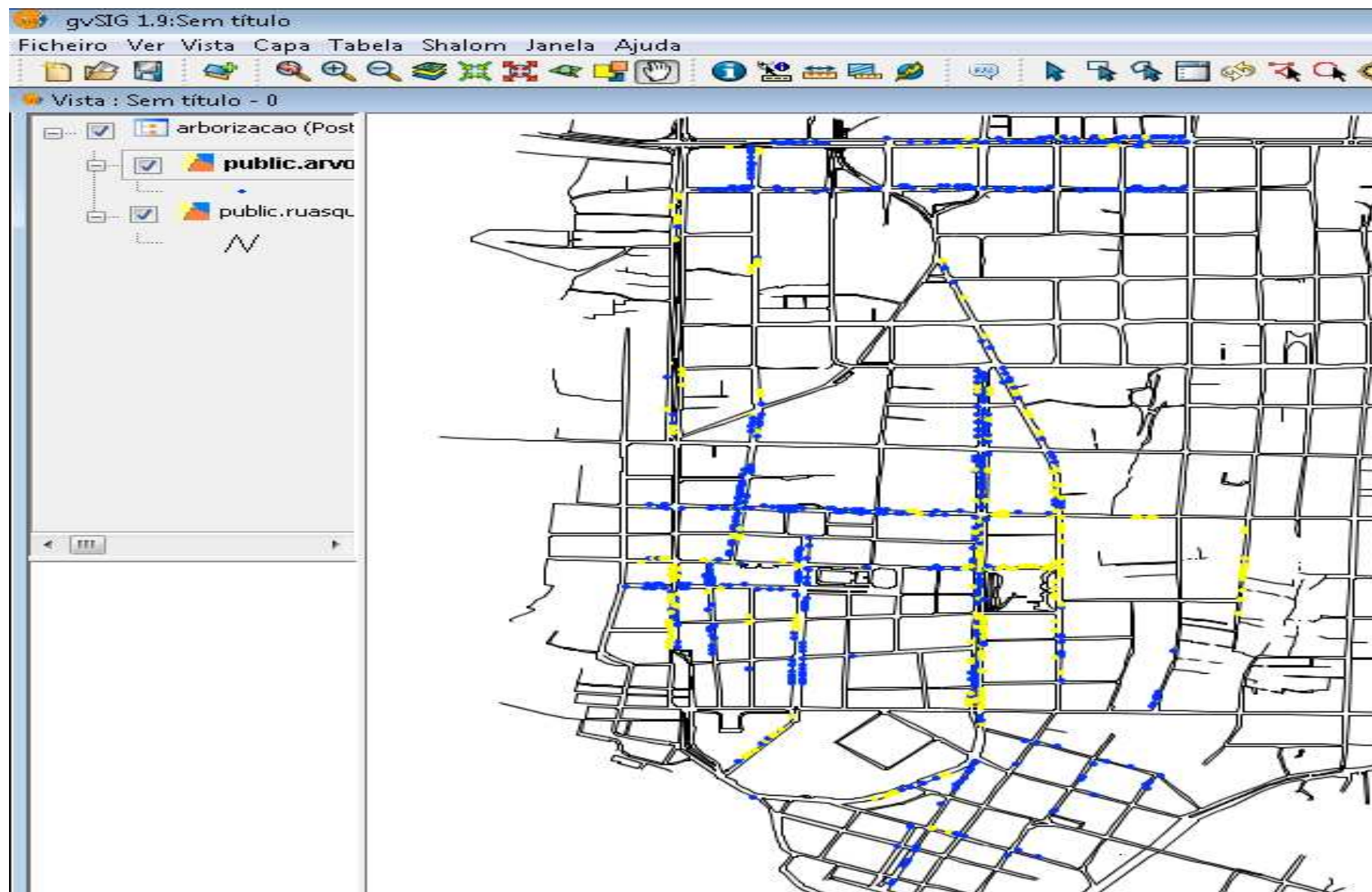


Figura 64. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / gvSIG

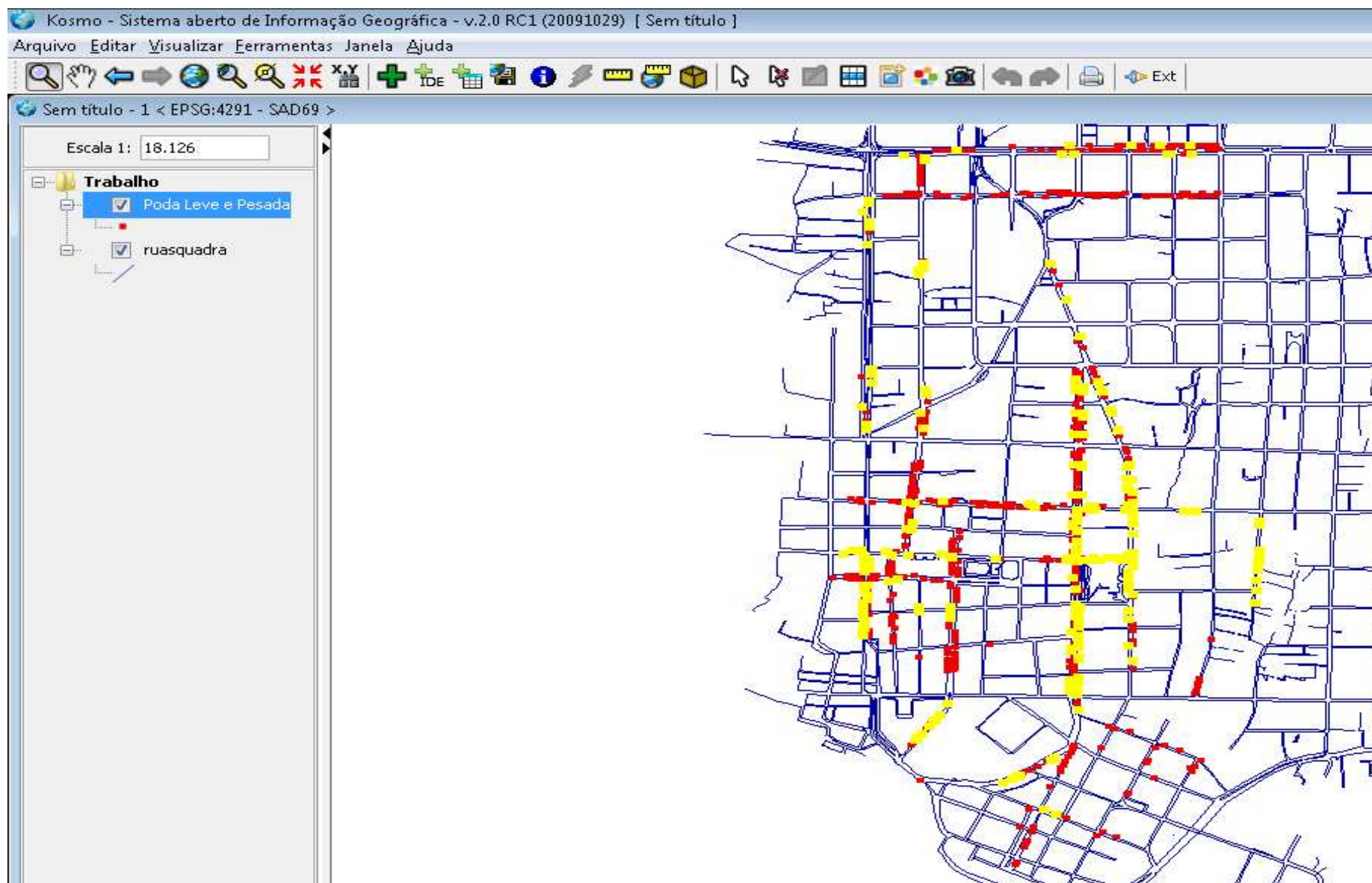


Figura 65. Árvores que necessitam de poda pesada ou leve / Kosmo

Estas figuras demonstram que independentemente do software livre utilizado a distribuição espacial das árvores que necessitam de poda pesa e leve das árvores de ruas encontradas foram as mesmas. Portanto, qualquer um deles pode ser utilizado como ferramenta para este estudo.

Manutenção	Nº DE ÁRVORES	%
Poda Leve	235	26.06%
Poda Pesada	40	4.43%
Fitossanitário	125	13.86
Não necessitam	502	55.65%
Total	902	

Tabela 19. Números de árvores que necessitam de tratamento

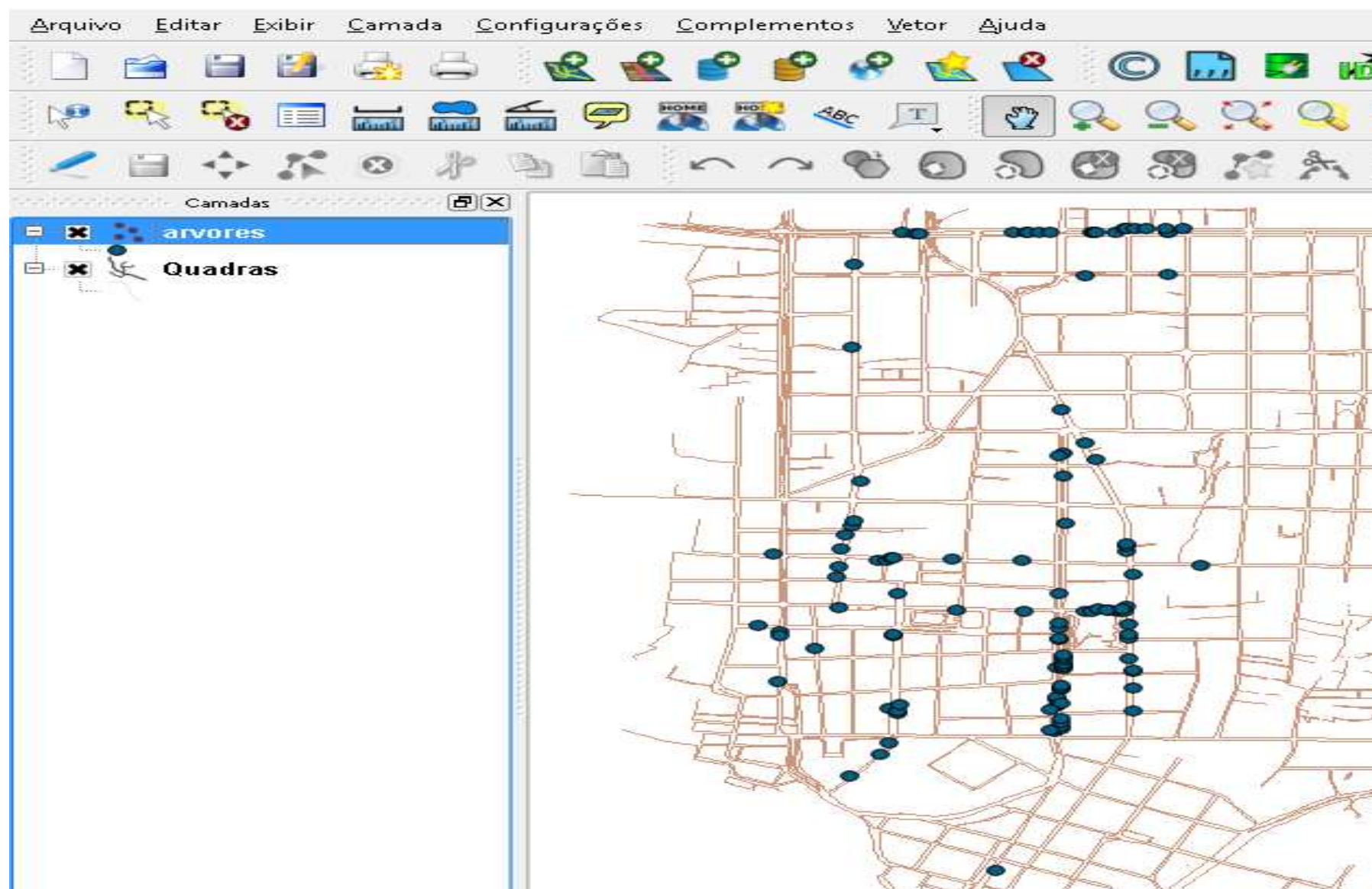


Figura 66. Árvores que necessitam de controle fitossanitário

No gráfico 10, observa-se que 55.65% das árvores não necessitam de poda, portanto as que necessitam de poda representam 26.05%, sendo necessária a realização de poda leve.

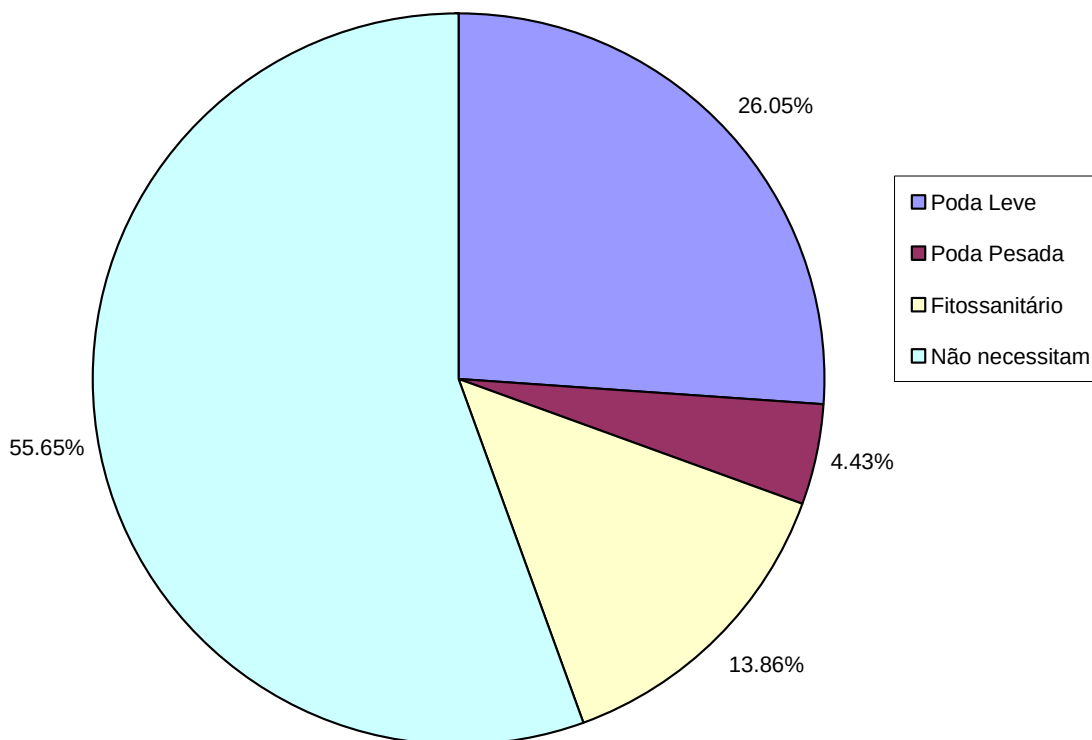


Gráfico 10. Árvores que necessitam de algum tipo de tratamento

4.2.7. Consulta 07: Necessidade de remoção

Toda poda e remoção de árvores necessitam de autorização prévia do Poder Executivo Municipal. Extraordinariamente, nas ocasiões de emergência em que haja risco iminente a população ou patrimônio, tanto público ou privado, é permitido ao Corpo de Bombeiro executá-las sem a prévia autorização.

Através do levantamento verificou-se que algumas árvores têm necessidade de serem retiradas totalizando 46 árvores representando 5,10% das árvores encontradas, devido o seu estado físico. As figuras 67, 68, 69 e 70, tabela 20 e gráfico 11, mostram a necessidade de remoção das árvores.

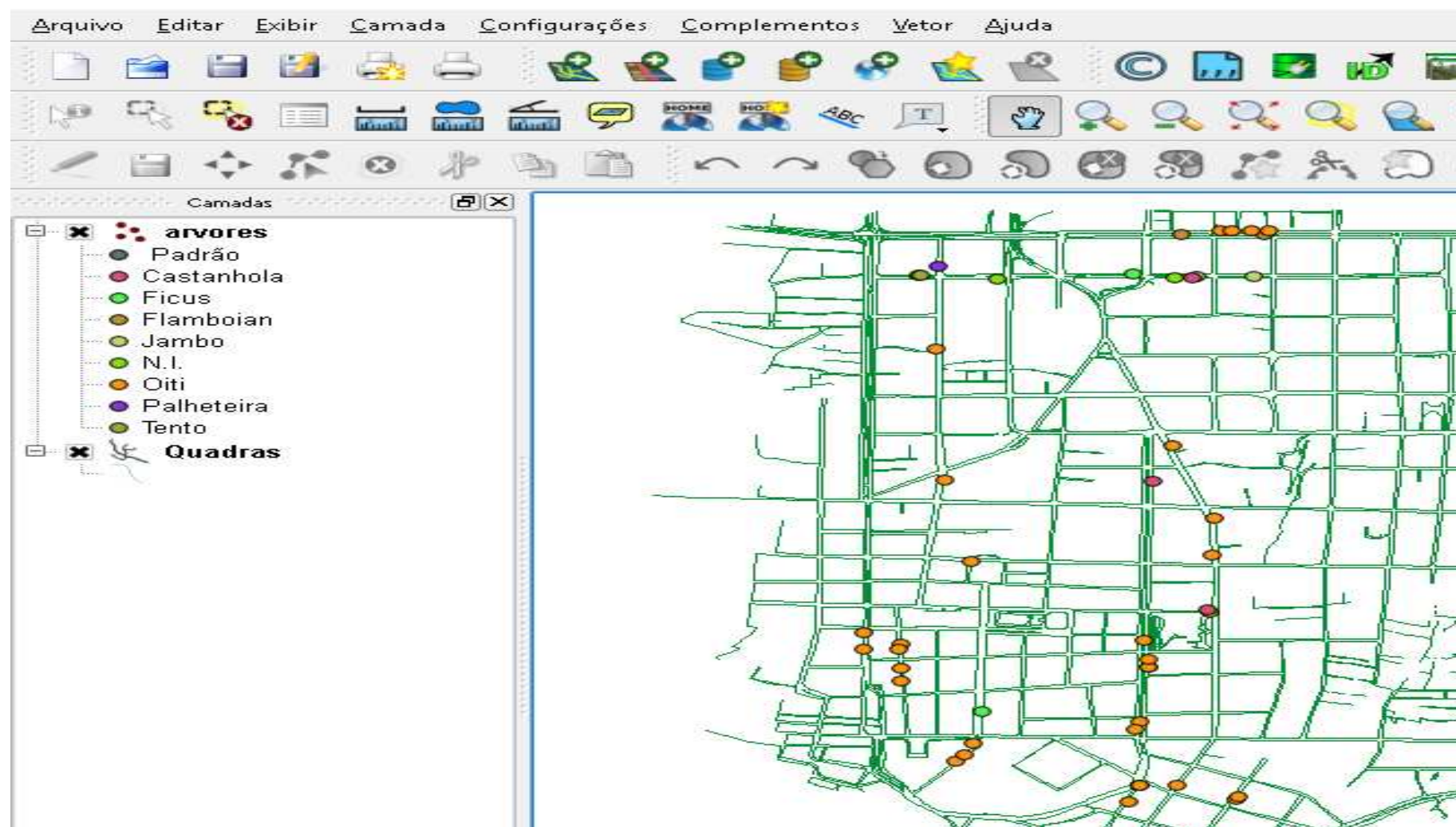


Figura 67. Árvores que necessitam remoção por espécie / QuantumGIS

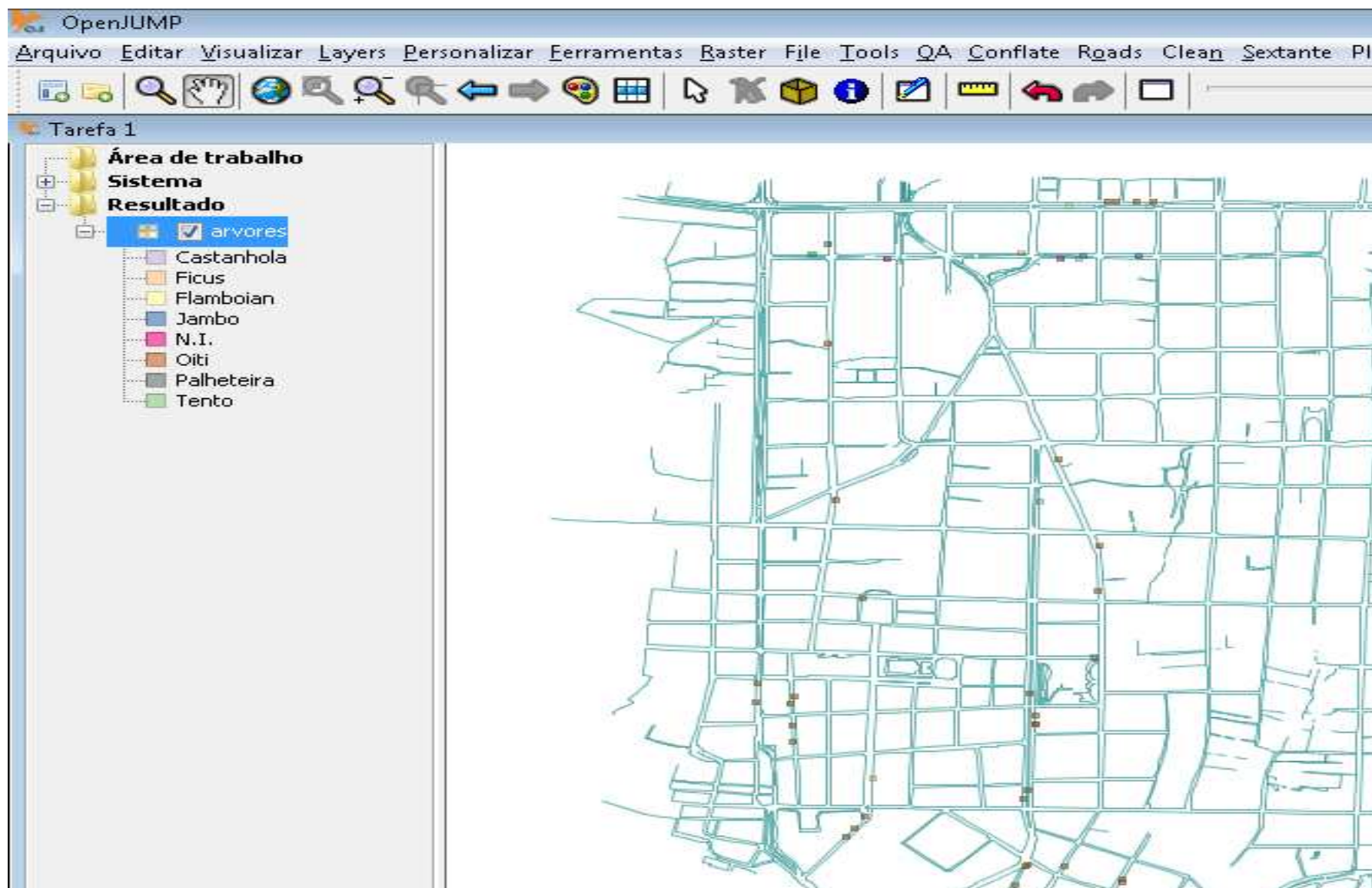


Figura 68. Árvores que necessitam remoção por espécie / OpenJUMP

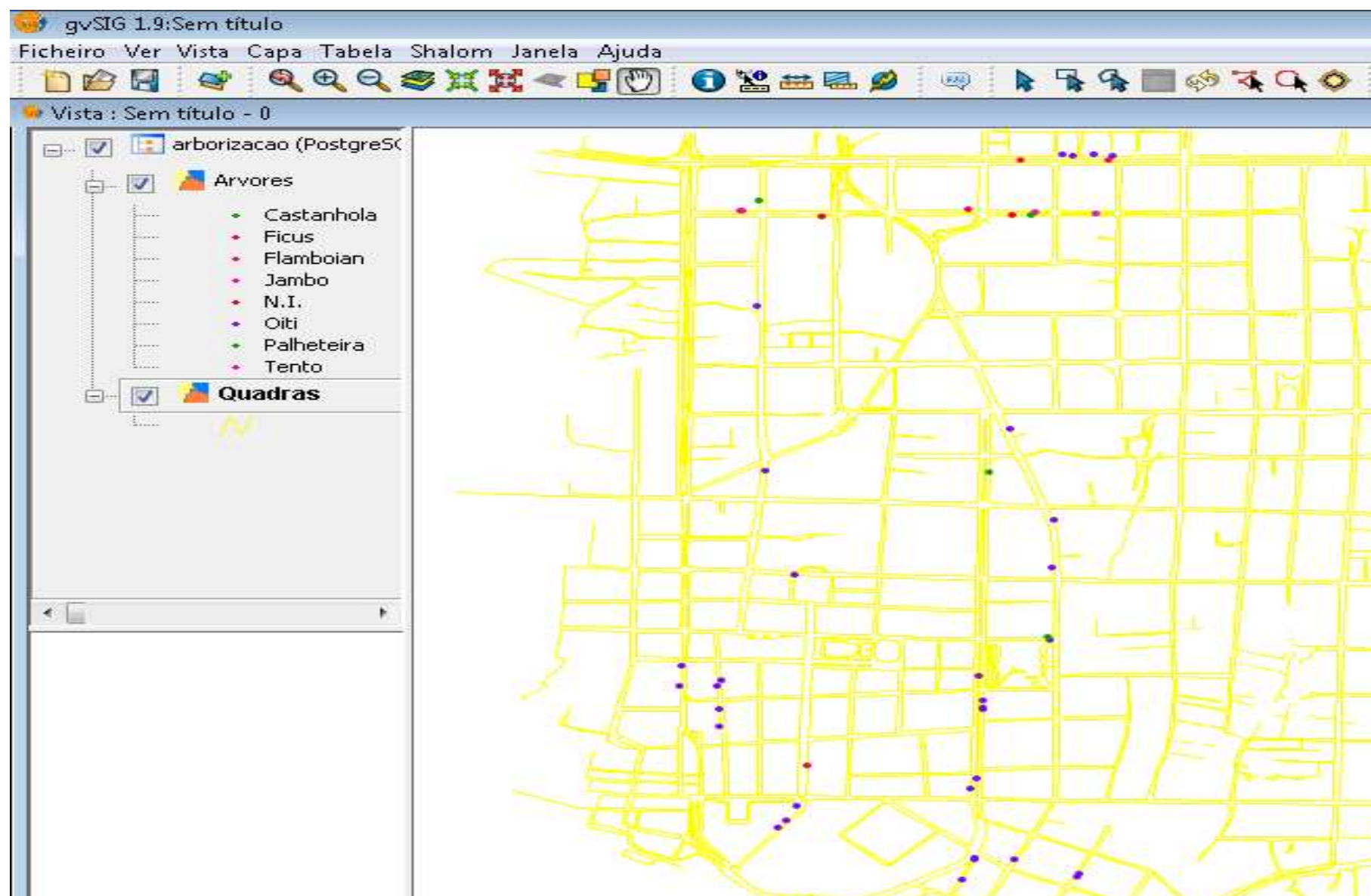


Figura 69. Árvores que necessitam remoção por espécie / gvSIG

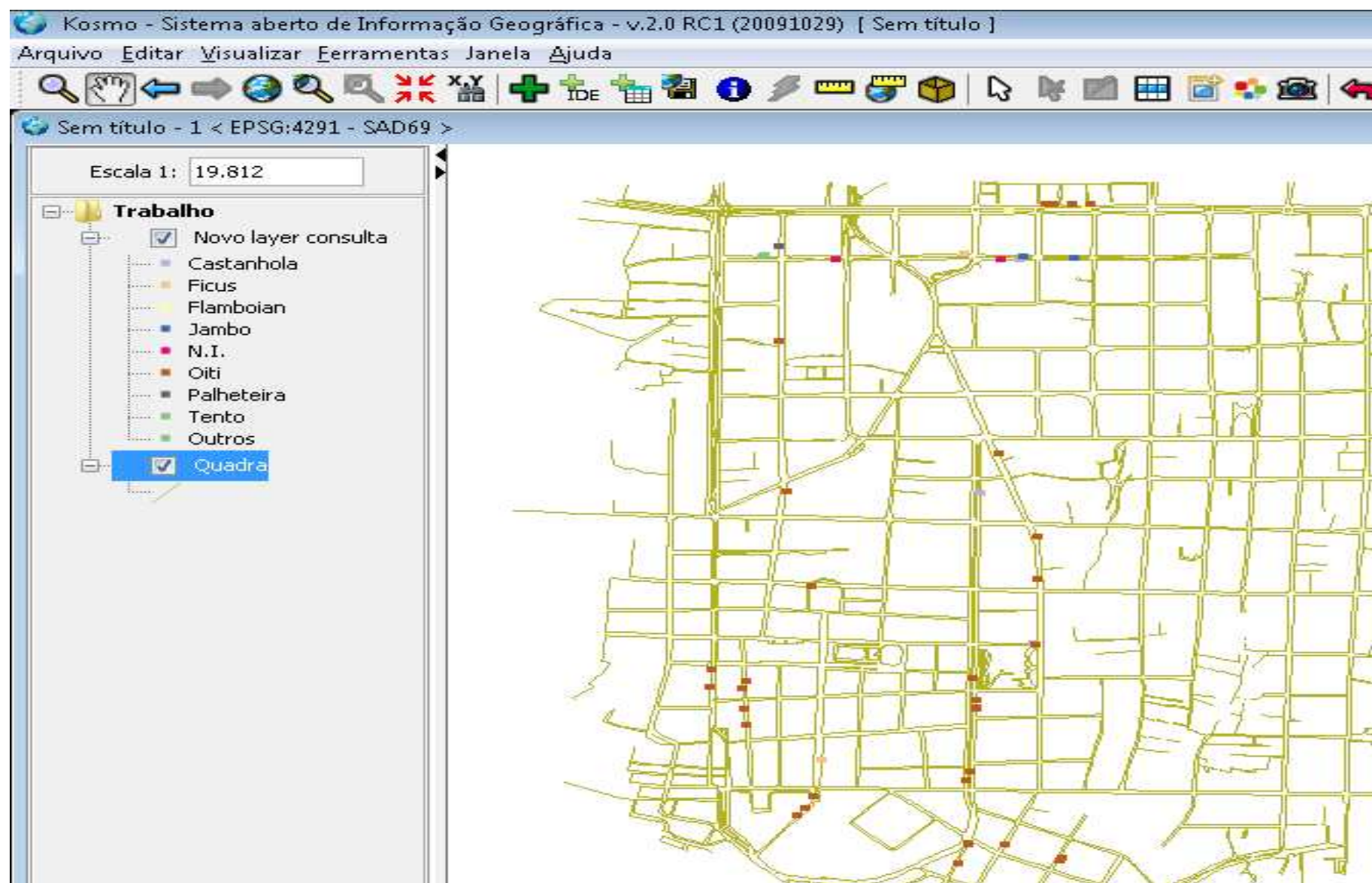


Figura 70. Árvores que necessitam remoção por espécie / Kosmo

REMOÇÃO	Nº DE ÁRVORES	%
Não necessita	856	94,90%
Necessita	46	5,10%

Tabela 20. Números de árvores que necessitam de remoção

No gráfico 11, observa-se que 94,90% das árvores encontradas não necessitam de remoção.

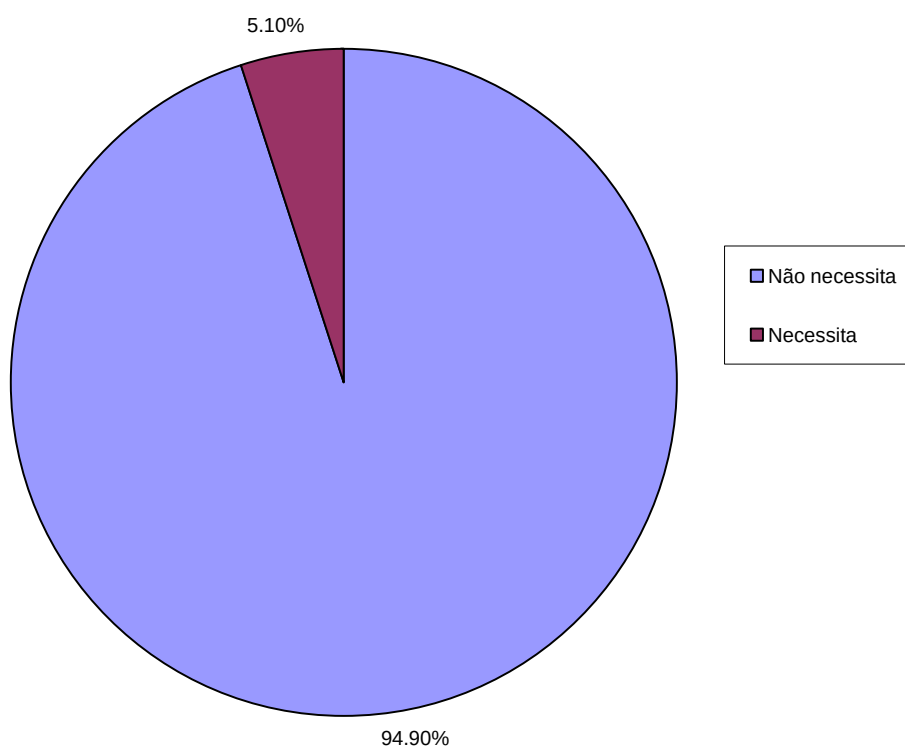


Gráfico 11. Árvores que necessitam ser removidas

Na tabela 21 e gráfico 12 estão quantificados os indivíduos por espécie que devem ser removidos. observa-se que 69,57% delas é da espécie Oiti com 32 árvores.

ESPECIE	Nº DE ÁRVORES	%
Oiti	32	69.57%
Ficus	2	4.35%
Flamboian	2	4.35%
Castanhola	3	6.52%
N.I.	2	4.35%
Jambo	2	4.35%
Tento	2	4.35%
Palheteira	1	2.17%
Total	46	

Tabela 21. Números de árvores que necessitam de remoção por espécies

No gráfico 12, observa-se que 95% das árvores encontradas não necessitam de remoção. Das espécies que necessitam ser removidas 69,57% é da espécie Oiti.

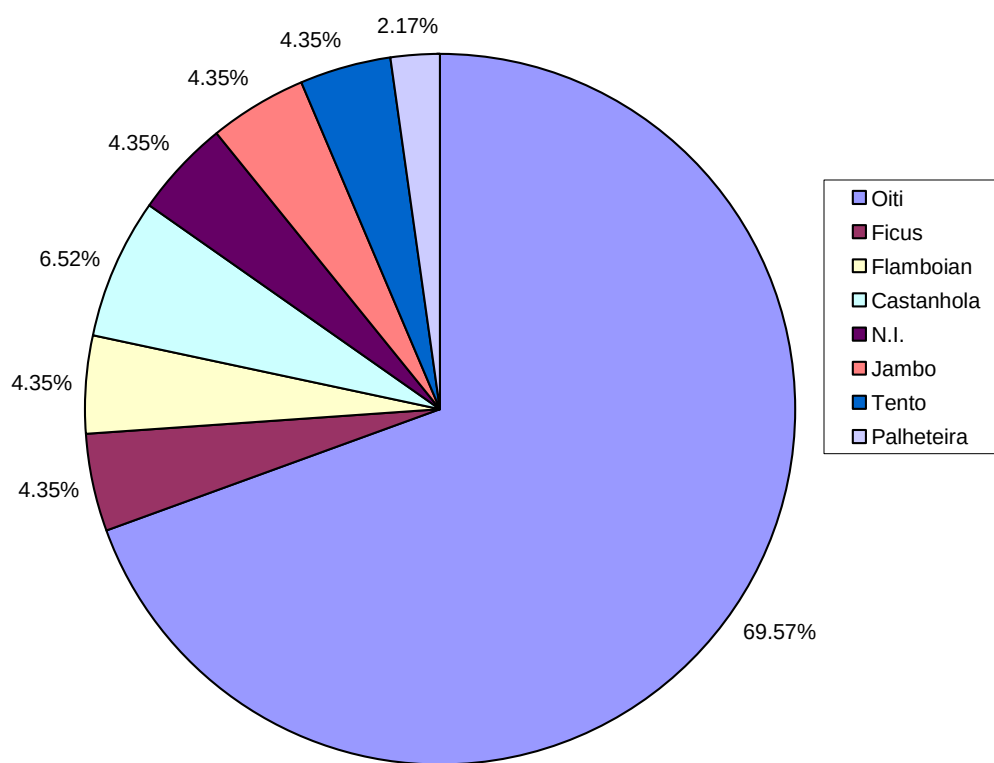


Gráfico 12. Árvore que necessitam ser removidas por espécie

5. CONCLUSÃO

O cadastral para arborização de ruas, na qual se permitiu a elaboração de um banco de dados geográfico das árvores do Centro de Manaus, realizando assim cadastros, consultas e análises dos dados armazenados, o objetivo deste trabalho.

O levantamento das informações disponíveis e metodologia utilizada mostraram-se eficientes na avaliação qualitativa e quantitativa das árvores de ruas

No levantamento quantitativo da arborização urbana do centro de Manaus foi registrada a presença de 15 espécies plantadas com um total de 902 árvores nas ruas da cidade, sendo a maioria constituída da espécie Oiti que representou 71,06%. A população considerada adulta representou 98,22% dos indivíduos arbóreos encontrados.

Em relação ao estado geral das árvores de ruas, estas em sua maioria, encontraram-se em condição regular, sendo que 22,17% da população levantada apresentou danos causados por podas mal aplicadas. No caso das árvores localizadas nos canteiros centrais, estas apresentaram melhores condições quando comparadas às plantadas nas calçadas laterais.

Quanto à compatibilidade entre o porte e o espaço físico disponível, observou-se que apenas 15% das árvores registradas apresentaram média ou pouca compatibilidade e 8%% foram altamente compatíveis com o local onde estão plantadas.

Quando analisada a necessidade de manutenção das árvores observou-se que 56% não precisa de nenhum tipo de manutenção, 26% necessitam de poda leve, 4% de poda pesada e 18,34% das árvores necessitam de controle fitossanitário.

É recomendável com as informações disponíveis planejar a arborização de rua e definir uma política e programas a serem executados a curto, a médio e em longo prazo.

Os *softwares* livres utilizados apresentaram resultados idênticos, podendo ser usados para a gestão de arborização de ruas do modelo cadastral apresentado.

O QuantumGIS e o gvSIG apresentaram um maior número de ferramentas para análises de dados geográficos e o SGBD PostgreSQL/PostGIS, por possuírem constantes atualizações junto a comunidade de desenvolvedores. Os softwares

apresentaram a sua *interface* melhor facilidade de manuseio durante as análises desenvolvidas.

É recomendável que esses *softwares* sejam mais explorados na comunidade acadêmica, pois possuem uma diversidade de ferramentas que podem ser trabalhadas e compartilhadas entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, P. **O uso de banco de dados e geoferramentas para a gestão de dados oriundos de unidades de conservação da natureza: estudo de caso.** 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ALBRECHT, J.M.F. **Análise funcional, composição arbórea e manejo da malha viária e das áreas verdes da cidade de São Carlos - SP.** Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, São Carlos, SP, UFSCar. 1998, 271 p.
- ALVES, C.X.F.; SOUSA, B.A.A. **Plano de arborização urbana de Betim.** In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 7., Belém, 2003. p. 12-14.
- ANDRADE, T. O. **Inventário e análise da arborização viária da Estância Turística de Campos de Jordão, SP.** Piracicaba, 2002. p. 100-112. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ANDRESEN, J. W. **Selection Of Trees For Endurance Of High Temperatures and Artificial Lights in Urban Áreas.** U.S.For.Serv.Gen.Tech. Rep. NE-22, 1976. p.65-75.
- BARCELOS, P.R.A. **A poda da arborização urbana.** In: Seminário de Arborização Urbana no Rio de Janeiro, 1., Rio de Janeiro, 1996. Rio de Janeiro: EBA, 1997. p.125-132.
- BARTENSTEIN, F. **The Future Of Urban Forestry.** J. Arb., 7(10): 261-267, 1981.
- BIONDI, D. **Diagnóstico da Arborização de ruas da cidade do Recife/PE.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1, 1985, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SMMA, 1985. p. 87-88.
- BALENSIEFER, M. & WIECHETECK, M. **Arborização das cidades. Curitiba: Impresso pelo instituto de terras, cartografia e florestas;** vinculado à secretaria de estado da agricultura e abastecimento, 1987.
- BUSARELLO, O. **Planejamento urbano e arborização.** In: Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana, 3., Curitiba, 1990. Curitiba: FUPEF, 1990. p.54-59.
- BIONDI, D.; ALTHAUS. M. **Árvores de Rua de Curitiba: cultivo e manejo.** Curitiba: FUPEF, 2005. 182 p.
- BRANDÃO, M. **A árvore: paisagismo e meio ambiente.** Comunicação Integrada Ltda. Belo Horizonte: Vitae, 1992.
- BRUCK, E. C.; CARDOSO, M. A.; ONO, H. Y. **Proposta para um Gerenciamento de áreas Verdes.** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. Anais. Silvicultura em São Paulo, 16(a-3):1900-1906.
- BOEHM, Barry W. **Software Engineering Economics.** Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1976.
- BARROS, Pablo. **UML: Linguagem de Modelagem Unificada** em Português, 2001. <<http://cc.usu.edu/~slqz9/uml>>. Consultada em 24/08/2004.
- BRUCE, R. R. **The Response Of Urban Trees to Abiotic Stress.** J. Arboric., 3(4): 75-78, 1977.

BRUCK, E. C.; CARDOSO, M. A.; ONO, H. Y. **Proposta para um Gerenciamento de áreas Verdes.** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. Anais. Silvicultura em São Paulo, 16(a-3):1900-1906.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. (1996). **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP. 197p.

CÂMARA, G., CASANOVA, M.A., DAVIS JUNIO, C., VINHAS, L., QUEIROZ, G. **Bancos de Dados Geográficos,** Curitiba, Editora MundoGEO, 2005.

CEREZO, F.L.B.; MARTINS, C.S. **Poda e arborização urbana em Belo Horizonte.** In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2.; Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana, 5., São Luiz, 1994. Anais. São Luiz: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p.377-387.

CHIMENTI, B. N. **Componentes básicos para projetos de espaços livres de uso público.** In: Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana 6.; Brasília (Compact Disc). 2001.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – CODEAMA. **Levantamento de Condições ambientais do Amazonas.** Manaus, Nuprema, 1979.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização.** Belo Horizonte, 2001. p.12-18.

COSTA, L. A. da. **Análise da avaliação quali-quantitativa da arborização urbana pública da cidade de Manaus.** 1992. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) INPA/FUA< Manaus 218 p.

COSTA, M. H. **Classificação climática.** Viçosa: 1994. UFV.12 p. (Caderno didático, 18).

COZZO, D. **Arboles para Parques y Jardines.** 2 ed. Buenos Aires, Suelo Argentino, 1950. 303p.

CATANESE, A. J. **Planning In a State Of Siege: The Colombia Experience.** Land economies, 49(1): 35-43, February, 1973.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO-CESP. **Guia de Arborização.** 3 ed. SP, 1988. 33p. (Coleção ecossistema terrestre, 006).

COSTA, L. A. da. 1992. **Análise da avaliação quali-quantitativa da arborização urbana pública da cidade de Manaus.** Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Fundação Universidade de Amazonas, Manaus, Amazonas, 218pp.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. **Arquitetura de sistemas de informações geográficas.** In: CÂMARA, G., 2001.

DETWYLER, T. R. & MARCUS, M. G.- **Urbanization and Environment.** Duxbury Press, Belmont Califórnia, 1975.

FRANCO, V. S. M. **Gerenciamento da arborização na área do campus UFMG utilizando ferramentas SIG.** Belo Horizonte. 2006. 38 p.

FIRKOWSKI, C. **Poluição atmosférica e a arborização urbana.** In: Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana, 3., Curitiba, 1990. Curitiba: FUPEF, 1990. p.14-26.

FOSTER, R. S. **Desirable Traits For City Trees**. In: Meeting Of the Canadian Tree Improvement Association, 16., 1977. proceedings. Ottawa, Canadian Forestry Service, 1977.

FURLAN, José Davi. **Modelagem de Objetos através da UML. Análise e desenho orientados a objeto**. Makron Books, 1998.

GRIFFITH, J.J. & SILVA, S. M. F. da. **Mitos e Métodos no planejamento de sistemas de áreas verdes**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., Maringá, 1987. Anais. p. 34-42.

GRENHA, R. **O ensino da arborização urbana na escola de Agronomia da UFRRJ**. In: Seminário de Arborização Urbana no Rio de Janeiro, 1., Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: EBA, 1997. p.145-152.

GREY, G.W. & DENEKE, F.J. **Urban Forestry**. Ney York, Jonh Wiley, 1978. 279p.

GEOSERVER. Disponível em <<http://www.geoserver.org>>. Acesso em: 15 Mar 2007.

GERHOLD, H. D.; STEINER, K. C. & SACKSTEDER, C. J. **Management information system for urban trees**. J. Arb. 13(10): 243-249, 1987.

GOODWIN, D. W. 1996. **A street tree inventory for Massachusetts using a Geographic Information System**. *Journal of Arboriculture*. 22(1): 19-28.

GOLD, S. M. **Social and Economics Benefits Of Trees in Cities**. J.For., 75(2): 84-87, 1977.

HASBROUCK, S. **Pragmatic Planning: An Alternative to Comprehensive Planning**. Orono, Maine, University Of Maine, 1974. 28p. (Essay On The New Habitat.).

HUDSON, B. **Should Urban Forestry Be Defined?** J. Arb., 11(1) 24- 26, 1985.

HOEHNE, f. C. **Arborização Urbana**. São Paulo, Secretaria de Agricultura, Industria e Comércio, 1944. 251p.

KIELBASO, J. J.; HASTON, G.; PAWL, D. **Municipal Tree Management in the U.S. 1982**. J. Arb., 8(10): 253-257. 1982.

KIELBASO, J. J. & KOELLING, M. R. **Pruning Shade and Ornamental Trees**. East Lansing, Michigan State University, Cooperative Extension Service, 1975. 8p. (Extension Bulletin E-804).

KRAKOWIAK, S. **Principes des systèmes d'exploitation des ordinateurs**. Bordas, Paris, 1985.

IBGE. 2009. Cidades @. Disponível em <www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 27/04/2008.

INMET. 1996. Boletim Agrometeorológico da região de Manaus. MARA/INMET.

INMET. 1997. Boletim Agrometeorológico da região de Manaus. MARA/INMET.

LARMAN, Craig. *Utilizando UML e padrões*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

LAPOIX, F. **Cidades Verdes e Abertas**. In: ENCICLOPEDIA DE ECOLOGIA. São Paulo, EDUSP, 1979. p.324-336.

LIMA, A.M.L. **Análise da arborização viária na área central e em seu entorno**. Piracicaba, 1993. 238p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

KIRCHNER, F. F.; DETZEL, V.A.; MITSHITA, E. A. **Mapeamento da Vegetação Urbana**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. 3., Curitiba, 1990. Anais. p. 72-85.

MARENGO, R. **Cadastramento das árvores públicas da cidade de Recife utilizando o Sistema de Informações Geográficas**. In: Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, 5. São Luiz-Maranhão, 1994. Anais. p 431-436.

MELO, R.R.; FILHO, J.A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.1, 2007, p.64-78.

MEDEIROS, E. B. **O Lazer No Planejamento Urbano**. 2 ed. R. de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1975, 253p.

MENEGUETTI, G. I. P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos-SP**. Piracicaba, 2003. 100p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MILANO, M. S. **Avaliação e Análise da Arborização de Ruas de Curitiba**. Curitiba, UFPR, 1984. 130p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal).

MILANO, M. S. **Avaliação Quali-Quantitativa e Manejo da Arborização Urbana: Exemplo de Maringá-Pr**. Curitiba, UFPR, 1988. 120p. (Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Paraná- Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal).

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 206p.

MILANO, M. S. **Curso sobre arborização urbana**. Universidade Livre do Meio Ambiente. 1998.

MONICO, I.M. **Árvores e arborização urbana na cidade de Piracicaba/SP um olhar sobre a questão à luz da educação ambiental**. Piracicaba, 2001. p. 136-138 Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, A. de S. **Arborização da cidade de Manaus**. A Crítica, Manaus, 22 abr. 1994.

MARISCO, N. **Web Mapas Interativos como Interface aos dados Geoespaciais: Uma Abordagem utilizando-se Tecnologias Fonte Abertas**. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2004.293p.

MAPSERVER. Disponível em :<<http://mapserver.gis.umn.edu>>.2007. Acesso em: 28Jun 2009.

MARENGO, R. 1994. **Cadastramento das árvores públicas da cidade de Recife utilizando o Sistema de Informações Geográficas**. In: 5º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Anais. São Luiz, Maranhão. p. 431-436.

MITCHELL, T. **Web Mapping**. O'Reilly. 2005.347p.

MURGAS, J. **Tree Information Planning System (TIPS)**. J. Arb., 7(9): 241-245, 1981.

NETCRAFT. Disponível em:
http://news.netcraft.com/archives/2005/12/02/december_2005_web_server_survey.html> 2005. Acesso em : 28Jun 2009.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE SERVIÇOSMUNICIPAIS. DEPARTAMENTO DE PARQUES E JARDINS. **Recomendação para oPlantio de Árvores nas Ruas e Logradouros públicos de São Paulo**, 1974. 45p.

PALERMO JUNIOR, A. **Planejamento da arborização urbana visando a eletrificação e as redes de distribuição**. in: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., Maringá. 1987. Anais. p.68-61.

PENG, Zhong-Ren; TSOU, Ming-Hsiang.**Internet GIS: distribued geographic information services for the internet and wireless networks**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

PETERSON, M.P. **Trends in Internet Map Use**. In: PROCEEDINGS OF THE 19THICA CONFERENCE, Ottawa, 2000.p.1-10. Disponível em: <http://maps.unomaha.edu/MP/Articles/Sweden.pdf>. Acesso em: 02 Set. 2006.

PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software*. São Paulo: Makron Books, 2002.

POLAND, C. C. **O Verde Urbano e o Conservacionismo no Planejamento das Cidades**. FBCN.-Boletim Informativo, 8. p.3-p. 1973.

RAVEN, P.R.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 6^a ed., Rio deJaneiro: Guanabara Koogan, 2001.

RAVEN, P.R.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 6^a ed., rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

ROBERTS, R.B. 1980. Trees as Biological Filters.*Journal of Arboriculture*. 6(1): 20-23.

SANTIAGO, A. da C. **Arborização de Cidades**. Campinas, Secretaria de Estado da Agricultura de São Paulo, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1970. 23p. Boletim técnico, 90.

SOUZA, M. C. de.**Arborização urbana: inventário e suas espécies**. 2001. 44 p. Monografia (Graduação) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2001.

SANCHOTENE, M.C. **A arborização urbana como parte integrante da paisagem**. In.: **Anais do VIII Encontro Nacional de Arborização Urbana**: 1999.

SCHUBERT, T. H. **Trees For Urban Use In Puerto Rico an Virgin Island**. U.S. For.Serv.Gen.Tech. Rep. So-27, 1979. 91p.

SILVA FILHO, D.F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. **Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SILVA, Douglas Marcos da.**UML - Guia de Consulta Rápida**. São Paulo, Novatec, 2001.

SILVA, M.D.M.; SILVEIRA, R.P.; TEIXEIRA, M.I.J.G. 2008. **Avaliação da arborização de Vias Públicas de uma área da Região Oeste da Cidade de Franca/SP**. *Revista SBAU*, 3(1): 19-35.

SEITZ, R. A. **Considerações Sobre a Poda de Árvores na Arborização Urbana.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. 3., Curitiba. 1990. Anais. p. 87-100.

SCHUBERT, T. H. **Trees For Urban Use In Puerto Rico an Virgin Island.** U.S. For.Serv.Gen.Tech. Rep. So-27, 1979. 91p.

TATTAR, T. A. **Diseases of Shade Trees.** New York, academic press, 1978. 117p.

TAKAHASHI, L. Y. 1992. **Controle e Monitoramento da Arborização Urbana.** In: 3º Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana. Anais. Curitiba, Paraná. p. 115-123.

THURMAN, P. W. **The Management Of Urban Street Trees Using Coputerised Inventory Systems.** Arboricultural J., 7: 101-117. 1983.

WYMAN, D. **Parks, Malls, Roadsides: Public area Plantings.** In: LANDSCAPE FOR LIVING-THE YEARBOOK AGRICULTURE, 1972. Washington, USDA, 1972. p. 77-80.

WHITE, W. H. **The Last Landscape.** Gardem City, N. York, Doubleday, 1968. 376p.

WEBSTER, W. W. **Trees For Street and High Way Beaultification.** S.Afr.For J., 76: 6-13, 1971.