

---



# SIG

*Uma plataforma  
para introdução de  
técnicas emergentes  
no planejamento  
urbano, regional  
e de transportes*



# SIG

*Uma plataforma  
para introdução de  
técnicas emergentes  
no planejamento  
urbano, regional  
e de transportes*

Uma ferramenta  
3D para análise  
ambiental urbana

Avaliação  
multicritério

Redes neurais  
artificiais

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Rui António Rodrigues Ramos

Léa Cristina Lucas de Souza

Daniel Souto Rodrigues

José Fernando Gomes Mendes

*Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)*  
*(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)*

---

SIG : uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes : uma ferramenta 3 D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais / Antônio Nélon Rodrigues da Silva...[et al.]. -- São Carlos, SP : Ed. dos Autores, 2004.

Outros autores: Rui Antônio Rodrigues Ramos, Léa Cristina Lucas de Souza, Daniel Souto Rodrigues, José Fernando Gomes Mendes

ISBN - 85-904931-1-3

**Bibliografia.**

1. Avaliação multicritério 2. Planejamento regional 3. Planejamento urbano 4. Redes neurais (Ciência da computação) 5. Sistemas de informação geográfica 6. Transportes - Planejamento I. Silva, Antônio Nélon Rodrigues da. II. Ramos, Rui Antônio Rodrigues. III. Souza, Léa Cristina Lucas de. IV. Rodrigues, Daniel Souto. V. Mendes, José Fernando Gomes.

04-7565

CDD-910.285

---

**Índices para catálogo sistemático:**

1. SIG : Sistemas de Informação Geográfica: Aplicativos de computador : Informática 910.285  
2. Sistemas de Informação Geográfica: SIG : Aplicativos de computador : Informática 910.285

## Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>9</b>
<b>Introdução</b>	<b>11</b>
<b>Parte I Uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana</b>	<b>13</b>
<b>1 Conceitos básicos relacionados ao SIGs</b>	<b>17</b>
<b>2 Os SIGs e o planejamento ambiental urbano</b>	<b>21</b>
<b>3 A plataforma utilizada</b>	<b>23</b>
3.1 A extensão <i>3D Analyst</i>	28
3.2 A linguagem de programação <i>Avenue</i>	32
<b>4 Geometria das informações espaciais</b>	<b>34</b>
4.1 Representação da geometria urbana	40
<b>5 O 3DSkyView e sua aplicação</b>	<b>46</b>
5.1 Caracterização de uma situação real	46
5.2 Simulação com 3dSkyView	51
5.3 Comparação entre dados reais e simulados	56
5.4 Desdobramentos da ferramenta	64
5.4.1 Visão do solo	65
5.4.2 Traçado da trajetória solar	67
<b>Parte II Avaliação Multicritério</b>	<b>71</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>74</b>
<b>2 Avaliação de peso para os critérios</b>	<b>77</b>
2.1 Métodos baseados no ordenamento de critérios	77
2.2 Método baseado em escalas de pontos	79
2.3 Método baseado na distribuição de pontos	80
2.4 Método baseado na comparação de critérios par a par	80
<b>3 Normalização de critérios</b>	<b>86</b>
<b>4 Combinação de critérios</b>	<b>90</b>
4.1 Combinação Linear Ponderada - WLC	90
4.2 Média Ponderada Ordenada - OWA	91

<b>5</b>	<b>Um modelo de avaliação de acessibilidade</b>	<b>96</b>
5.1	Modelo adotado	96
5.2	Dados de base	100
5.3	Implementação em ambiente SIG	100
<b>6</b>	<b>Uma aplicação do modelo</b>	<b>103</b>
6.1	Dados para a implementação do modelo	105
6.1.1	Preparação da rede em SIG	106
6.1.2	Destinos-chave	108
6.1.3	Entrevista com os utilizadores do campus	110
6.1.4	Pesos	110
6.1.5	Normalização	112
6.1.6	Impedâncias	114
6.2	Implementação do modelo em SIG vetorial	114
6.2.1	Tabelas de atributos	115
6.2.2	Programação	117
6.3	Cenários de avaliação	120
6.3.1	Análise I	122
6.3.2	Análise II	126
6.3.3	Análise III	130
6.4	Discussão de resultados	134
<b>Parte III</b>	<b>Redes Neurais Artificiais</b>	<b>137</b>
<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>140</b>
1.1	As Redes Neurais Artificiais e a analogia biológica	141
1.2	Historico das Redes Neurais Artificiais	143
1.3	Principais componentes das Redes Neurais Artificiais	145
1.3.1	Elementos e estrutura de processamento	146
1.3.2	Estado de ativação	148
1.3.3	Função de saída de cada elemento de processamento	148
1.3.4	Ligação entre elementos de processamento	149
1.3.5	Propagação e função de combinação	149

---

1.3.6	A aprendizagem	150
<b>2.</b>	<b>As RNA Multilayer Perceptron</b>	<b>153</b>
2.1	O Perceptron	153
2.2	As Redes Multilayer Perceptron	154
2.3	Topologia	156
2.4	Regra delta generalizada e algoritmo backpropagation	157
2.5	Funções de ativação: a função sigmoidal	160
2.6	Exemplo de funcionamento de uma RNA numa planilha eletrônica	167
<b>3</b>	<b>Modelo para estimar um índice potencial de viagens</b>	<b>171</b>
3.1	Modelo adotado	171
3.1.1	Acessibilidade	171
3.1.2	Modelação em Redes Nerais Artificiais	172
3.1.3	Índice potencial de viagens	173
3.2	Dados de base	174
3.3	Implementação em SIG	176
<b>4</b>	<b>Uma aplicação do modelo</b>	<b>178</b>
4.1	Dados para a implementação em SIG	179
4.2	Avaliação dos modelos de Redes Neurais Artificiais	186
4.3	Conclusões	199
	<b>Referências bibliográficas</b>	<b>201</b>
	<b>Autores</b>	<b>221</b>






## *Apresentação*

Este livro é a reunião de uma série de trabalhos independentes realizados pelos autores, algumas vezes individualmente, outras vezes com a colaboração de alunos de pós graduação e até de graduação, e ainda outras em colaboração direta entre si, com propósitos bastante semelhantes: ensino e pesquisa. No que diz respeito ao ensino, há duas vertentes que têm sido seguidas por todos: o ensino tradicional, em sala de aula (ou laboratórios de informática) e a formação de recursos humanos mais especializados através da orientação de trabalhos de pesquisa em diversos níveis, que vão desde a Iniciação Científica até o Pós-Doutorado, passando pelo Mestrado e Doutorado. Assim, não é de se espantar a presença de antigos orientadores e orientados, lado a lado, na autoria deste livro. Cabe observar, ainda neste ponto, que a atividade de pesquisa combina-se com a de ensino com o propósito de promover a transferência do conhecimento adquirido na academia para fins práticos, na solução de problemas do dia a dia.

O resultado das observações acima se materializa neste livro em um trabalho que procura apresentar uma série de técnicas emergentes, com grande potencial para o planejamento urbano, regional e de transportes. O texto, que procura transmitir o conhecimento de forma clara e direta, vale-se da potencialidade de uma ferramenta que é também outro ponto em comum na vida profissional dos autores: os Sistemas de Informação Geográfica. Assim, o presente documento tem por objetivo constituir-se em uma fonte básica de conhecimento em língua portuguesa, adequada portanto para aqueles que procuram apenas um primeiro contacto com as técnicas apresentadas, sem o propósito imediato de um conhecimento mais aprofundado. Apesar disto, o material aqui reunido não trata os temas abordados de forma superficial. Pelo contrário, procura sempre apresentar os elementos mais importantes de cada tema, de forma a dar condições ao leitor de constituir uma base sólida para aprofundar-se no assunto que desejar, fazendo uso inclusive da bibliografia indicada.



---

Cabe ressaltar que este livro é mais um resultado de um projeto luso-brasileiro, co-financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), do Brasil, e pelo GRICES (Gabinete de Relações Internacionais da Ciência e do Ensino Superior), de Portugal, a quem os autores agradecem o apoio.

## Introdução

Qualquer profissional que tenha atuado em alguma das vertentes da área de planejamento territorial (planejamento urbano, regional e de transportes, por exemplo) ao longo dos últimos 30 anos (pelo menos) pode certamente testemunhar o excepcional avanço que a informática trouxe aos métodos e técnicas empregados na área neste período. Isto se refletiu de forma positiva em praticamente todas as fases do processo de planejamento, desde o inventário e diagnóstico, até a geração, análise, avaliação e seleção de alternativas, para problemas com diferentes níveis de complexidade e com diferentes abrangências geográficas e níveis de atuação (estratégicos, táticos ou operacionais).

Dentre os inúmeros aspectos da informática que propiciaram esta substancial evolução para a área de planejamento estão tanto os componentes físicos (*hardware*) como aplicações informáticas (*software*). No caso dos programas de computador, há certamente um tipo de aplicativo que merece destaque neste caso: os Sistemas de Informação Geográfica, ou simplesmente SIG (ou ainda GIS, da sigla em inglês). Trata-se, antes de mais nada, de um elemento inovador pela sua habilidade intrínseca de armazenar relações topológicas entre "objetos" geográficos (representados, por exemplo, por pontos, linhas ou áreas) e destes objetos com dados tabulares (alfanuméricos) contendo as mais diversas informações (demográficas, socioeconômicas, etc.). O seu potencial de inovação, no entanto, não termina aí. Além de possuir inúmeras ferramentas de análise incorporadas nos próprios pacotes comerciais, os SIG cada vez mais assumem destaque pelo fato de se constituírem em uma plataforma sobre a qual se pode desenvolver e incorporar novas técnicas e métodos de planejamento territorial.

É nesta perspectiva que este livro se concentra, refletindo algumas das experiências desenvolvidas pelos autores recentemente. Foram selecionadas para este livro três experiências distintas em que os autores atuaram de forma intensa e para as quais foram capazes de reunir um material com forte cunho didático, baseado

em aplicações práticas que são aqui apresentadas em conjunto com a teoria que lhes dá fundamento.

Assim, a primeira parte do livro explora o potencial de *Análises Tridimensionais em um SIG*, através de uma extensão de um software comercial desenvolvida especificamente para este fim. Na segunda são mostrados alguns conceitos e técnicas de *Avaliação Multicritério* e como estes podem se beneficiar da plataforma SIG, enquanto que na terceira parte do livro faz-se o mesmo com as *Redes Neurais Artificiais*. As três partes são autônomas, ou seja, podem ser lidas de forma isolada sem prejuízo da sua compreensão. O elemento de ligação entre elas é única e exclusivamente o fato de que a sua implementação se dá a partir de uma plataforma comum, que é fornecida pelo SIG.

Isso certamente não esgota as possibilidades dos SIG como plataforma para implantação de técnicas (emergentes ou não). Ao contrário, serve para demonstrar a sua expressiva flexibilidade para este fim, além de permitir que os leitores dominem os conceitos básicos das técnicas aqui apresentadas e que sejam capazes de aplicá-las na resolução de novos problemas, diferentes daqueles aqui apresentados.