INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
UNIVERSIDADE DE LISBOA

EFEITO ESTRUTURANTE DAS REDES DE TRANSPORTE NO TERRITÓRIO

●

MODELO DE ANÁLISE

Paulo Morgado

paulo@campus.ul.pt

Lisboa, 16 de Dezembro de 2014

IGOT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

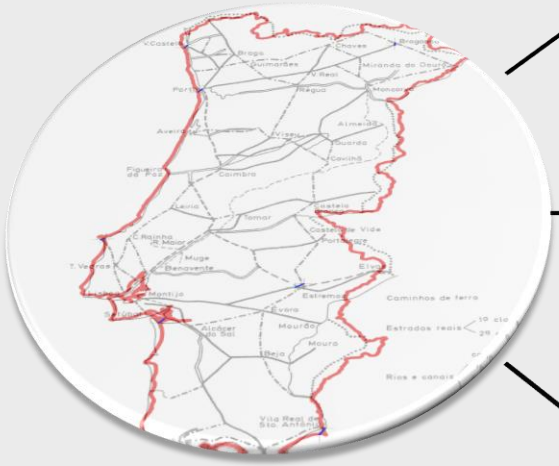
MOPT
modelação, ordenamento e planeamento territorial

OS OBJECTIVOS

Operacionalizar

↕

Medir e Avaliar o efeito da rede de transportes no território



Estrutura das redes

Hierarquia dos nós

Propriedades das redes

COMO ?

Geocomputação
SIG-T
Teoria dos Grafos
Redes Complexas
Medidas de Distribuição Espacial
Modelo Evol. Uso do Solo

MODELO *geo*_grafo
Conceptualização, desenho e implementação

IGOT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

Porquê um Modelo novo ?

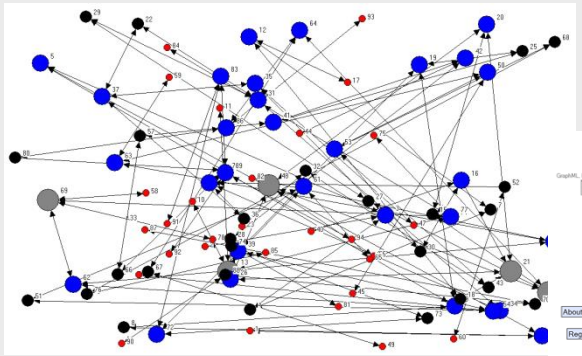
TransCAD
Transportation Planning Software

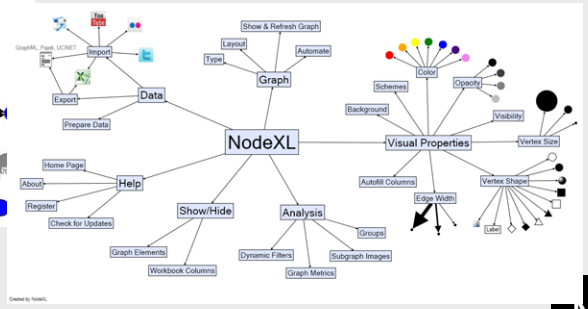
UCINET

NetDraw 2.113

Aimsun

CUBE
The World's Most Popular Transportation Modelling Suite





NetworkX

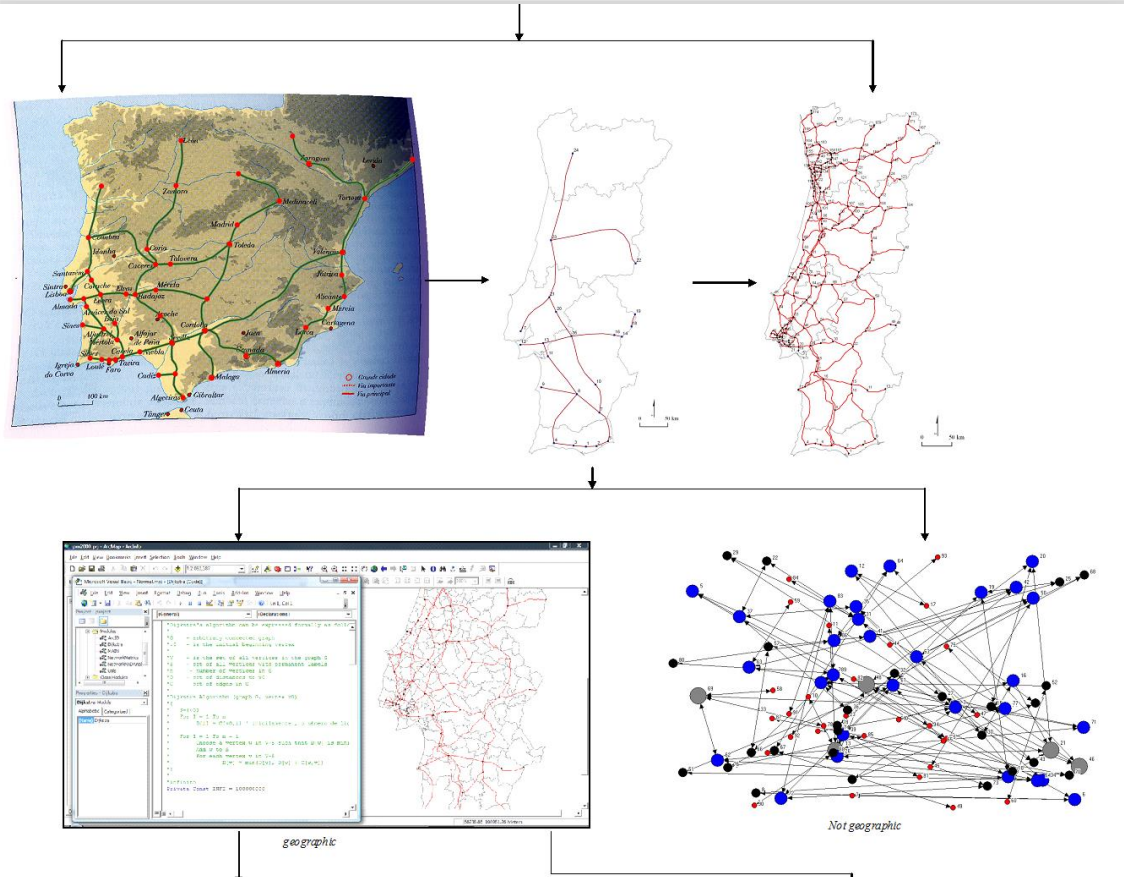
PAJEK

EMME

Gephi
makes graphs handy

- Base de Dados Geográfica
- Georreferenciação
- Análise Espacial

CONCEPTUALIZAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE



geographic

Not geographic

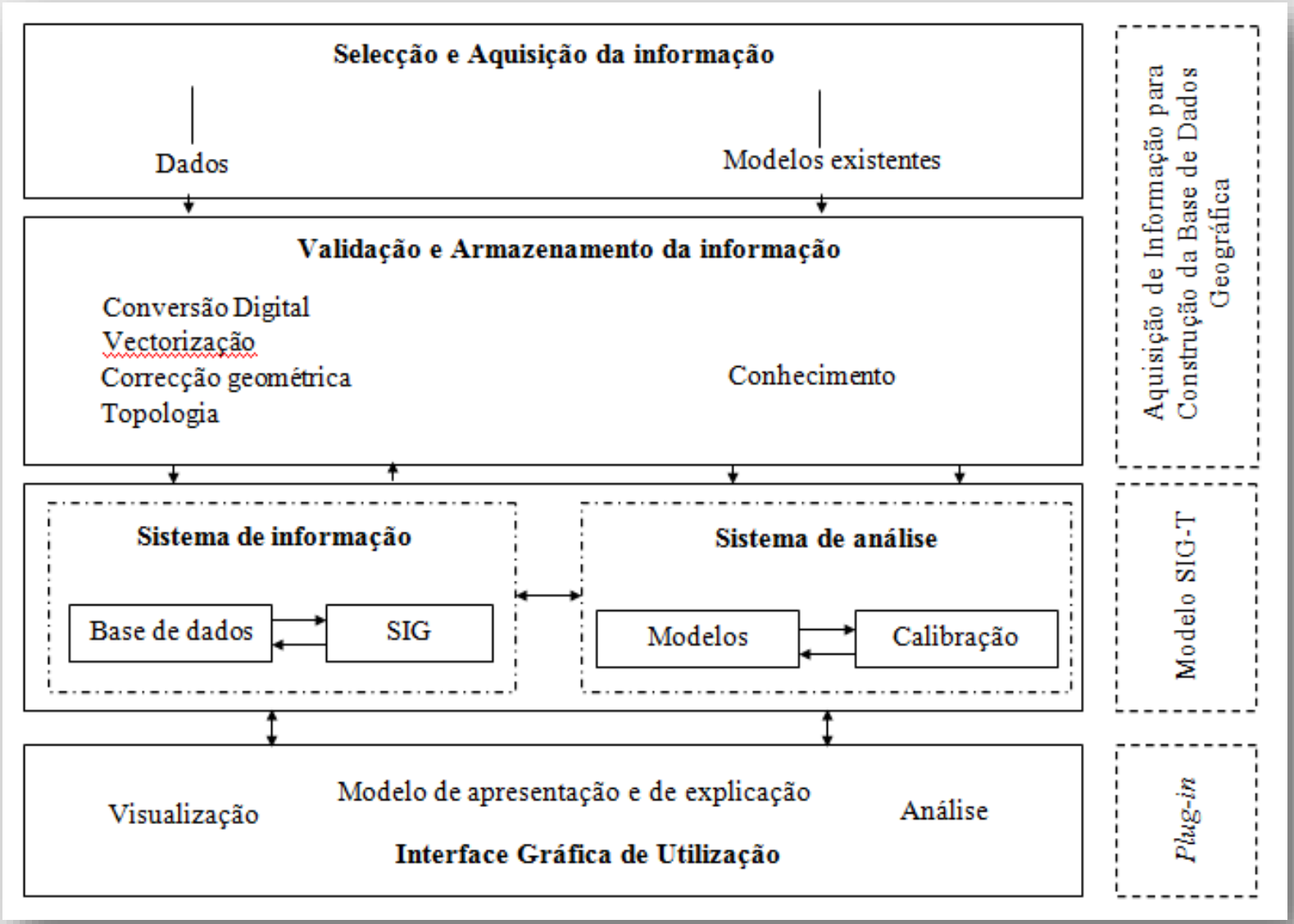
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	6	5	7	5	6	8	0	0	6	7	9	8	9
2	1	0	2	3	1	2	3	4	3	4	6	5	6	4	5	7	0	0	5	6	8	7	8
3	1	2	0	1	3	3	2	3	4	3	5	4	7	5	6	8	0	0	6	7	9	8	9
4	2	3	1	0	3	2	1	2	3	2	4	3	6	4	5	7	0	0	5	6	8	7	8
5	2	1	3	3	0	1	2	3	2	3	5	4	5	3	4	6	0	0	4	5	7	6	7
7	3	2	3	2	1	0	1	2	1	2	4	3	4	2	3	5	0	0	3	4	6	5	6
8	3	3	2	1	2	1	0	1	2	1	3	2	5	3	4	6	0	0	4	5	7	6	7
9	4	4	3	2	3	2	1	0	3	2	4	3	6	4	5	7	0	0	5	6	8	7	8
10	4	3	4	3	2	1	2	3	0	3	3	2	3	1	2	4	0	0	2	3	5	4	5
11	4	4	3	2	3	2	1	2	3	0	2	1	4	2	3	5	0	0	3	4	6	5	6
12	6	6	5	4	5	4	3	4	3	2	0	1	4	2	3	5	0	0	3	4	6	5	6
13	5	5	4	3	4	3	2	3	2	1	1	0	3	1	2	4	0	0	2	3	5	4	5
14	7	6	7	6	5	4	5	6	3	4	4	3	0	2	1	5	0	0	3	4	6	5	6
15	5	4	5	4	3	2	3	4	1	2	2	1	2	0	1	3	0	0	1	2	4	3	4
16	6	5	6	5	4	3	4	5	2	3	3	2	1	1	0	4	0	0	2	3	5	4	5
17	8	7	8	7	6	5	6	7	4	5	5	4	5	3	4	0	0	0	2	1	3	2	3
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20	6	5	6	5	4	3	4	5	2	3	3	2	3	1	2	2	0	0	0	1	3	2	3
21	7	6	7	6	5	4	5	6	3	4	4	3	4	2	3	1	0	0	1	0	2	1	2
22	9	8	9	8	7	6	7	8	5	6	6	5	6	4	5	3	0	0	3	2	0	1	2
23	8	7	8	7	6	5	6	7	4	5	5	4	5	3	4	2	0	0	2	1	1	0	1
24	9	8	9	8	7	6	7	8	5	6	6	5	6	4	5	3	0	0	3	2	2	1	0

Matriz de acessibilidades de Shimbel (D^S), da rede de Estradas Romanas

Ordem	Cidade	Índice de acessibilidade
1	**Évora**	**56**
2	**Beja**	**59**
3	Mértola	62
4	Setúbal	62
5	Alcácer do Sal	65
6	Coruche	65
7	Aljustrel	68
8	Elvas	73
9	Cacela	76
10	Santarém	76
11	Almada	81
12	Silves	82
13	Sines	87
14	Tavira	90
15	Coimbra	91
16	Badajoz	92
17	Lisboa	95
18	Loulé	96
19	Faro	100
20	Coria	110
24	**Braga**	**110**

Índice de acessibilidades dos lugares Romanas

MODELO CONCEPTUAL



DESENHO E ESTRUTURA DO PROGRAMA

●

MODELO *geo*_grafo

	Módulo	Descrição
1	Main	Módulo onde é definida a sequência de operações a executar
2	CMatrix	Módulo que permite representar a estrutura de dados numa matriz e onde estão definidas as operações de cálculo algébrico elementares como adição, multiplicação, etc.
3	NetworksMXD Analysis	Módulo que permite extrair os grafos no formato específico do SIG (geometria de linha e ponto) usado para o formato de matriz. O resultado é a disponibilização para os outros módulos de 3 matrizes: de conectividade (C), de distâncias (D) e de modelo gravítico (Pi).
4	Dijkstra	Módulo que permite determinar a matriz de caminhos topológicos mais curtos entre cada dois nós de um dado grafo dado na forma de matriz. É um dos pontos essenciais dos procedimentos utilizados.
5	NetworkMatrix	Módulo que permite calcular os índices de conectividade e acessibilidade de grafos (dados na forma matricial) e exportá-los como ficheiros em formato de texto. Disponibiliza também um algoritmo de cálculo de sub-grafos a partir de um dado grafo na forma de matriz.

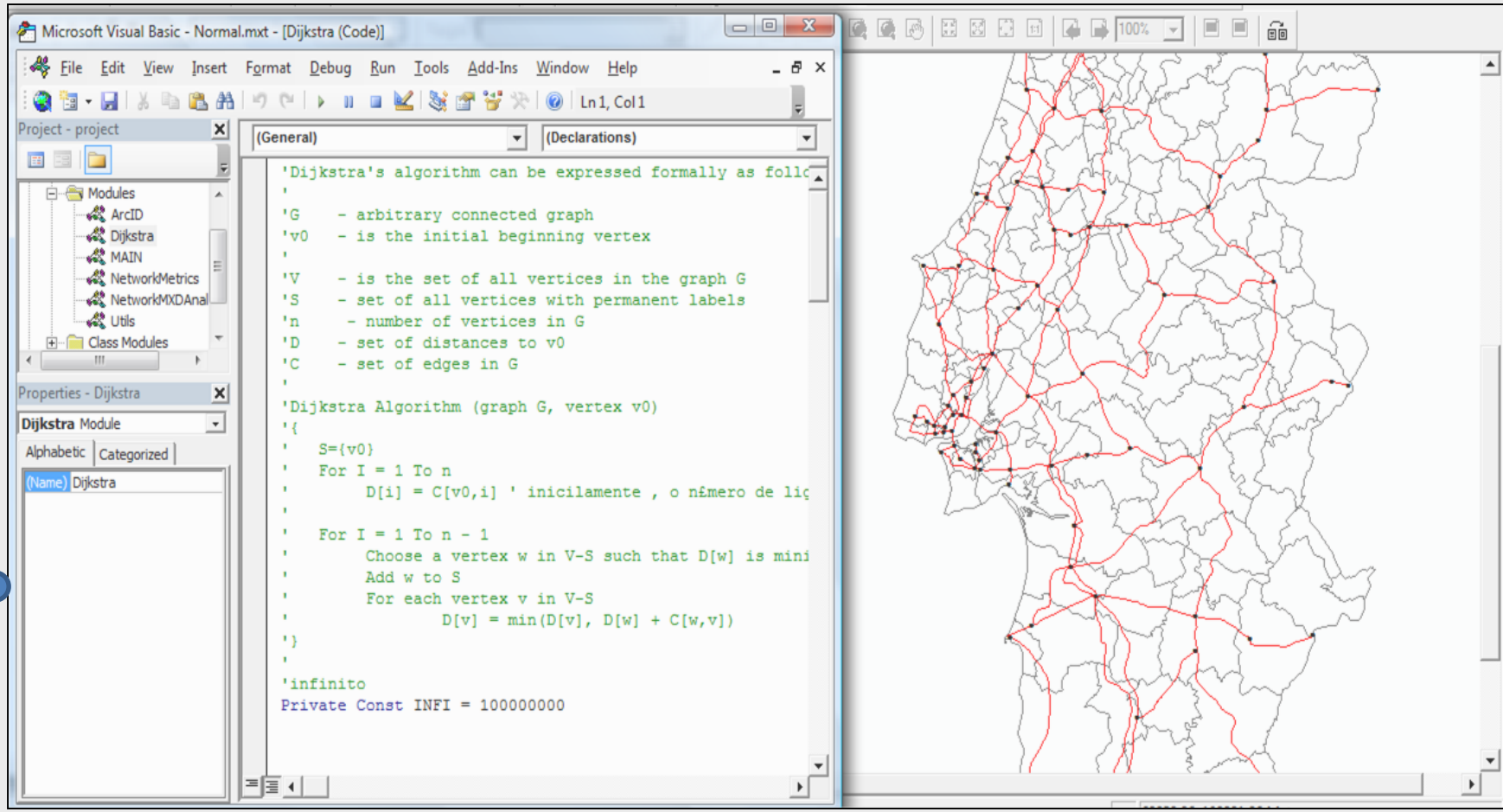
MEDIDAS DE CONECTIVIDADE

name	Planar Index	Non-planar index	range	Remark
Cyclomatic number	$\mu = A - N + G$	$\mu = A - N + G$	$0 \leq \mu \rightarrow \infty$	Number of fundamental circuits in the network
Prihar index or degree of connectivity		$Cst = \frac{n(n-1)}{2a}$	$1 \leq \mu \leq n/2$	Compares the relative position of an observed networks connectivity on a scale limited by maximum and minimum connectivity ratios
Alfa index	$\alpha = \left(\frac{\mu}{2n-5}\right)$	$\alpha = \frac{\mu}{\frac{n^2 - 3 \times n + 2}{2}}$	$0 \leq \alpha \leq 1$	Ratio of the number of actual circuits to the maximum number possible
Beta index	$\beta = \frac{a}{n}$	$\beta = \frac{a}{n}$	$0 \leq \beta \leq 3$	Ratio measure between the numbers of edges to the number of nodes. It differentiates simple topological structures from complicated ones.
Gama index	$\gamma = \left(\frac{a}{3(n-2)}\right)$	$\gamma = \frac{2a}{n^2 - n}$	$0 \leq \gamma \leq 1$	Ratio of the number of edges in a network to the maximum number possible
Zagozdzon index		$Gp = \frac{n^2 - n}{\frac{2-a}{n}}$	$Gp \geq 0$	It indicates the number of missing nodes for the network become complete.
Diameter	$d = \max d_{ij}$	$d = \max d_{ij}$	Shortest path between i^{th} and j^{th}	Measure the span of a network. Is the minimum number of linkages required to connect the two nodes that are the greatest distance apart.

MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

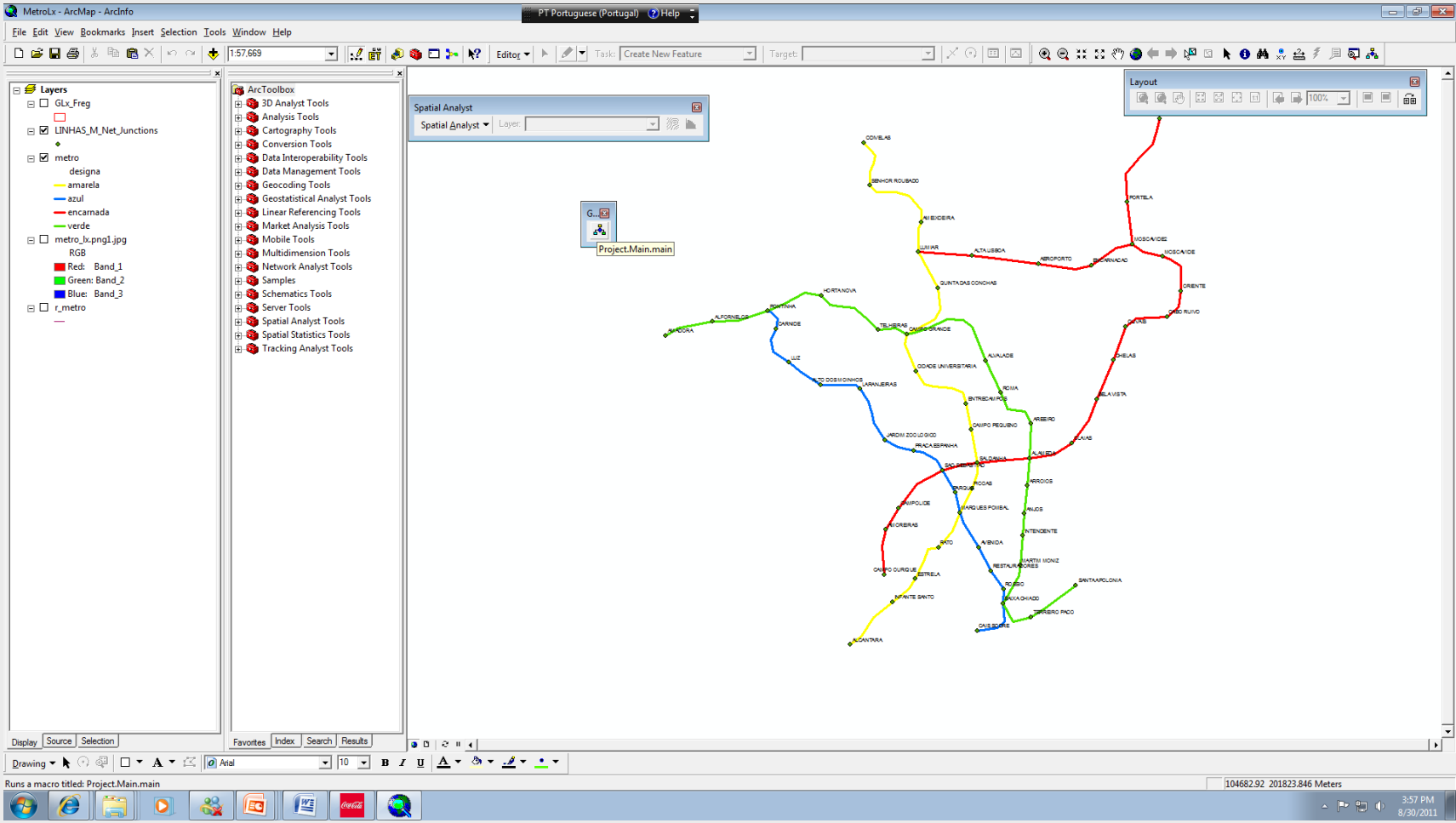
Name	Índex	Meaning	Remark
Shimbel Índex of accessiblitiy	$ac_i = \sum_{j=1}^{n} dij$	Indicates the number of links to get from node *i* to node *j*, taking the shortest-path.	Lower the value, higher the node accessibility.
Average Shimbel Índex of accessiblitiy	$AC_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} dij}{n-1}$	Indicates the average of the sum of the shimbel index of a node to all other networks nodes.	Lower the value, higher the network accessibility.
Dispersion index	$d = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} dij$	It's the sum of the accessibility index sums of all networks nodes.	Higher the value, higher the network dispersion and therefore higher the network complexity.
Average dispersion index	$D = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} dij}{(n-1)*n}$	Useful for compare networks complexities.	Higher the value, higher the network dispersion e therefore higher the network complexity.

INTERFACE GRÁFICO DO UTILIZADOR



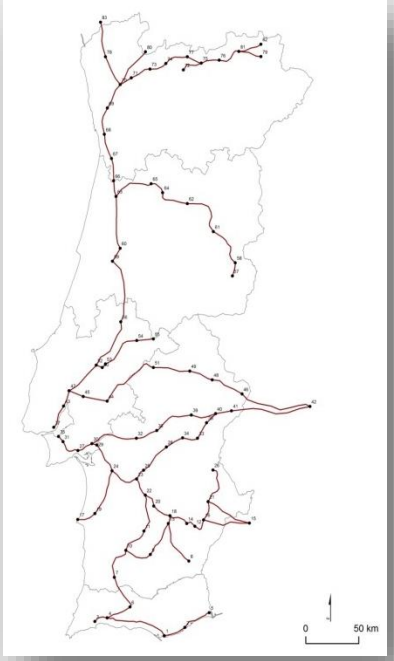
IGOT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

INTERFACE GRÁFICO DO UTILIZADOR

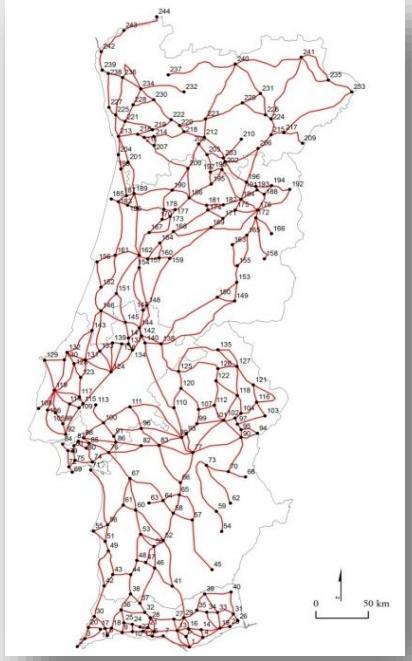


RESULTADOS DE EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO *geo*_grafo

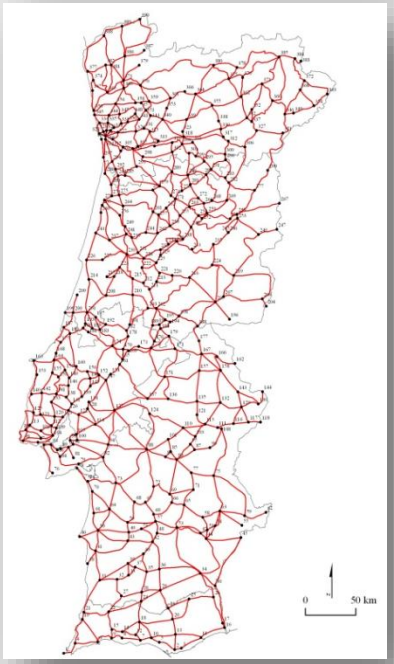
Romanos



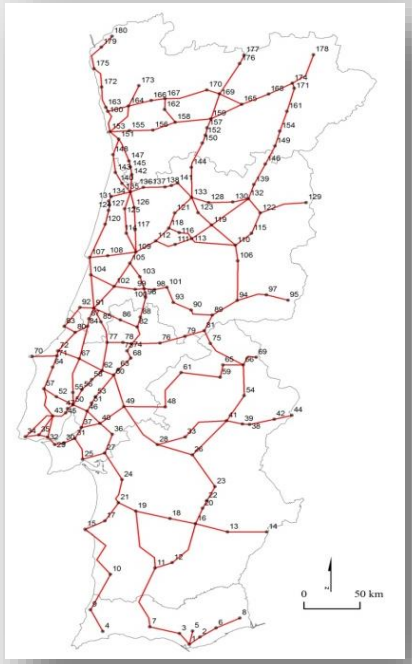
1800



1945



1985



2000

ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS E DE CONECTIVIDADE

	α	γ	Diâmetro
Vias Romanas	0.01	0.35	42
Itinerários de 1800	0.30	0.53	31
PR45	0.36	0.58	37
PRN85	0.11	0.41	35
PRN2000	0.26	0.51	26

Progressivo aumento da conectividade

ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL COM A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE (D)

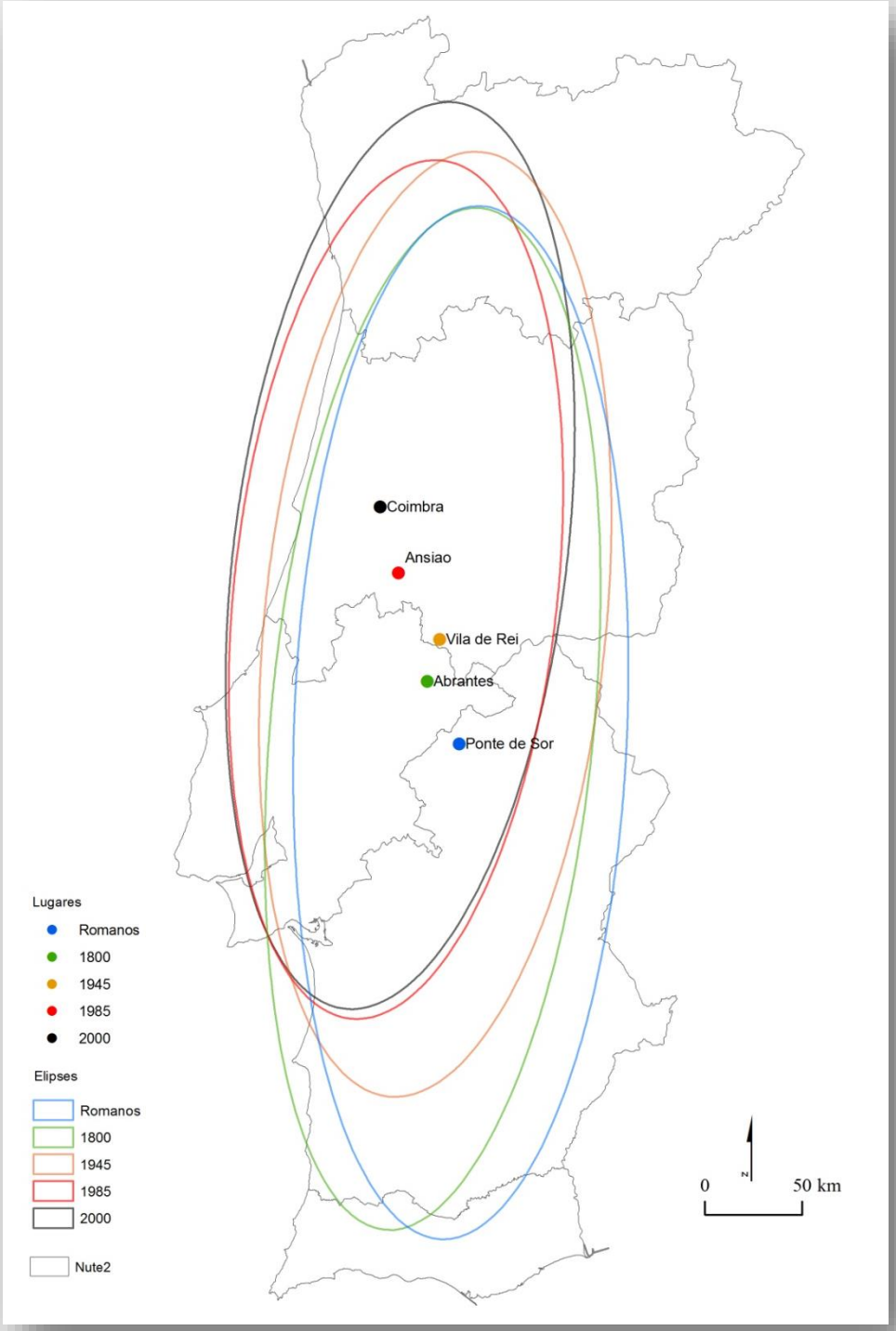
	MEDIDAS DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL		**MEDIDA TOPOLÓGICA (Matriz D)**
	Cidade mais central	Nó mais central	Nó mais acessível
Vias Romanas	Coimbra	Ponte de Sôr	Ad Septem Aras (Campo Maior)
Itinerários de 1800	Castelo Branco	Abrantes	Madalena
PR 1945	Coimbra	Vila de Rei	Sertã
PRN 1985	Coimbra	Ansião	Leiria
PRN 2000	Coimbra	Coimbra	Coimbra-Mealhada

Standard deviation elipse

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\tilde{x}_i \cos\theta - \tilde{y}_i \sin\theta)^2}{n}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\tilde{x}_i \sin\theta - \tilde{y}_i \cos\theta)^2}{n}}$$

CARTOGRAFIA DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

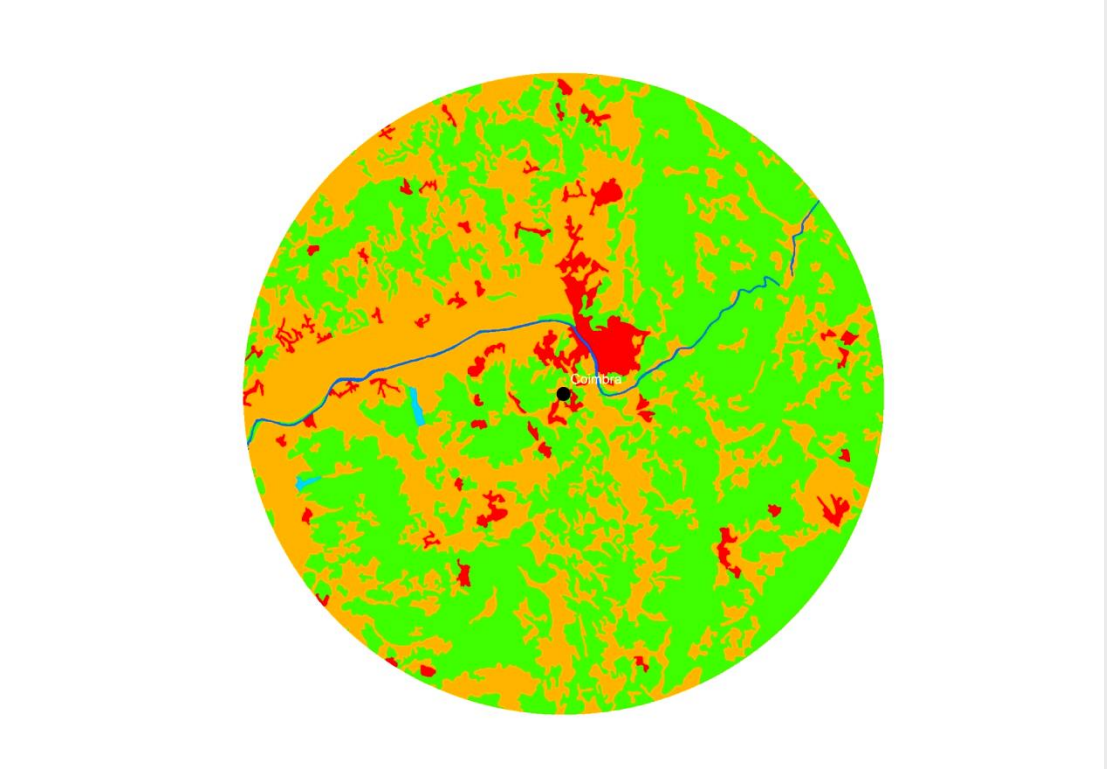


ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE ECENTRALIDADE

	Medida de distância topológica (D)	Medida de distância física (L)	Grau de intermediação (*B*)
Vias Romanas	Ad Septem Aras (Campo Maior)	Aritium Vetus (Alvega)	Scallabis (Santarem)
	Emerita (Mérida)	Alpiarça	Arabriga (Alenquer)
	Assumar	Tubucci (Tramagal)	Terrugem
	Elvas	Almeirim	Ad Septem Aras (Campo Maior)
	Abelterium (Alter do Chão)	Marateca	Emerita (Mérida)
Itinerários de 1800	Madalena	Ansião	Madalena
	Asseiceira	Tomar	Pavia
	Pavia	Alvaiázere	Arraiolos
	Tomar	Madalena	Asseiceira
	Arraiolos	Asseiceira	Tomar
PR45	Sertã	Palhota	Coruche
	Orvalho	Amêndoa	Montemor-o-Novo
	Vila de Rei	Vila de Rei	Fundão
	Sardoal	São João do Peso-Cardigos	Alpalhão
	Vila Velha de Ródão	Cardigas	Castelo Branco
PRN85	Leiria	Gafanha da Nazaré	Coimbra
	Pombal	Ílhavo	Leiria
	Condeixa	Vagos	Condeixa
	Fátima	Aveiro	Pombal
	Alcanena	Alverca	Coruche
PRN2000	Coimbra - Mealhada	Leça do Balio	Coimbra - Mealhada
	Anadia	Infesta - Porto	Anadia
	Condeixa	Gaia	Condeixa
	Ansião	Porto	Ansião
	Penacova	Matosinhos	Albergaria-a-Velha

IGOT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

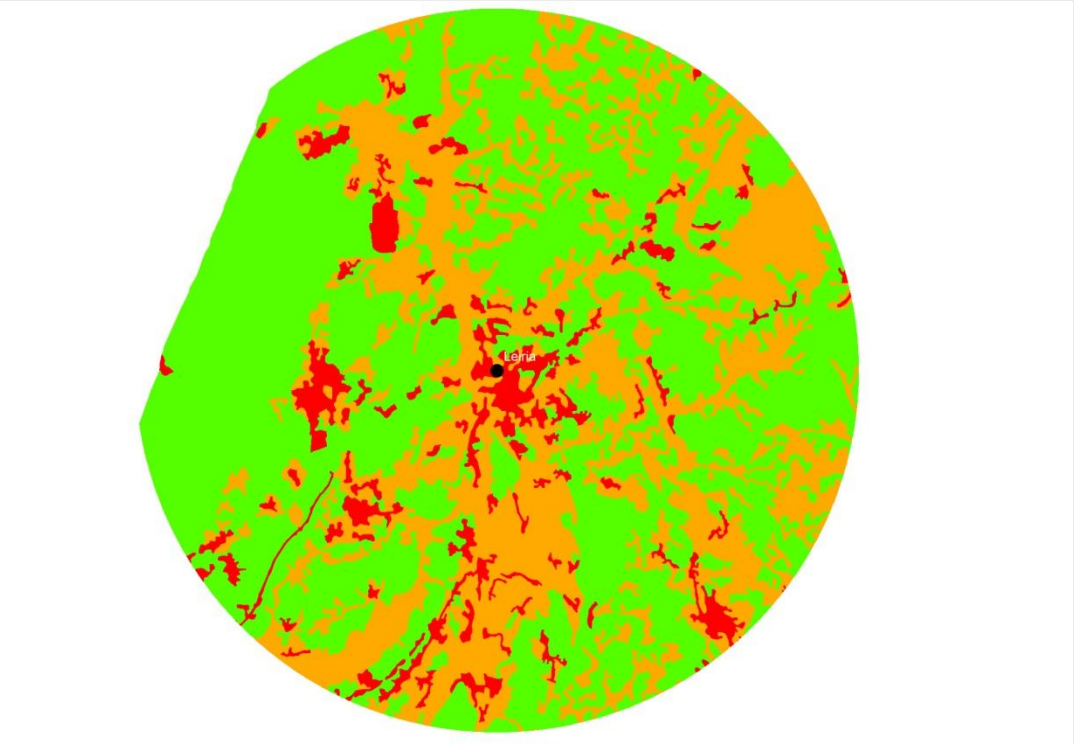
MODELAÇÃO DA ALTERAÇÃO AO USO DO SOLO
COIMBRA
1990 -2000



	Artifical	Agricola	Floresta	Z. Humida	M. Agua
Artificial	3688,02	0,00	15,21	0,00	0,00
Agricola	534,51	39464,28	82,26	0,00	0,00
Floresta	720,54	12356,19	67956,57	0,00	0,00
Z. Humida	0,00	0,00	0,00	169,65	0,00
M. Agua	0,00	0,00	0,00	0,00	675,63

IGOT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

MODELAÇÃO DA ALTERAÇÃO AO USO DO SOLO
LEIRIA
1990 -2000



	Artificial	Agricola	Floresta
Artificial	6530,13	0,00	7,65
Agricola	549,90	41280,93	43,11
Floresta	1232,55	80,19	71201,43

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aderência do modelo à análise geográfica

o grau de conectividade da rede, o grau de desenvolvimento da rede, o grau de acessibilidade da rede, o nó mais acessível da rede, o nó mais central da rede, o nó com maior grau de intermediação, a eficácia da rede, a vulnerabilidade da rede, o potencial de interacção dos nós da rede.

Na estruturação/ORDENAMENTO do Território

thank you

Coffee Break

paulo@campus.ul.pt