

# NTEL\_gis

## Network Telecommunications

Pedro Nuno Pinto Ferreira

# NTELgis – Inteligência geográfica aplicada à análise e gestão de redes de telecomunicações

Dissertação de Mestrado em Geografia Física, na área de especialização em Ambiente e Ordenamento do Território, orientada pelo Doutor José Gomes dos Santos, apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Letras

# NTELgis – Inteligência geográfica aplicada à análise e gestão de redes de telecomunicações

## Ficha Técnica:

<b>Tipo de trabalho</b>	<b>Dissertação de Mestrado</b>
<b>Título</b>	<b>NTELgis – Inteligência geográfica aplicada à análise e gestão de redes de telecomunicações</b>
<b>Autor</b>	<b>Pedro Nuno Pinto Ferreira</b>
<b>Orientador</b>	<b>José Gomes dos Santos</b>
<b>Júri</b>	<b>Presidente: Doutor Luciano Fernandes Lourenço</b> <b>Vogais:</b> <b>1. Doutor Rui Luís Andrade Aguiar</b> <b>2. Doutor José Gomes dos Santos</b>
<b>Identificação do Curso</b>	<b>2º Ciclo em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território</b>
<b>Área científica</b>	<b>Geografia</b>
<b>Especialidade</b>	<b>Geografia Física, SIG, Telecomunicações</b>
<b>Data da defesa</b>	<b>17-10-2013</b>
<b>Classificação</b>	<b>18 valores</b>



## **Agradecimentos**

A oportunidade de evidenciar e destacar algumas pessoas importantes na minha vida e também no estudo realizado levam a um profundo momento de reflexão pessoal. A concretização deste estudo só foi possível graças a uma conjugação de esforços por várias pessoas, que de uma forma direta ou indireta me acompanham ao longo deste percurso académico.

Posto isto, um agradecimento especial é exclusivamente dedicado à minha família. Ainda hoje não consigo encontrar uma palavra para expressar todo o esforço por eles dedicado e a maneira como acreditam em mim é simplesmente indescritível, o que me faz aproveitar esta oportunidade e retribuir assim desta forma esse apoio incondicional.

No contexto académico, em particular nesta fase da Dissertação, que marca o meu percurso curricular, não posso deixar de destacar o Professor Doutor José Gomes dos Santos, orientador da minha dissertação, pela orientação prestada, ajuda e dedicação, que desde logo acreditou em mim e no projeto, e depositou toda a sua confiança, expresso, deste modo, o meu maior apreço e estima.

Este trabalho, cuja temática se enquadra na filosofia de geomarketing da PT Comunicações, convenceu pela utilidade potencial, pelo carácter pioneiro mas, sobretudo por se tratar de um trabalho académico aplicado, e aplicável. Nesse sentido, porque cedo me acompanhou e acreditou no meu projeto, e porque bem cedo também se prontificou a nele colaborar, ao Eng.º João Nunes (que trabalha no departamento de planeamento e gestão de redes da empresa PT Comunicações) é também devido um agradecimento especial que aqui deixo expresso.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento a todos os meus amigos que me dão forças e alegrias para continuar a conquistar objetivos.

A todos, o meu muito obrigado.



## Acrónimos

<b>ADSL</b>	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
<b>ANACOM</b>	Autoridade Nacional das Telecomunicações
<b>CATV</b>	<i>Community Antenna Television</i>
<b>CDMA</b>	<i>Code Division Multiple Access</i>
<b>CO</b>	<i>Central Office</i> (Central)
<b>DSLAM</b>	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>
<b>EPON</b>	<i>Ethernet Passive Optical Network</i>
<b>FO</b>	Fibra Óptica
<b>FTTB</b>	<i>Fiber to the Building</i>
<b>FTTC</b>	<i>Fiber to the Curve</i>
<b>FTTCab</b>	<i>Fiber to the Cabinet</i>
<b>FTTH</b>	<i>Fiber to the Home</i>
<b>FTTN</b>	<i>Fiber to the Node</i>
<b>FTTx</b>	<i>Fiber to the x</i>
<b>FWA</b>	<i>Fixed Wireless Access</i>
<b>GPON</b>	<i>Gigabite Passive Optical Network</i>
<b>GPRS</b>	<i>General Packet Radio Services</i>
<b>GSM</b>	<i>General System for Mobile Communication</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>ID</b>	<i>Identity</i>
<b>IPTV</b>	<i>Internet Protocol for TV</i>
<b>JFO</b>	Junta de Fibra Óptica
<b>JSO</b>	Junta de <i>Splitting</i> Óptico
<b>NIC</b>	Número de Identificação de Cliente
<b>NRA</b>	Novas Redes de Acesso
<b>ODF</b>	<i>Optical Distribution Frame</i>
<b>OLT</b>	<i>Optical Line Termination</i>
<b>ONT</b>	<i>Optical Network Termination</i>
<b>P2P</b>	<i>Point-to-Point</i>
<b>PD</b>	Ponte de Distribuição
<b>PDO</b>	Ponto de Distribuição Óptico
<b>PON</b>	<i>Passive Optical Network</i>
<b>RT</b>	<i>Remote Terminal</i>
<b>PMP</b>	<i>Point-to-MultiPoint</i>
<b>QoS</b>	<i>Quality of Service</i>
<b>SIG</b>	Sistemas de Informação Geográfica
<b>SR</b>	Sub-Repertidor
<b>SRO</b>	Sub-Repertidor Óptico
<b>STB</b>	<i>Set-top-box</i> (designada e conhecida por apenas “box”)
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
<b>xDSL</b>	<i>Digital Subscriber Line</i>

## **Índice Geral**

Agradecimentos	4
Acrónimos	5
Índice Geral	6
Índice de Figuras	9
Índice de Quadros	11
Resumo	12
<i>Abstract</i>	13
Introdução	14

## **Capítulo I – Enquadramento do Tema de Investigação**

<b>1.1. Antecedentes Bibliográficos</b>	17
<b>1.2. Objetivos e Motivações</b>	19
<b>1.3. Metodologia</b>	21
<b>1.4. Localização da Área em Estudo</b>	24

## **Capítulo II – Enquadramento Teórico – Termos e Conceitos**

<b>2.1. Modelação Espacial e Análise Sistémica</b>	27
<b>2.2. Redes Lineares Finitas</b>	29
<b>2.3. Modelação de Sistemas</b>	32
<b>2.4. Arquitetura de Redes de Telecomunicações – Filiação Conceptual do Modelo NTELgis</b>	33
<b>2.5. Suportes Físicos de Transmissão</b>	35
2.5.1. Par Entrançado de Cobre	35
2.5.1.1. Rede Telefónica Fixa	35
2.5.1.2. Rede xDSL	36
2.5.2. Cabo Coaxial	37

2.5.2.1. Redes CATV	38
2.5.3. Fibra Óptica	38
2.5.3.1. <i>Fiber to the Home</i>	40
2.5.3.2. <i>Fiber to the Curb</i>	40
2.5.3.3. <i>Fiber to the Building</i>	41
2.5.3.4. <i>Fiber to the Node/Fiber to the Cabinet</i>	41
<b>2.6. Tecnologia Usada nas Redes de Fibra Óptica (AON/PON)</b>	42
2.6.1. Rede Ativa	42
2.6.1.1. <i>Home Run Fiber – P2P</i>	42
2.6.1.2. <i>Active Ethernet</i>	43
2.6.2. Rede Passiva	44
2.6.2.1. <i>Passive Optical Network – PON</i>	44
2.6.2.2. <i>GigabytePON – GPON</i>	44
2.6.2.3. <i>EthernetPON – EPON</i>	45
<b>2.7. Elementos da Rede Fibra</b>	46
 <b>Capítulo III – O Modelo NTElgis Aplicado à Rede de Fibra Óptica</b>	
<b>3.1. O modelo NTElgis – Componente Técnica e Operacional</b>	50
<b>3.2. Codificação dos objetos de rede no modelo NTElgis</b>	52
<b>3.3. O modelo NTElgis – Componente de modelação e análise SIG</b>	54
3.3.1. <i>Feature Class</i>	55
3.3.2. <i>Geometric Network</i>	55
3.3.3. <i>Tables</i>	56
3.3.4. <i>Relationship Class</i>	56
3.3.5. <i>Buffer (Proximity Analysis)</i>	56
3.3.6. <i>Select by location</i>	57
 <b>Capítulo IV – Implementação do modelo NTElgis</b>	
<b>4.1. Modelação NTElgis</b>	59
4.1.1. Construção de uma <i>feature dataset</i> e definição das <i>feature classes</i>	59
4.1.2. Definição de atributos	59
4.1.3. Ativação do <i>editor tracking</i>	60

4.1.4. Definição de simbologia	60
4.1.5. Definição da escala de visualização	61
4.1.6. Definição da conectividade	61
<b>4.2. O Processo de Cadastro no modelo NTELgis</b>	<b>62</b>
<b>4.3. Processamento NTELgis</b>	<b>64</b>
4.3.1. Propriedades das <i>Feature classes</i>	65
4.3.2. Configuração de <i>Labels</i> e <i>Annotations</i>	70
4.3.3. Definição de conectividade para a rede associada ao modelo NTELgis	71
4.3.4. Análise de áreas com cobertura espacial de sinal de informação	73
4.3.5. Relacionamento de infra-estruturas e localização técnica específica	76
<b>Capítulo V – Discussão de Resultados</b>	
<b>5.1. O modelo NTELgis no “banco de ensaio”</b>	<b>83</b>
<b>5.2. Análise SWOT do modelo NTELgis</b>	<b>88</b>
Considerações Finais	91
Referências	93

## Índice de Figuras

Figura 1 – Localização da área em estudo.	25
Figura 2 – Fluxograma das várias fases do processo de modelação.	33
Figura 3 – Estrutura clássica representativa das redes de telecomunicações convencionais.	34
Figura 4 – Arquitetura xDSL ( <i>Digital Subscriber Line</i> ).	37
Figura 5 – Arquitetura FTTH.	40
Figura 6 – Arquitetura FTTB.	41
Figura 7 – Arquitetura FTTN/FTTCab.	41
Figura 8 – Arquitetura <i>Home Run Fiber</i> – P2P.	43
Figura 9 – Arquitetura <i>Active Ethernet</i> .	43
Figura 10 – Rede Passiva do tipo PON.	44
Figura 11 – Rede Passiva do tipo EPON.	45
Figura 12 – Arquitetura de uma rede de fibra óptica FTTH e as suas infra-estruturas técnicas.	48
Figura 13 – Simbologia ilustrativa das <i>feature classes</i> que integram o modelo NTELgis.	51
Figura 14 – Nomenclatura de codificação utilizada no modelo NTELgis.	53
Figura 15 – Fluxograma de ferramentas associadas à <i>geodatabase</i> que serviu de base para o modelo NTELgis.	54
Figura 16 – <i>Utility Network Analyst</i> .	62
Figura 17 – O processo de cadastro no modelo NTELgis.	63
Figura 18 – <i>Feature Class Properties – Fields</i> (SRO).	66

Figura 19 – Identificação dos <i>domains</i> nas propriedades da <i>feature class</i> .	67
Figura 20 – <i>Feature Class Properties – Editor Tracking</i> .	68
Figura 21 – <i>Attribute Table</i> (SRO).	69
Figura 22 – <i>Label Features e Annotations</i> .	70
Figura 23 – Configuração e análise da conectividade da rede associada ao modelo NTElgis.	73
Figura 24 – Análise de cobertura de sinal de fibra óptica: <i>Buffer analysis e select by location</i> .	74
Figura 25 – SRO: Localização dos bastidores e lugares para cada cabo de fibra óptica.	78
Figura 26 – <i>Relationship Class</i> relativa aos SRO – Informação em árvore (setor esquerdo) e informação visual associada (setor direito da figura).	81
Figura 27 – Situação I: Análise de resultados relativamente à conectividade da rede.	84
Figura 28 – Situação II: Identificação dos cabos e a sua respectiva localização (PDO e SRO).	86
Figura 29 – Situação III: Análise de cobertura fibra.	87
Figura 30 – Situação IV: Realização de um inventário técnico.	88

## Índice de Quadros

Quadro I – Principais operadoras com infra-estruturas de acesso próprias	46
Quadro II – Exemplos de codificação de cada infra-estrutura NTELgis	53
Quadro III – Tipo de <i>feature class</i> utilizada em cada infra-estrutura	64
Quadro IV – Infra-estruturas com dados técnicos de identificação e localização	77
Quadro V – Infra-estruturas e tipo de <i>Relationship Class</i>	80
Quadro VI – Análise SWOT ao modelo NTELgis	90

## Resumo

Em Portugal, na última década assistiu-se a um *boom* no setor das telecomunicações e nos serviços prestados pelas várias empresas deste ramo. Nesse sentido o espectro de clientes cresceu de igual forma à medida que estes serviços eram disponibilizados. As empresas de telecomunicações que fornecem estes serviços no nosso país começavam a enfrentar uma realidade mais complexa no que respeita ao seu património infraestrutural e um mercado agressivo na aposta dessas mesmas infraestruturas com o objetivo inicial, partilhado por todas as empresas, que consiste no domínio de, pelo menos, uma quota significativa de mercado.

Materializando a nossa sensibilidade e gosto pessoal por este assunto, este estudo procura criar um modelo de cadastro geográfico de uma rede de fibra óptica em ambiente SIG, de modo a que seja possível além de um cadastro integrado numa só aplicação de *software*, que o mesmo disponibilize informação técnica e de localização acerca de cada infra-estrutura. Deste modo, com o ensaio metodológico aplicado com base no modelo NTELgis, julgamos ficar igualmente assegurada uma plataforma de inquirição que disponibiliza uma apreciável variedade de *queries*. Se, do ponto de vista do utilizador, esta plataforma se torna apetecível pela sua usabilidade, já do ponto de vista do empreendedor, ela poderá significar um largo passo no sentido de revolucionar as estratégias comerciais e de marketing territorial.

Para este efeito foi criado um modelo que optámos aplicar a uma área-amostra da malha urbana da cidade de Coimbra, que foi testado de acordo com a própria valência que o modelo pretende impor como método a utilizar no futuro por parte das empresas deste segmento de negócio. O objetivo principal centra-se na análise espacial das redes em ambiente SIG, convocando sempre as variáveis de âmbito eminentemente geográfico, daí que o modelo não tenha como objetivo retratar a atual realidade de mercado de alguma operadora, mas sim implementar, testar e discutir os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Coimbra, Telecomunicações, SIG, Redes, Cadastro, Fibra Óptica



## ***Abstract***

In Portugal, the last decade witnessed a giant boom in the telecommunications sector and in the provided services by the various companies in the field. In this sense, the spectre of customers grew equally as these services were available. Telecommunications companies that provide these services in our country began to face a more complex reality with regard to its patrimony infrastructure and in an aggressive market bet these same infrastructures with the initial goal of all companies, trying to dominate the market.

Materializing our personal taste and sensitivity to this issue, this study seeks to create a model of a geographic cadastre to fiber optic network in GIS environment, so it is possible addition of a cadastre in single integrated software, that available technical information and location on each infrastructure. In this way, the assay methodology applied on the model NTELgis, judge be equally assured of hearing a platform that provides a considerable variety of queries. If, from the point of view of the user, this platform becomes desirable for its usability, since the point of view of the entrepreneur, it can mean a large step towards revolutionizing of business strategies and marketing planning.

For this purpose, the model was created that rehearsed apply in the urban area of the city Coimbra, which was tested according to the actual valence model that seeks to impose as a method to use in the future by the companies in this business segment. The main objective focuses on spatial analysis of networks in a GIS environment, always calling variables eminently geographical scope, hence the model is not intended to portray the current market reality any carrier, but implement, test and discuss the results.

**Keywords:** Coimbra, Telecommunications, GIS, Network, Cadastre, Fiber Optic

## Introdução

O impressionante desenvolvimento tecnológico ocorrido principalmente nos últimos 10 anos, introduziu um conceito inovador na forma como as populações acedem à informação e como comunicam entre elas. O mundo das telecomunicações inicia assim uma caminhada gigantesca na disponibilização de serviços para qualquer indivíduo onde quer que este se encontre.

Paralelamente a este crescimento de serviços, de infra-estruturas e redes, surge a necessidade de cadastrar espacialmente todas as infra-estruturas, o que permitirá às empresas prestadoras de serviços de telecomunicações, uma gestão operacional mais simples e mais agilizada.

Um trabalho nucleado na “Análise e gestão de redes de telecomunicações em ambiente SIG” surge da necessidade das empresas do setor, através das ferramentas SIG, de forma simples e facilitada conseguirem analisar e gerir espacialmente as suas redes que nos dias de hoje se revelam complexas e extensivas, sendo talvez a mais cara de todas as criações tecnológicas e, porventura, a mais útil de todas, na medida que constitui o sistema nervoso essencial para o desenvolvimento social e económico da civilização (Pires, 2006).

O tema abordado nesta dissertação pretende mostrar de que forma os SIG podem ser utilizados nesta complexa tarefa de cadastro de redes e infra-estruturas de telecomunicações, bem como a sua utilização para um novo conceito de geomarketing. O trabalho desenvolveu-se numa ótica de formação de um modelo base de cadastro de informação geográfica e *database marketing*, integrando informação técnica, de localização e comercial com a meta final de projeção e cálculo para expansão potencial das redes.

A concretização destes objetivos, que adiante serão apresentados de modo mais detalhado, recomendou uma estruturação da dissertação em cinco capítulos, que se podem sintetizar da seguinte forma:

O primeiro capítulo diz respeito ao enquadramento do tema da investigação por nós desenvolvida, descrevendo o estado de arte, fazendo referência aos objetivos da dissertação e abordando também, a área de estudo definida.

O segundo capítulo expõe os conceitos teóricos de maior relevância, seguidos de uma profunda análise das características técnicas dos diferentes tipos de rede, infra-estruturas e arquiteturas, bem como a tecnologia utilizada, sendo este, muito importante na compreensão do funcionamento de uma rede de telecomunicações, dos seus elementos e propriedades, bem como da sua dinâmica funcional.

O terceiro capítulo pretende fazer uma transição entre as componentes teórica e técnica, retratados no capítulo precedente, e a componente operacional que utilizamos na modelação da rede NTElgis, com a componente metodológica/processual (que deve ser lida numa perspectiva operacional), destacando-se as diversas de geoprocessamento e análise SIG que utilizamos para resolver os vários desafios propostos. Neste capítulo detalhamos as infra-estruturas intervenientes no processo de modelação, a estrutura e arquitetura utilizadas na rede e a codificação das infra-estruturas, introduzindo as ferramentas SIG utilizadas na modelação espacial.

No quarto (e penúltimo capítulo) efetuamos várias análises espaciais de localização e identificação, analisando as áreas de cobertura de fornecimento de serviços, simulamos a conectividade da rede com interrupção de fornecimento de sinal de informação, integrando dados de *database* técnica e comercial com as diferentes infra-estruturas participantes na rede do modelo NTElgis.

Por último, no quinto capítulo, efetuamos uma análise do modelo testando-o em várias situações para as quais pretendíamos resposta, finalizando com uma análise SWOT, de modo a perceber as potencialidades do modelo, o que pode ainda ser melhorado numa outra fase de maior maturidade e as situações em que o modelo pode apresentar alguma debilidade.

# Capítulo I

---

## Enquadramento do Tema de Investigação

### 1.1. Antecedentes Bibliográficos

A análise espacial com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem revelado um papel muito importante no uso destas aplicações facilitando, desta forma, os processos de automatização espacial como ferramenta de análise. Esta temática, a qual tem vindo a registar um crescente número de seguidores em Portugal, motivou a nossa escolha, uma vez que é nossa pretensão contribuir para o enriquecimento bibliográfico nacional. Fora do âmbito nacional, são diversos os estudos publicados sobre o tema, na sua maioria pelas empresas que fornecem o *software* de trabalho, como forma de evidenciar as capacidades do mesmo, mostrando exemplos de utilização no mercado de trabalho.

Segundo Godim (2001), estes tipos de *software* permitem ao utilizador criar, acrescentar, apagar e modificar todas as características do desenho da rede, permitindo ainda mostrar-se essencial na expansão das redes no momento de decisão e planeamento relativamente ao tipo de serviços que podem ser fornecidos. Um dos pontos essenciais neste tipo de *software* é a integração de informação sem ser necessário vários tipos de *software*, que complicam e atrasam a sua gestão operacional.

Um estudo de caso, inicialmente desenvolvido pela Telcordia™ no Qatar no ano 2007, foi a criação de uma aplicação para projetar e documentar redes coaxiais, fibra e cobre. Como resultado, o departamento de engenharia de redes decidiu projetar a rede utilizando não só pontos e linhas, como também outros componentes como “emendas”, “armários de rua”, “condutas” e “splitters”. Recentemente através do projeto da rede foi possível processar mais do que simplesmente adicionar ou apagar infra-estruturas, ou seja, foi possível estabelecer regras de conectividade entre os objetos, analisando desta forma a sua relação no espaço (Godim, 2001).

Kumar (2007) e Chesser (2007) mostram outro exemplo através de uma publicação entre a Qatar Telecom e a ESRI, no qual os SIG são utilizados como forma de gestão nas interrupções técnicas existentes. Quando o território de análise é demasiado grande ou a rede é demasiado complexa devido à elevada densidade de fluxos, nós, arcos, *splitters*, etc., a localização da falha e as respectivas áreas de afetação com recurso a centenas de papéis com o desenho da rede, revela-se uma tarefa muito difícil, especialmente quando a área afeta é de elevada densidade de edifícios.

Outra aplicação com recurso à tecnologia SIG tem a ver com o facto de esta permitir a criação de mapas integrados onde é possível visualizar informação acerca da cobertura espacial dos diferentes tipos de tecnologia no fornecimento de serviços (Harp, 2008).

De acordo com o mesmo autor (*op. cit.*) existem outros aspetos inerentes ao recurso à tecnologia SIG como a capacidade de definir atributos visuais (como por exemplo a codificação através de cores) dos vários tipos de cabos existentes. Esta facilidade permite ao utilizador uma destreza na interação com o ambiente de trabalho, identificando através das cores o tipo de infra-estrutura que lhe está associada. Outro aspeto está relacionado com a utilização de ortofotomapas que o *software* dispõe para utilização, permitindo maior facilidade na tomada de decisões salvando desta forma tempo, referindo como exemplo a procura de um lugar de forma mais assertiva e mais rápida. Brown (2008) destaca a importância do uso dos SIG como “forma de eliminar trabalho redundante, pois vários passos são eliminados quando temos todos os dados na ponta dos dedos”.

Para se executar o cadastro das redes de telecomunicações é necessário entender primeiro as suas características técnicas, ou seja, como estas se conectam, se ligam e que infra-estruturas são necessárias numa rede, seja qual for a sua tecnologia. Coelho (2009) na sua dissertação de mestrado sobre redes de acesso, as suas tecnologias e soluções, apresenta os diferentes suportes físicos de transmissão utilizados nas redes atuais. Esta dissertação dá particular destaque às redes de fibra óptica tendo em consideração a sua importância no desenvolvimento das redes atuais.

O estudo que agora se apresenta compreende (SIG e telecomunicações), ou seja, com o conhecimento do funcionamento dos diferentes tipos de rede, quanto às suas características técnicas, e com recurso a tarefas de geoprocessamento e modelação espacial em SIG, desenvolveu-se uma metodologia de cadastro espacial de simulação na área urbana da cidade de Coimbra definida como área de estudo.

## 1.2. Objetivos e Motivações

O principal objetivo deste estudo consiste na inventariação, registo e modelação do cadastro de redes e infra-estruturas de telecomunicações com recurso aos SIG, de modo a que seja possível obter toda a informação inerente à gestão de clientes de serviços de telecomunicações e a sua potencialização no mercado. O projeto pretende criar um modelo que proceda ao cadastro de todas as infra-estruturas físicas, integrando também uma *teledatabase marketing* para a gestão mais eficiente deste segmento de mercado. Com este ensaio pretendemos dar um passo em frente na introdução do conceito de geomarketing, análise e gestão de redes integrando a distribuição espacial das várias infra-estruturas que podem potencializar a expansão de redes de acordo com aquilo que parece ser a tendência de futuro no domínio da *teledatabase marketing* definida pela dinâmica interativa e relacional do dipolo mercado - empresa.

Entre outras aplicações em que o modelo NTELgis pode ser aproveitado, a dinâmica empresarial no domínio das telecomunicações e das suas múltiplas tarefas e atividades de gestão de clientes é, porventura, o *leitmotiv*, o banco de ensaio matricial da sua implementação, ao permitir averiguar e encontrar soluções para questões relativas ao seu património, localização e capacidade, gestão de *teledatabase marketing* bem como ao nível da otimização da própria assistência técnica.

Num operador são vários os processos cliente que necessitam da informação de cadastro atualizada, podendo ser identificados como mais importantes os seguintes:

- Gestão financeira;
- Planeamento e investimento;
- Projeto, instalação e gestão da rede;
- Operação e manutenção.

O desenvolvimento deste modelo pretende articular-se com as necessidades requeridas pelas várias empresas deste sector, promovendo inovação no cadastro e também nas estratégias de *teledatabase marketing*.

O tema do estudo que apresentamos enquadra-se e, de algum modo, decorre de um contexto profissional que caracteriza a atual fase em que nos encontramos, pelo facto de

trabalhar numa empresa de *outsourcing* (Manpower) para uma empresa líder em Portugal no sector de fornecimento de serviços de telecomunicações (PT Comunicações). Trabalhando dia-a-dia neste segmento de apoio ao cliente, damos conta, e tomamos nota, de algumas lacunas na informação disponibilizada, bem como outro tipo de informação que pode ser melhorada quando estes potenciais clientes pretendem aderir a serviços e não dispõem de informação fidedigna.

Outro aspeto motivador deste trabalho tem a ver com o facto de se poder evidenciar que a informação geográfica está cada vez mais presente em praticamente todos os sectores da nossa vida quotidiana incluindo a investigação científica, pelo que, também na área das telecomunicações, as bases de dados espaciais e as ferramentas SIG se revelam de uma utilidade inexorável para potenciar os serviços prestados no âmbito das telecomunicações ao mesmo tempo que mediatizam e auxiliam no apoio à decisão.

Nesse sentido, este projeto pretende de alguma forma contribuir para a criação de um modelo base analítico, mas também de síntese que possa ser utilizado por outras entidades na área das telecomunicações como uma referência, usando-o ou adaptando-o às suas necessidades e realidades. Trata-se de um dos sectores de maior crescimento no que respeita ao seu fornecimento, um dos que apresenta maior evolução tendencial positiva no que diz respeito ao número de clientes e receitas obtidas mas, é também um sector em que a perspectiva de crescimento ao nível da prospeção de alargamento do seu mercado se revela mais prometedora, introduzindo constantemente novos serviços e novas tecnologias.

Os serviços de telecomunicações são considerados pela generalidade das populações de países desenvolvidos e em desenvolvimento, como serviços básicos de primeira necessidade. Na realidade, este tipo de países em que a sua economia assenta basicamente em comércio e prestação de serviços, sem o fornecimento de serviços de telecomunicações o país tem um *crash* funcional em todos os níveis e setores. Neste simples exemplo é possível perceber-se a sua importância na vida quotidiana das populações sem que estas se apercebam da sua real necessidade, excepto em contextos extremos em que, por exemplo, a falha de eletricidade induz a falência destes serviços. Só aí nos damos conta de quão dependentes estamos deste tipo de serviços. Como os alicerces de todas as infra-estruturas são a parte mais importante para que esta seja funcional, o mesmo se pode dizer em relação



ao setor das telecomunicações, pois a gestão e o planeamento das redes devem servir de base para que a partir daí os serviços sejam garantidos.

Definimos assim, e em síntese, como objetivos para este ensaio metodológico:

- Proceder ao cadastro geográfico da rede geométrica relacionada com infra-estruturas (nós e arcos) de fornecimento de serviços de telecomunicações;
- Disponibilizar para consulta aos operadores, toda a informação técnica da rede;
- Definir as áreas de cobertura de sinal;
- Testar a conectividade funcional da rede de telecomunicações;
- Criar uma *teledatabase marketing*.

Tendo em consideração os objetivos acima descritos, as tarefas conducentes à sua concretização passam, em primeiro lugar, por proceder ao alojamento de toda a informação no mesmo *software*, construindo uma base de dados que possibilite consultas e análises mais intuitivas, robustas e consistentes. Toda a informação organizada em *geodatabase* facilmente é extraída de modo a que, subsequentemente, seja possível a sua utilização enquanto base de dados numa estratégia de *geomarketing* que mais à frente será pormenorizada. A informação, maioritariamente organizada em modelo de dados vetorial que carrega metainformação e dados atributivos indispensáveis à boa caracterização das entidades-objetos gráficos, é importantíssima para que numa gestão de intervenções técnicas seja facilmente identificado o local, os serviços e clientes afetados.

### 1.3. Metodologia

No sentido de realizar este complexo projeto que envolve um ensaio metodológico que, de algum modo, é pioneiro nos estudos académicos sobre SIG e redes de telecomunicações e que, por essa razão, legitima que o modelo NTELgis assuma um estatuto singular em contexto nacional, recorreremos a várias técnicas, tarefas e procedimentos processuais e metodológicos.

Na construção espacial da rede de telecomunicações foram utilizados com recurso ao *software* ArcGIS 10.1 da ESRI, dois *basemaps*, que o software disponibiliza, como *layers* de

trabalho. Para esse efeito foram escolhidos o *basemap Bing Maps Aerial* e também o *OpenStreetMap*. A utilização destas *layers* de trabalho prende-se com o facto de a *layer Bing Maps Aerial* disponibilizar visualmente a localização exata e referencial, através de ortofotomapas, a real localização da rede e das suas infra-estruturas relacionadas, enquanto a *layer OpenStreetMap* oferece de uma visualização graficamente intuitiva e simplificada através de polígonos e linhas representativas da realidade do espaço contendo variadíssimos pontos de referência e de interesse que podem facilitar na identificação de lugares, pontos, objetivos de interesse analítico.

A juntar às valências específicas de cada um dos *basemaps* selecionados como bases de trabalho, acresce o facto de fomentarmos, deste modo, o exercício de interoperabilidade entre formatos de dados e plataformas, numa lógica de abertura a uma conceção (em que acreditámos) de partilha/colaboração entre software proprietário e software livre.

Os dados introduzidos referentes à *teledatabase marketing* e à rede são fictícios, pelo que a nossa preocupação não se prendeu, de modo particular com a realidade, (até porque as realidades das várias operadoras são naturalmente bastante distintas), mas antes com a **definição de um sistema que pretendemos modelar**, por aproximação, com base na estrutura funcional do modelo NTELgis.

A definição de modelação espacial utilizada no cadastro de redes de telecomunicações não dispõe de nenhuma metodologia pré-definida. De uma maneira muito simples, o cadastro das redes de telecomunicações foi efetuado de acordo com o projeto de instalação por parte das equipas técnicas de instalação das mesmas. Estas equipas, quando operam no terreno identificam as infra-estruturas instaladas e localizam-nas num ortofotomapa ou então num mapa planimétrico da área. De seguida, os departamentos de planeamento e gestão de redes cadastram todas as infra-estruturas indicadas pelas equipas técnicas de modo a georreferenciá-las num sistema de modelação espacial.

Este processo de digitalização de informação em formato vetorial permite uma gestão e atualização da rede de forma simples, completa, e de fácil manuseamento devido à sua integração em SIG, contribuindo para uma clara evolução dos modelos geográficos em rede.

Neste ensaio metodológico a rede de telecomunicações (fictícia) foi criada espontaneamente de acordo com a tipologia de arquitetura de redes fibra *Fiber to the Home* (FTTH). Definimos, assim, os seguintes processos como metodologia utilizada na construção da rede:

- Criação de uma rede de telecomunicações em ambiente espacial georreferenciada;
- Identificação de todas as infra-estruturas compostas da rede fibra (FTTH);
- Criação e definição de atributos intrínsecos a cada infra-estrutura da rede;
- Definição de conectividade entre pontos e arcos;
- Definição de áreas de cobertura de serviço.

A implementação destes processos metodológicos tem como objetivos:

- Atualização do cadastro da rede NTELgis de modo simples e rápido;
- Inventariar o tipo de infra-estruturas que constituem a rede;
- Verificar o estado de conservação das infra-estruturas;
- Detecção de avarias e interrupções de sinal – programado ou não programado;
- Análise da cobertura espacial de fornecimento de serviços;
- Planeamento de expansão de redes.

O ensaio metodológico para a criação da rede NTELgis foi assenta na definição de um conjunto de elementos (arcos e nós) que estruturam uma rede geométrica com a sua componente lógica que, à luz da Teoria dos Grafos, se pode representar por um par ordenado de conjuntos disjuntos - grafo  $W(V,A)$  onde 'V' é um conjunto arbitrário que se designa por conjunto dos vértices e 'A' um conjunto de pares não ordenados de elementos (distintos) de V que se designa por conjunto das arestas, de grau “n” e valência “i”, que possui comportamentos entre os elementos da rede.

A este respeito, também PAULO (2004) considera que a rede geométrica e a rede lógica estão sempre sincronizadas, isto é, se adicionarmos ou removermos um objeto geográfico da rede geométrica, também se adiciona ou remove os respetivos comportamentos da rede lógica.

#### 1.4. Localização da Área em Estudo

Coimbra é uma cidade portuguesa situada na sub-região do baixo Mondego, capital de um concelho com uma população de 150000 habitantes, com uma área de 319,41 km<sup>2</sup>, subdividido em 31 freguesias. É uma cidade com mais de 700 anos de tradição universitária devido à Universidade de Coimbra, fundada em 1290, que serve atualmente cerca de 30 mil estudantes.

A área de estudo insere-se no município de Coimbra, sendo, em concreto, definida como área de estudo para testar o ensaio metodológico que aqui se apresenta, a malha urbana da cidade na área da Solum próxima do Estádio Cidade de Coimbra (Fig.1).

Trata-se de uma área fortemente edificada, em que as ruas, na sua maioria, apresentam estradas asphaltadas e passeios construídos com base em pedras calcárias, como é típico da calçada Portuguesa. O coberto vegetal desta área é bastante reduzido e o mesmo não apresenta obstáculo à espacialização da rede de telecomunicações. Um dos fatores que concorreu para eleger este espaço físico como “área-amostra” reside no facto de nos permitir conjugar uma diversidade quanto à tipologia de clientes diferentes existente, uma área fortemente urbanizada com clientes ligados, fundamentalmente, ao setor residencial, ainda que se verifique uma forte complementaridade de clientes ligados a atividade terciárias (comércio e serviços vários) sobretudo, quando pensamos no número de estudantes que todos os anos chegam à cidade (funcionando como potenciais clientes), bem como, a população residente de forma permanente, também ela significativa no cômputo geral do volume de assinaturas de serviços de telecomunicações.

A própria geometria da malha urbana desta área da cidade, permite ainda perceber o modo como a distribuição espacial das várias infra-estruturas de telecomunicações estão localizadas ao longo do traçado urbano da cidade, de modo a que estejam próximas dos clientes, oferecendo assim uma maior cobertura de sinal.

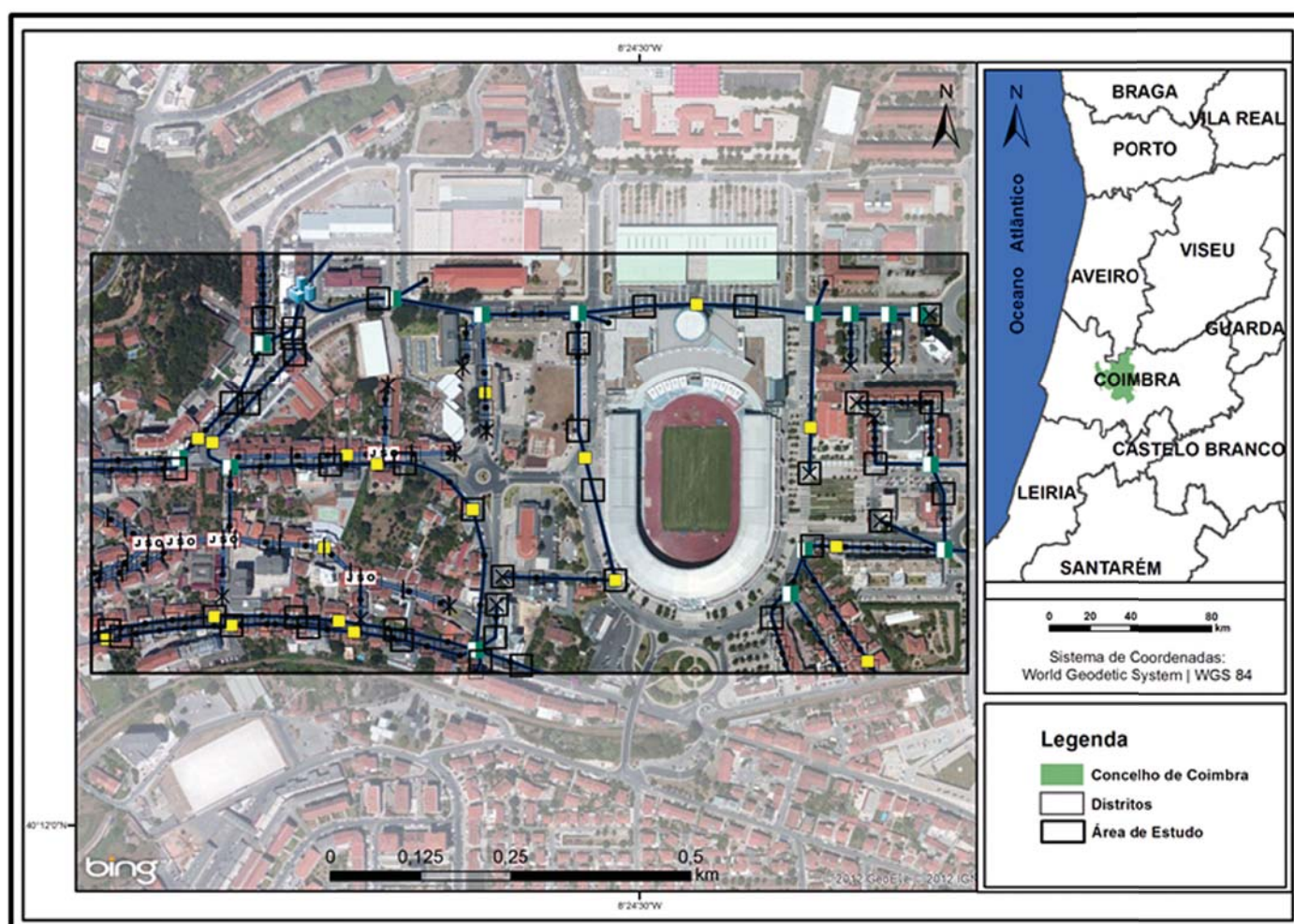


Figura 1 – Localização da área em estudo.

## **Capítulo II**

---

Enquadramento Teórico – Termos e  
Conceitos

## 2.1. Modelação Espacial e Análise Sistémica

Uma ideia comum e transversal no seio da comunidade científica é a de que o mundo é bastante complexo e, como tal, o Homem sentiu necessidade de simplificar e representar diversos processos através de sistemas. Um sistema consiste num conjunto de elementos interconectados com o objetivo básico de se perceber a sua organização, integração e relações. Os sistemas podem, na verdade, ser visualizados ou modelados em blocos, componentes de uma realidade que possuem relações entre si.

Para introduzir os conteúdos relativos à análise sistémica que, de algum modo, caracteriza a arquitetura conceptual e metodológica deste exercício, apresentamos de modo muito resumido os tipos de sistemas referidos com maior frequência na literatura; veja-se a título de exemplo a obra de Rocha (2011).

### Propriedades de um sistema

- **Sistema isolado** – um sistema que não possui interações para lá do seu limite. Muitas experiências controladas em laboratório são deste tipo;
- **Sistema fechado** – um sistema que transfere energia, mas não matéria, através do limite, para o ambiente circundante. O nosso planeta é muitas vezes visto como um sistema fechado;
- **Sistema aberto** – um sistema que transfere tanto energia como matéria, através do limite, para o ambiente circundante. A maioria dos ecossistemas é um exemplo de sistemas abertos;
- **Sistema morfológico** – é um sistema onde se compreende as relações entre os elementos e os seus atributos num sentido vago, apenas baseado em características medidas ou correlações. Por outras palavras, nós entendemos a forma ou morfologia, como um sistema baseado nas conexões entre os seus elementos. Contudo, não compreendemos exatamente como funciona o processo de transferência de energia e/ou matéria através das conexões entre os elementos;
- **Sistema em cascata** – aquele onde o interesse primordial é o fluxo de energia e/ou matéria de um elemento para o outro e a compreensão dos processos que causam este movimento. Num sistema em cascata, não se chega a compreender



completamente as relações quantitativas que existem entre os elementos relacionados com a transferência de energia e/ou matéria;

- **Sistema processo-resposta** – integra as características dos sistemas, morfológico e em cascata. Neste tipo de sistema podemos modelar o processo envolvido no movimento, armazenamento e transformação da energia e/ou matéria entre elementos do sistema e, ao mesmo tempo, compreender totalmente a forma do sistema em termos de características medidas e correlações;
- **Sistema de controlo** – aquele que pode ser inteligentemente manipulado pela Ação humana;
- **Ecossistema** – é um sistema que modela as relações e interações entre vários componentes, bióticos e abióticos, do sistema, criando uma comunidade ou organismos e o seu ambiente físico circundante.

De acordo com o autor (*op. cit.*) a maioria dos sistemas partilha um conjunto de características comuns que passam pela capacidade de possuir uma estrutura que é definida pelas suas partes e processos, consistindo em generalizações da realidade em que as diversas partes integrantes possuem relações funcionais e estruturais entre elas.

Numa contextualização relativamente ao objetivo da dissertação, o sistema utilizado é uma aproximação ao tipo de sistema processo-resposta. Neste tipo de sistema pode-se modelar o processo envolvido no movimento, armazenamento e transformação de conteúdos entre elementos do sistema e, ao mesmo tempo, compreender totalmente a forma do sistema em termos de características medidas e correlações (Santos, 2012).

Grande parte das experiências científicas realizadas em diversos ramos da Ciência, resultam da execução de sistemas na qual são realizadas diversas observações e testes no sentido de se extraírem várias conclusões. Contudo, em diversos casos tal não é exequível devido à dimensão do sistema, à sua complexidade e à relação entre elementos compostos (complexos ou compósitos) do próprio sistema. Nesse sentido, a solução adotada em várias situações passa pela criação de um modelo que seja representativo desse sistema para que depois seja possível realizar os testes pretendidos.



Um modelo é, assim, concebido com uma representação descritiva do comportamento do sistema no qual é executado o estudo, enquanto um sistema é toda a arquitetura dos objetos no qual se pretende realizar um determinado estudo (Rocha, 2011).

## **2.2. Redes Lineares Finitas**

Num contexto de espaço absoluto ou espaço relativo, o processo de representação em SIG leva à criação de novas entidades representativas através de dois tipos de estruturas sendo elas vetoriais ou matriciais (raster). A diferenciação de conceitos de espaço absoluto e espaço relativo é muito importantes para a Geografia. Couclelis (1997) refere que os conceitos de espaço absoluto, também chamado cartesiano (seja ele 2D ou 3D), é um espaço de objetos e eventos, uma estrutura para localizar pontos, trajetórias e objetos. Por sua vez o espaço relativo, ou leibniziano, é o espaço constituído pelas relações espaciais entre objetos, ou seja, tratando-se de análise e gestão de redes, dos seus fluxos. Tendo em conta esta classificação dual, mas complementar, do conceito de "Espaço Geográfico", podemos dizer que, se, por um lado, o exercício que desenvolvemos no presente estudo se pode entender numa perspectiva de aplicação ao espaço cartesiano - o dos objetos -, já o funcionamento lógico da rede geométrica que sustenta a arquitetura das relações entre objetos, não deixa de legitimar uma vinculação ao espaço dos fluxos - leibniziano. Por esta razão, este trabalho recebe, solidifica e devolve um duplo contributo para a ligação que (julgamos ser quase incontornável nos estudos de modelação espacial) entre o espaço absoluto e o espaço relativo.

Uma das escolhas relacionadas com a análise de modelação espacial consiste na definição da sua representação quanto ao espaço utilizado. Esta escolha depende do tipo de análise que se pretende realizar. No que se refere a este estudo, e pelo que já foi dito antes, podemos definir ambos os espaços como palco e ação da metodologia utilizada no modelo NTELgis. Em primeiro lugar o estudo projeta as redes de telecomunicações no espaço, logo, é um espaço de objetos, uma estrutura de localização de infra-estruturas. De seguida aplica-se a sua representação em espaço relativo, pois o estudo tem como objetivo a análise das suas relações de conectividade e dos fluxos de informação que suportam.

Partindo da ideia anteriormente expressa - as relações de concetividade entre objetos -, um estudo que envolva análise de redes lineares não pode deixar de invocar a importância da Teoria dos Grafos. Esta teoria deriva essencialmente de uma questão espacial surgida em 1736 e notabilizada pelo matemático Leonard Euler, designadamente, devido ao problema das “Sete pontes de Königsberg”. Euler problematizou a possibilidade de se criar um circuito fechado onde havia duas ilhas próximas do centro da cidade, ligadas através de 7 pontes, cruzando cada uma destas apenas uma única vez construindo desta forma um grafo para a sua análise.

A teoria dos grafos é considerada um ramo da matemática que estuda as relações entre os objetos de um determinado conjunto. Como referimos anteriormente, um grafo pode ser representado por um par ordenado de conjuntos disjuntos - grafo  $W(V,A)$  onde 'V' é um conjunto arbitrário que se designa por conjunto dos vértices e 'A' um conjunto de pares não ordenados de elementos (distintos) de V que se designa por conjunto das arestas de grau e valência que possui comportamentos entre os elementos da rede.

Num procedimento de análise que implique relações de conetividade, a sua representação efetua-se no espaço relativo. É concebido um modelo de redes no espaço geográfico que tem como base a conexão de pontos (vértices) através de linhas (arestas), em que tanto um como outro possuem atributos. Neste processo, uma representação digital da rede é criada, sendo esta representação digital altamente complexa, uma vez que os dados de transporte multimodal são, muitas vezes, estendidos por várias jurisdições locais, nacionais e internacionais e tem diferentes pontos de vista lógicos, dependendo do utilizador em particular. Assim, é cada vez mais importante para a utilização de um modelo de dados, uma rede de transporte codificada que possa ser armazenada, recuperada, modificada, analisada e exibida. Cada vez mais os SIG têm sido o centro das atenções sobre estas temáticas, uma vez que estão entre as melhores ferramentas para armazenar e utilizar modelos de dados de rede. Estes são uma parte fundamental em muitos SIG, existindo quatro áreas<sup>1</sup> de aplicação desses modelos:

---

<sup>1</sup> Fonte: Rodrigue; Comtois; Slack (2006) (Adaptado)

- **Topologia:** O objetivo principal de um modelo de rede de dados é fornecer uma representação precisa de uma rede, como um conjunto de vértices e arestas. Em termos simplificados, a topologia consiste na sua organização numa rede. Destaca-se em particular as representações de direção, localização e conectividade. A topologia de um modelo de dados de rede deve ser tão próxima quanto possível da estrutura de mundo real que está a ser representada.

A sua representação depende de três propriedades principais (conectividade, adjacência e inclusão). A conectividade consiste numa propriedade que define o comportamento das redes e permite identificar e configurar na rede os locais onde se intersectam e/ou separam fluxos, ou se invertem direções de movimento/fluxo. Adjacência é também uma propriedade que identifica as áreas que estão entre os elementos, ou seja, as áreas contíguas a estes. Por último, a inclusão, serve para definir as áreas que contêm ou não os vários elementos espaciais.

- **Caminhos e atributos:** Os modelos de rede de dados podem ser usados para encontrar caminhos ideais e atribuir fluxos com restrições numa determinada rede. Isso requer uma topologia em que a relação de cada aresta com outros segmentos de intersecção é explicitamente especificado. As diversas medidas de impedância (como por exemplo, a distância e o tempo) são também atribuídos para cada ligação e terá um impacto sobre a escolha da central de fornecimento, a capacidade de prestação de serviço ou velocidade de comunicação prestada.
- **Geocodificação:** Os modelos de rede de transporte podem ser usados para derivar a localização precisa, através de um sistema de referência linear. Por exemplo, a grande maioria dos endereços é definida de acordo com um código postal, nome de rua e número de polícia. Se as informações de endereço são incorporadas nos atributos de um modelo de dados de rede, torna-se possível usar esta rede para a geocodificação e para identificar a localização de um endereço, ou em qualquer local ao longo da rede, com razoável precisão.

- **Cartografia:** Permite a visualização e se for interativa e dinâmica também, a inquirição (*queries*) à rede com a finalidade de cálculo e de navegação simples que serve para indicar a existência de uma rede. Os diferentes elementos da rede podem representar um simbolismo definido por alguns de seus atributos. Por exemplo, uma central de abastecimento pode ser simbolizada com uma figura representativa, enquanto uma ligação fibra pode ser simbolizada como uma linha e o código de referência anexado. A rede simbolizada também pode ser combinada com outras características ou outras fontes de dados, tais como pontos de referência para fornecer um melhor nível de orientação para o utilizador. Este é normalmente o caso dos ortofotomapas utilizados pelo público, em geral.

### 2.3. Modelação de Sistemas

Os modelos espaciais processados em ambiente SIG surgem da necessidade de simplificar a realidade apenas abstraindo as partes do mundo real, permitindo assim, determinar a influência das diferentes variáveis consideradas importantes num determinado processo, que tem como objetivo o entendimento das relações espaciais entre diferentes elementos de um sistema. A construção destes modelos surge num processo contínuo e interativo à medida que adquirimos conhecimento acerca do mundo real através da aplicação do modelo simulado, tornando possível identificar as suas forças e fragilidades.

A figura 2, relativa às várias fases do processo de modelação, identifica os vários processos decorrentes da criação de um processo de modelação. O fluxograma das diversas fases demonstradas por Caldwell e Ram (1999) é o que melhor se adequa quando a temática envolvida pretende a criação e simulação em ambiente informático. Especificar o “problema real” do estudo é definir um axioma diretamente relacionado com o ponto de partida que se coloca, quando se pretende demonstrar algo, colocando automaticamente em evidência a temática abordada. Em seguida é necessário criar um modelo demonstrativo que seja revelador do objetivo proposto, levando à sua formulação e implementação numa plataforma informática. Por conseguinte, torna-se necessário calibrar e ajustar o modelo sempre que se pretende converter em prática os pressupostos constantes de um modelo teórico

Depois da aplicação do modelo, impõe-se uma análise crítica dos resultados com o objetivo de validar (ou não) o próprio modelo, na medida em que, em modelação espacial, a validação dos modelos é um processo fundamental (Beguería, 2006).<sup>2</sup>

Após a análise dos resultados obtidos, no caso de serem satisfatórios, podemos considerar o processo de modelação ajustado por retratar com fidelidade um determinado fenómeno - validação do modelo. Pelo contrário, se o resultado não for satisfatório, realiza-se uma nova análise dos problemas reais que ocorreram seguindo novamente o ciclo do fluxograma até ser encontrado um resultado que seja satisfatório, e que permita validar o modelo.



Figura 2 – Fluxograma das várias fases do processo de modelação.

Fonte: Caldwell e Ram, (1999, adaptado)

## 2.4. Arquitetura de Redes de Telecomunicações – Filiação Conceptual do Modelo NTELgis

A arquitetura modelar de redes de telecomunicações depende sempre da empresa fornecedora de serviços, no entanto todas elas obedecem a um modelo base hierárquico representativo (Fig. 3).

<sup>2</sup> Na sua obra de 2006, Beguería sustenta que “os modelos mostram muitas vezes resultados com algumas incertezas. Isto significa que a sua capacidade de previsão não é absoluta o suficiente para incutir confiança nos utilizadores (...). A sua validação, significa comparar as previsões de um modelo com um conjunto de dados do mundo real, de modo a podermos avaliar a sua precisão ou poder de predição. A validação permite estabelecer o grau de confiança do modelo, que se revelará bastante importante para o utilizador final. Além disso, sem a validação adequada, não é possível comparar um modelo com outros modelos, ou mesmo com conjuntos alternativos de parâmetros ou variáveis de predição.

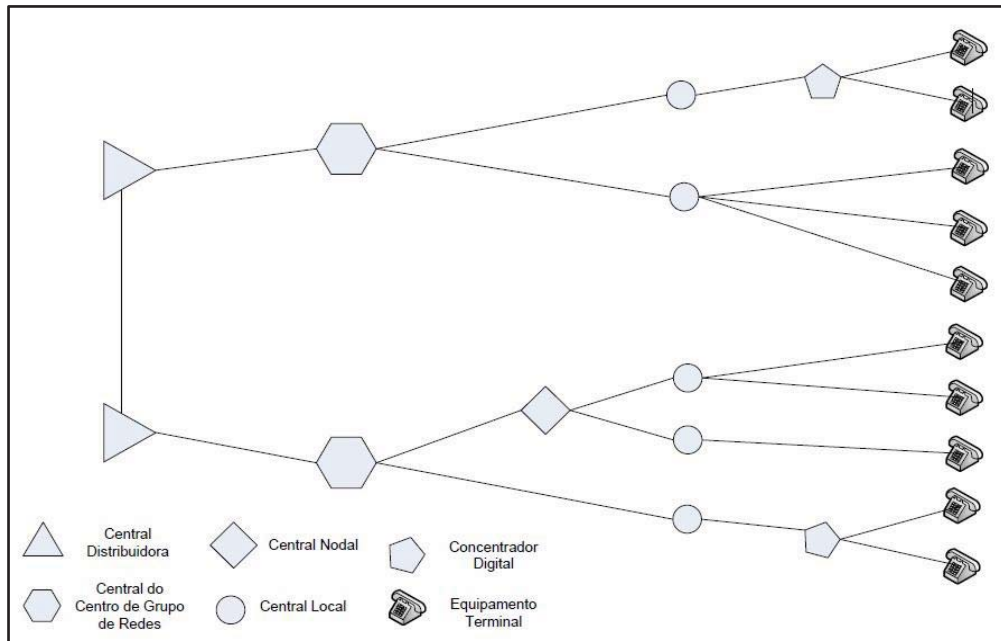


Figura 3 – Estrutura clássica representativa das redes de telecomunicações convencionais.

Fonte: Duarte, A. M., (2009)

As centrais distribuidoras conectam as centrais do centro de grupo de redes e estas, por sua vez, conectam a uma central nodal ou central local. Em seguida, estas centrais nodais ou locais podem ligar diretamente ao equipamento terminal (cliente), ou então passarem ainda por um concentrador digital antes de ligar ao equipamento terminal.

Atualmente as redes de acesso são baseadas nos seguintes suportes físicos:

- Redes de pares de cobre entrançados - usadas nas tradicionais redes telefónicas (POTS - *Plain Old Telephony Service*) e redes DSL (*Digital Subscriber Line*);
- Rede de cabo coaxial de cobre - usado inicialmente apenas na transmissão de televisão, mas que nos últimos anos se tem aplicado, também, para transmissão de dados e voz, com a prestação de serviços de Internet e telefone fixo por parte dos operadores de TV por cabo;
- Redes sem fios “*wireless*” – usando tecnologias rádio e sendo por isso denominadas de tecnologias sem fios;

- Redes em fibra ótica – com inicial aplicação apenas em redes *Core*<sup>3</sup> para transmissões de alto débito, a fibra ótica começa agora a ser também introduzida na rede de acesso.

Em Portugal, dos suportes físicos anteriormente referidos, a rede de pares de cobre entrançados é hoje em dia a rede mais utilizada. Esta rede impõe atualmente muitos desafios aos operadores pois é aqui que se encontram os maiores estrangulamentos de largura de banda.

## 2.5. Suportes Físicos de Transmissão

### 2.5.1. Par Entrançado de Cobre

O par entrançado de cobre é o meio de transmissão mundialmente mais utilizado devido ao seu baixo custo. É composto por dois fios de cobre isolados entrançados entre si consistindo os dois num único canal de comunicação. Os pares de cobre são entrançados para anular os efeitos eletromagnéticos, o efeito *crosstalk*<sup>4</sup> e também atenuar o ruído da linha. Este tipo de infra-estrutura é muito utilizado nos sistemas de serviços telefónicos e são também utilizados em muitas situações para prestação de serviços ADSL, porque permite, por exemplo, a transmissão de sinal analógico e digital, requerendo, no entanto, para o efeito, de amplificadores a cada 5/6 km para transmissão analógica e 2/3 km para transmissão digital. A sua grande limitação é a capacidade de suportar pequenas distâncias devido à largura de banda e ritmo de transmissão, ou seja, conforme a distância do assinante à central, a largura de banda diminui.

#### 2.5.1.1. Rede Telefónica Fixa

O serviço telefónico foi criado para permitir comunicação de voz à distância. No início as redes não possuíam comutadores, e nesse sentido as comunicações eram feitas diretamente entre os assinantes, utilizando um fio entre cada um dos assinantes. Com o aumento do número de clientes, esta solução passou a ser inviável, sendo necessário introduzir elementos que permitissem o estabelecimento de ligações de forma mais prática e

---

<sup>3</sup> Common Open Research Emulator (Core), é uma ferramenta que permite emular redes informáticas em uma ou várias máquinas. Com esta ferramenta, além de ser possível criar os mais diversos cenários e configurar os mais diversos equipamentos de rede, é ainda possível ligar a mesma a cenários reais.

<sup>4</sup> Efeito *Crosstalk* – Consiste numa interferência indesejada que um canal de comunicação causa noutro.

simplificada. Criaram-se, portanto, comutadores que permitem a seleção automática do destino de chamada.

A arquitetura na rede inicia-se na central através de um repartidor principal, os cabos de cobre estendem-se até um armário de um sub-repartidor (SR), de onde partem cabos secundários até aos pontos de distribuição (PD). Por fim, a última secção, é efetuada entre este ponto de distribuição até aos utilizadores.

#### 2.5.1.2. Rede xDSL <sup>5</sup>

A tecnologia DSL tornou-se bastante utilizada pelas várias operadoras de telecomunicações que necessitavam de prestar serviços a muitos clientes, oferecendo uma maneira de usar o cobre existente nas linhas de telefone (cobre entrançado) como meio de transporte de dados de alta velocidade. Muitos consumidores utilizavam o serviço de DSL para acesso à Internet, no entanto, com a introdução da televisão por cabo, algumas operadoras de serviços introduziram também na oferta, os serviços IPTV (*Internet Protocol for TV*) que são fornecidos com o serviço DSL. A figura 4 ilustra o processo de suporte técnico bem como a arquitetura utilizada no fornecimento de serviços até *triple-play* (voz, dados e vídeo) numa arquitetura do tipo “xDSL”.

No sistema DSL existe uma oposição entre velocidade e distância, ou seja, para distâncias mais longas só é possível o fornecimento de velocidades menores, pois existem perdas consoante a distância à central.

A central é considerada o servidor, pois é deste local que se inicia o fornecimento para os assinantes. Esse fornecimento é efetuado através de pares de cobre entrançados até um *Digital Subscriber Line de Acesso Multiplexer* (DSLAM) situado nos vários terminais remotos (TR) juntos aos bairros residenciais/utilizadores potenciais dos serviços.

---

<sup>5</sup> xDSL – O “x” o xDSL é somente um nome genérico, para definir uma família de protocolos que trabalham com o sistema *Digital Subscriber Line* tendo em consideração a forma de transmissão de dados. Em Portugal a transmissão utilizada é a Assimétrica (ADSL) oferecendo assim taxas mais elevadas de *download* e menor de *upload*.



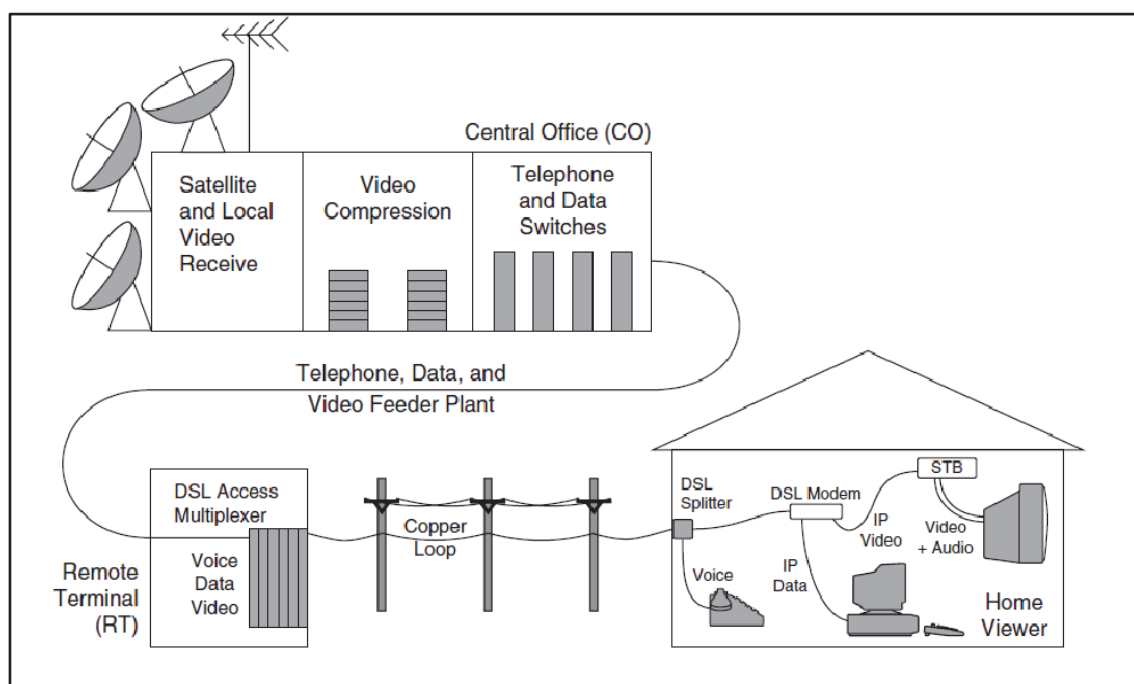


Figura 4 – Arquitetura xDSL (*Digital Subscriber Line*).

Fonte: Besim, B. e Mennan S. (2011)

Cada TR fornece depois conexões de cobre diretamente para cada cliente nessa área de serviço. Quando o serviço DSL é instalado, um DSLAM é também colocado no TR. A função deste equipamento é levar os sinais de vídeo e de dados a partir do alimentador selecionando cada um deles para cada cliente, de acordo com os serviços contratados.

No final da arquitetura da rede, cada assinante DSL dispõe de um *modem* que recebe os sinais a partir do DSLAM e convertendo-os de forma apropriada para outros dispositivos do cliente, tal como um computador, um router de dados, ou uma STB (*Set-Top-Box*) IPTV.

#### 2.5.2. Cabo Coaxial

O cabo coaxial funciona como os cabos de cobre de par trançado, sendo um cabo que conduz energia sob a forma de corrente elétrica. A diferença dos cabos de cobre de par trançado para o cabo coaxial situa-se fundamentalmente na simetria do cabo fazendo com que o campo eletromagnético fique totalmente confinado entre o conduto interno e a malha externa, resultando numa irradiação teoricamente nula. Na prática, o resultado notório reside na capacidade que o cabo coaxial tem para transportar os mesmos sinais que o cabo de par trançado de cobre, mas a distâncias muito maiores, ou, de forma

equivalente, podendo transportar sinais de frequência muito mais alta cobrindo as mesmas distâncias sem perdas significativas.

Os cabos coaxiais são utilizados para difundir várias aplicações, nomeadamente televisão, transmissão de telefone em grandes distâncias, sendo a tecnologia *Community Antenna Television* (CATV) a mais conhecida, inicialmente implementada para levar o sinal a regiões isoladas, mas que, devido às suas características foi muito bem aceite mesmo em áreas urbanas pois possibilita o transporte de dezenas de canais TV em distâncias até algumas dezenas de km.

#### 2.5.2.1. Redes CATV

As redes CATV foram aplicadas com o objetivo de distribuição de sinais de vídeo, no entanto, estas têm servido fundamentalmente para prestação de vários serviços de telecomunicações. As redes de cabo inicialmente eram do tipo *broadcast* (difusão), ou seja, as comunicações eram realizadas em apenas um sentido, o descendente, que na prática se traduzia pelo facto de todos os assinantes receberem o mesmo sinal (Coelho, 2009). Com a introdução dos serviços de dados, as redes passaram a receber comunicações nos dois sentidos e separadas por utilizador.

A estrutura de uma rede de distribuição por cabo coaxial é realizada em árvore, utilizando cabos coaxiais nas zonas de distribuição e fibra óptica nos troços mais compridos da rede. O seu sinal é composto na parte inicial da rede, local onde são recebidos os diversos dados a difundir na rede. Esse sinal é injetado nos cabos de fibra óptica até aos centros de distribuição, onde o sinal elétrico é passado para cabo coaxial. Normalmente cada cabo coaxial tem a capacidade de fornecimento de serviços de 500 a 2000 utilizadores. Este tipo de arquitetura é considerada híbrida, pela sua dupla utilização de tecnologias.

#### 2.5.3. Fibra Óptica

A fibra óptica é a mais recente tecnologia usada como meio de difusão de dados. As características que levam à escolha desta tecnologia prendem-se, desde logo, a reduzida dimensão dos cabos de fibra, o seu reduzido peso e espaço físico, em comparação com os tradicionais cabos metálicos, a capacidade desta resistir a fenómenos de campo magnético (corrosão) ao contrário dos cabos coaxiais e pares de cobre entrançados, e também pela

resistência a fenómenos meteorológicos ou pelo relevo do terreno e dimensão de edifícios como acontece com as comunicações por *wireless*.

Deste modo, e como já referimos, esta tecnologia é a mais recente aposta em infra-estrutura e modernização de redes de acesso por parte da maioria das empresas operadoras em Portugal. Neste conjunto a própria arquitetura de fornecimento dos seus serviços difere de operadora para operadora, não existindo um modelo de fornecimento transversal a todas, sendo, nesse sentido, importante analisar-se todas as arquiteturas utilizadas.

#### **Arquitetura física de redes fibra (FTTx):**

- Soluções baseadas apenas em fibra óptica – *Fiber to the Home* (FTTH), onde a fibra é disponibilizada desde a central até ao assinante;
- Soluções híbridas – *Fiber to the Curve* (FTTC), *Fiber to the Cabinet* (FTTCab), *Fiber to the Node* (FTTN), *Fiber to the Building* (FTTB), onde é utilizada a fibra óptica parcialmente na rede, e outra parte é constituída pelo próprio cabo coaxial ou, mesmo, o cabo de cobre entrançado;
- Soluções baseadas em *Fixed Wireless Access* (FWA).

#### **Redes FTTx**

Através de um processo de modernização e introdução de novas tecnologias, vários operadores de serviços apenas telefónicos foram-se atualizando e modificaram as suas redes passando a disponibilizar serviços triple play (vídeo, dados e voz). Este processo é bastante ambicioso e requer um forte investimento. Como tal, necessita de ser delineado um planeamento e estruturação dos objetivos propostos, passando pelas novas redes de acesso. Em Portugal, a aposta passa essencialmente por soluções FTTB e FTTH, não só pela preferência dos assinantes, mas também pelas próprias características que a tecnologia oferece.

Os novos acessos consistem em redes com larguras de banda com débito de *gigabytes*, uma largura de banda muito superior à existente rede bifilar de cobre. São redes digitais, que utilizam a tecnologia IP, que compreende uma vasta e complexa rede de infra-estruturas

necessárias para que os assinantes acessem aos serviços de telecomunicações com uma qualidade de serviço bastante satisfatória.

Contudo, verifica-se que nem sempre é fácil definir a delimitação ou aplicação da rede de acesso, já que depende de diversos fatores como, por exemplo, a limitação geográfica e também a relação investimento vs retorno deste tipo de tecnologias. Nesse sentido, importa perceber o que são as redes de acesso e quais as suas características, arquiteturas e tecnologia usada nas redes.

#### 2.5.3.1. Fiber to the Home

Este tipo de arquitetura identificado na figura 5 é constituído por fibra óptica em toda a rede de acesso, ou seja, desde a central de distribuição até ao equipamento colocado em casa do cliente. Neste cenário, a rede física é composta apenas por cabos de fibra óptica não fazendo qualquer composição com outro tipo de infra-estrutura.

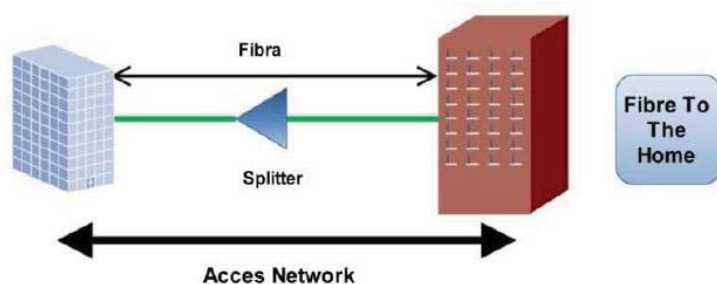


Figura 5 – Arquitetura FTTH.

Fonte: Coelho (2009)

#### 2.5.3.2. Fiber to the Curb

A arquitetura utilizada nesta rede descreve a utilização da fibra óptica desde a central até um armário que abrange uma área de cerca de 300 m de raio, ligando depois através de um cabo coaxial ou par de cobre entrançado. Este tipo de arquitetura está mais vocacionado para servir pequenos aglomerados com baixa densidade populacional.

#### 2.5.3.3. Fiber to the Building

Esta modalidade de arquitetura identificado na figura 6 faz referência à ligação de fibra óptica desde a central até à entrada dos edifícios quer eles sejam residenciais ou empresariais. Esta ligação entre o armário situado à entrada é seguidamente assegurado por meio de pares de cobre, cabo coaxial ou FWA.

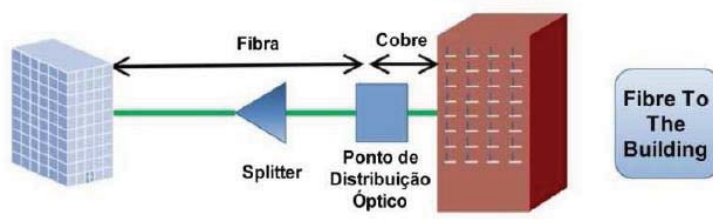


Figura 6 – Arquitetura FTTB.

Fonte: Coelho (2009)

#### 2.5.3.4. Fiber to the Node/Fiber to the Cabinet

Este tipo de arquitetura (Fig. 7) é constituído por cabos ópticos desde a central até ao armário de distribuição servindo áreas relativamente reduzidas, com cerca de 1500 m de raio. Este tipo de arquitetura é direccionada para áreas com uma densidade populacional de algumas centenas de utilizadores, como o exemplo de um bairro. A ligação a partir do armário até ao assinante é suportada por cabos coaxiais ou pelo tradicional cabo de cobre.

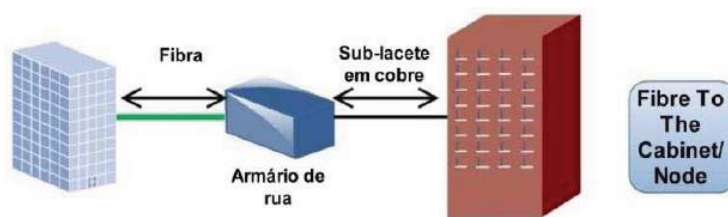


Figura 7 – Arquitetura FTTN/FTTCab.

Fonte: Coelho (2009)

Quando se define a arquitetura utilizada nas redes de fibra óptica verifica-se que as mesmas se agrupam em dois conjuntos distintos, podendo estas ser ponto-a-ponto (P2P) ou ponto-a-multiponto (PMP).

Numa arquitetura P2P, o número de fibras que sai da central é igual ao número de clientes pretendido, havendo desta forma uma fibra exclusiva para cada cliente. No caso de a arquitetura ser do tipo PMP a fibra sai da central e é posteriormente multiplexada ou dividida ao ser encaminhada para cada cliente.

## 2.6. Tecnologia Usada nas Redes de Fibra Óptica (AON/PON)

No que concerne à arquitetura, as redes podem ser ainda divididas em ativas (AON – *Active Optical Network*) e passivas (PON – *Passive Optical Network*), dependendo dos equipamentos utilizados como elementos na rede. Nas arquiteturas FTTB e FTTH a fibra óptica sai da central e é depois partilhada por vários utilizadores. Essa fibra é na prática dividida em várias fibras dedicadas para cada assinante.

As redes ativas (AON) necessitam de equipamentos na rede com alimentação elétrica para distribuir o sinal, utilizando *switches*, *routers* ou *multiplexers*, sendo que cada sinal é enviado exclusivamente para cada assinante.

As redes passivas (PON) utilizam *splitters* ópticos passivos para que uma única fibra proveniente da central seja dividida e sirva vários assinantes, tendo esta capacidade para cerca de 32 até 64 clientes.

### 2.6.1. Rede Ativa

#### 2.6.1.1. Home Run Fiber – P2P

A arquitetura *Home Run Fiber* (Fig. 8) usa o protocolo *Ethernet*, sendo considerada P2P, visto que um cabo óptico da *Optical Line Terminal* (OLT) que se encontra na central, liga a um *Optical Network Terminal* (ONT) situado na casa do cliente, sendo estes considerados equipamentos ativos pois necessitam de energia elétrica para funcionarem. Neste caso, os assinantes podem estar a uma distância máxima de 80 km da central, mas não deixam de poder usufruir de uma fibra dedicada garantindo assim uma largura de banda exclusiva.

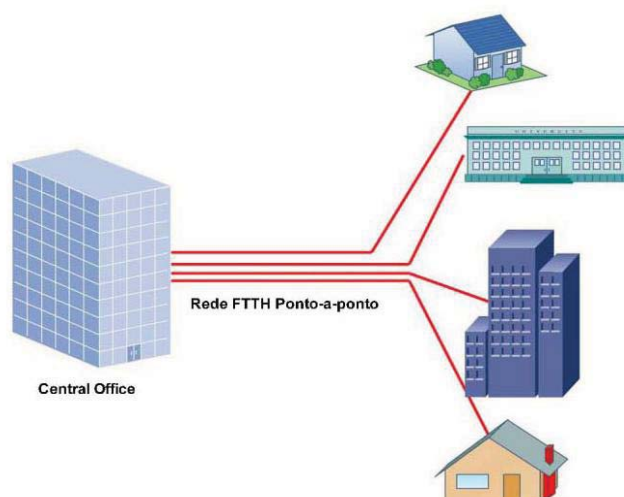


Figura 8 – Arquitetura *Home Run Fiber – P2P*.

Fonte: Coelho (2009)

#### 2.6.1.2. Active Ethernet

Esta arquitetura ponto-a-multiponto, também designada por *Ethernet Switched Optical* (ESON, Fig. 9) consiste numa arquitetura onde existe uma partilha da fibra óptica por vários assinantes. Neste tipo de arquitetura, tal como na arquitetura P2P os assinantes podem estar afastados da central até 80 km. Em comparação com a P2P, esta arquitetura apresenta menor desempenho, já que a fibra é partilhada por múltiplos utilizadores, no entanto, a mesma oferece em contrapartida uma maior dinâmica e flexibilidade na expansão de redes.

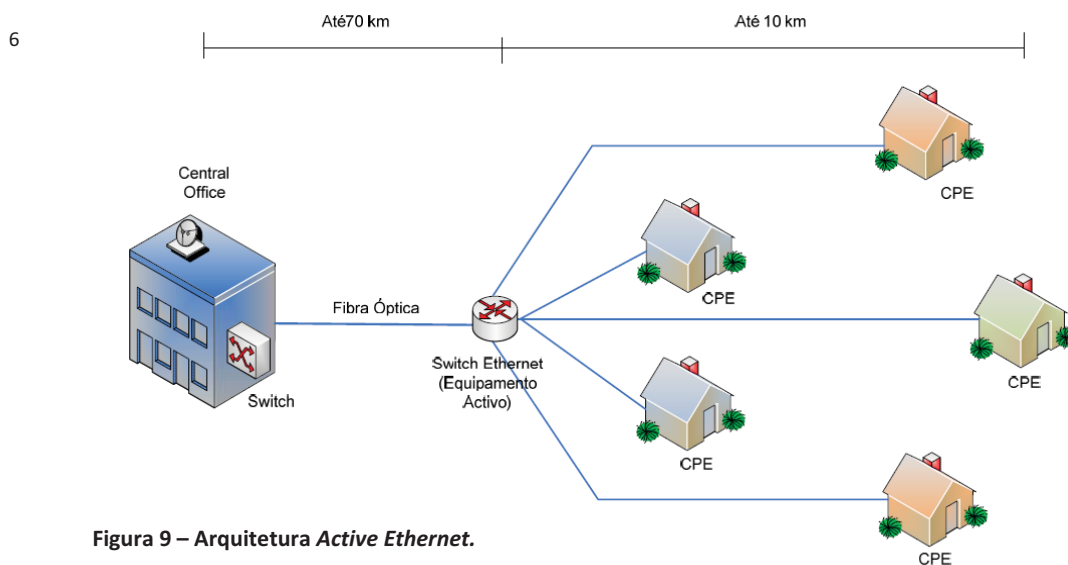


Figura 9 – Arquitetura *Active Ethernet*.

Fonte: Almeida (2009)

<sup>6</sup> Um dispositivo CPE é um equipamento de telecomunicações localizado na casa ou empresa do cliente.

## 2.6.2. Rede Passiva

### 2.6.2.1. Passive Optical Network – PON

A tecnologia PON (Fig. 10) utiliza uma arquitetura PMP que é também partilhada por múltiplos assinantes. Neste tipo de tecnologia são utilizados *splitters* ópticos passivos para dividir a largura de banda de uma única fibra para um máximo de 64 utilizadores, podendo ser utilizada a uma distância máxima de 20 km.

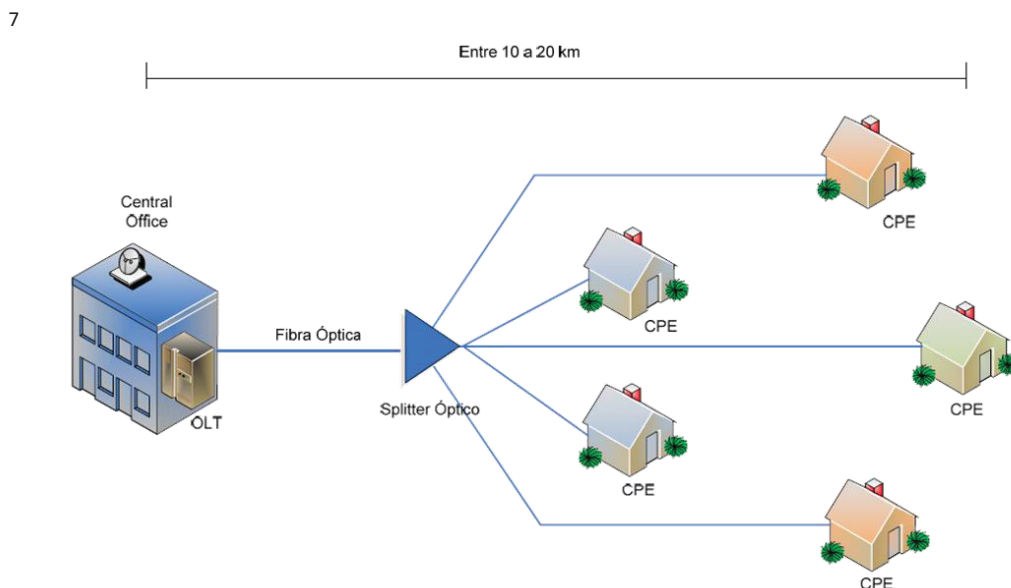


Figura 10 – Rede Passiva do tipo PON.

Fonte: Almeida (2009)

### 2.6.2.2. GigabytePON – GPON

A GPON é uma evolução da *BroadbandPON* (BPON) aumentando a largura de banda, através do uso de pacotes maiores e de tamanho variável fornecendo, desta forma, taxas elevadas de velocidade. A GPON fornece serviços como IPTV ou CATV. O IPTV é um serviço de vídeo baseado em *multicast* IP, e no caso do CATV, corresponde a sinais analógicos dos tradicionais canais de TV transmitidos através de cabos.

<sup>7</sup> OLT é um dispositivo que serve como a extremidade do provedor de serviços de uma rede óptica passiva.



### 2.6.2.3. EthernetPON – EPON

As redes EPON (Fig. 11) usam o cabo óptico como meio de transporte, tendo como característica uma arquitetura PMP que suporta velocidades até 1Gbps e permite um alcance de 20 km, assentes em protocolos *Ethernet* e IP. Os equipamentos usados como elementos da rede são OLT, cabos ópticos, *splitters* e ainda *Optical Network Unit* (ONU). O OLT encontra-se na central, o ONU situa-se na maior parte dos casos instalado nas residências dos assinantes, ou então, pode estar instalado perto de uma sala técnica comum num edifício ou, ainda, num armário de rua. A rede entre o OLT e o *splitter* é partilhada, enquanto a rede que liga o *splitter* até à ONU é dedicada a cada cliente. Neste caso, os clientes, podem estar a uma distância máxima de 10 km.

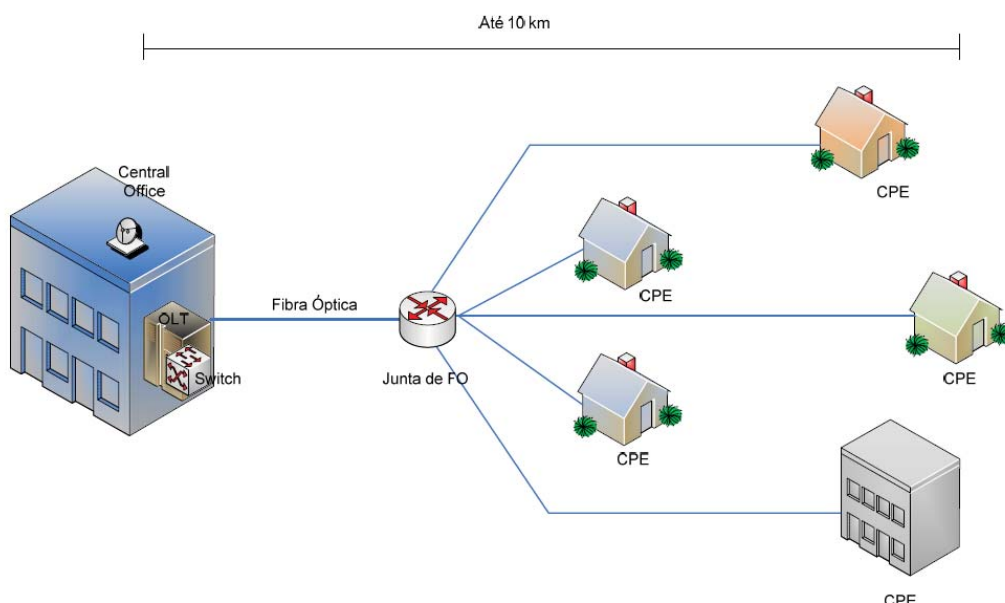


Figura 11 – Rede Passiva do tipo EPON.

Fonte: Almeida (2009)

A tecnologia utilizada atualmente no território nacional por parte das várias operadoras de serviços de telecomunicações, tal como já referimos, difere de umas para as outras. A PT Comunicações ainda é a detentora da maioria das infra-estruturas de telecomunicações instaladas, devido à grande rede de cobre que percorre todo o território nacional. Outras operadoras têm vindo a alargar e instalar as suas próprias redes ao longo dos últimos anos ou então alugando recursos à PT.

No quadro I estão representadas as principais operadoras de telecomunicações e a tecnologia predominante na respectiva arquitetura de redes de prestação de serviços.

**Quadro I – Principais operadoras com infra-estruturas de acesso próprias**

Operadores de Telecomunicações	Tecnologias utilizadas
PT Comunicações	Pares de cobre entrançados / fibra óptica
ZON Multimédia	Cabo coaxial / fibra óptica / DHT
Outros operadores de distribuição por cabo	Cabo Coaxial / fibra óptica
COLT	Fibra óptica
AR Telecom	Acesso fixo via rádio (FWA)
Optimus / TMN / Vodafone / Radiomóvel	3G (UMTS) / CMDA

Fonte: ANACOM (2008)

## 2.7. Elementos da Rede de Fibra Óptica

Os elementos constituintes de uma rede de telecomunicações são vários, e compõem parte do património de cada operadora. Nesse sentido, o cadastro destes elementos constituintes significa uma parte muito importante considerando o cadastro das infra-estruturas como alicerce de toda a funcionalidade da rede. Sem o conhecimento dos equipamentos da rede, da sua localização espacial e da sua arquitetura, e tendo em consideração a complexidade e dimensão da rede, a inexistência de um modelo de cadastro tornaria impossível o funcionamento e a própria subsistência de qualquer operadora de serviços de telecomunicações.

Atualmente, as operadoras necessitam com urgência, de promover o desenvolvimento de modelos eficazes e fiáveis para o cadastro dos elementos de rede e da própria gestão do seu funcionamento, tendo em consideração a capacidade de informação que é possível associar ao cadastro das redes e a possibilidade de potenciar essa informação para planear e expandir as próprias redes e, até, introduzir informação nas estratégias de *geomarkting* para otimizar a capitalização de investimento. Os elementos da rede podem assumir os mais variados atributos, dependendo da forma como, posteriormente, se pretende utilizar essa informação.

Neste sentido, indo ao encontro de um dos objetivos propostos inicialmente na dissertação, pretende-se que os elementos da rede que configura um sistema que procuramos modelar com base num ensaio metodológico que designamos por NTELgis, contenham o máximo de informação possível de acordo com o pretendido, de modo a utilizar essa informação como estratégia de crescimento de mercado, assunto que em fase mais adiantada do trabalho será desenvolvido.

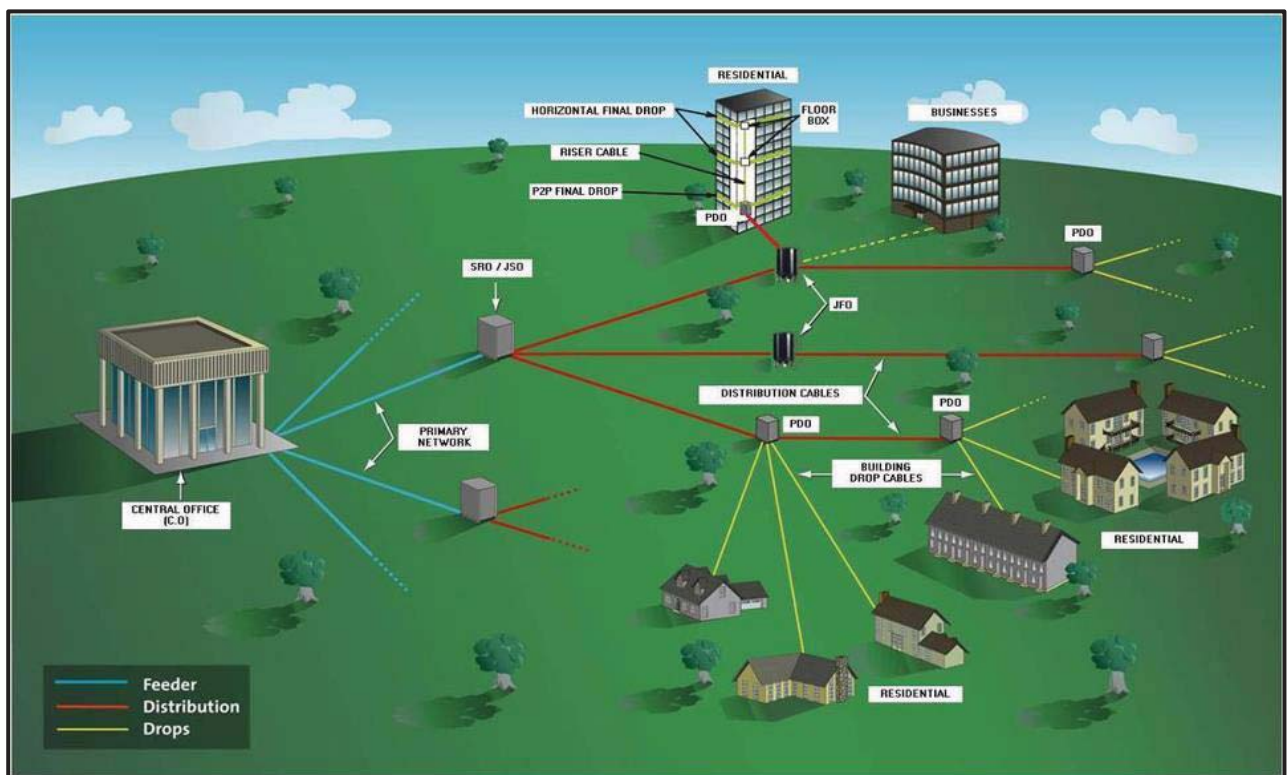
Numa rede de telecomunicações fibra podem ser encontrados os seguintes elementos:

- **Feeder Network (Rede Primária):** rede de cabos constituídos por 288 fibras ópticas que ligam a *Central Office* ao armário de rua ou às juntas;
  - **Central Office (C.O.):** é a central local onde se encontram os OLTs (*Optical Line Termination*) e os ODFs (*Optical Distribution Frame*). É aqui que se encontra o primeiro andar de *splitting*;
  - **Sub-Repartidor Óptico (SRO):** armários de rua onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*;
  - **Junta de *Splitting* Óptico (JSO):** juntas de ligação onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*, numa outra configuração possível (não usando armários de rua);
- **Distribution Network (Rede de Distribuição):** rede de cabos de fibra óptica que interligam os SRO/JSO aos Pontos de Distribuição Óptica;
  - **Ponto de Distribuição Óptica (PDO):** são os armários onde são colocados os *splitters* do terceiro andar de *splitting*, quando este é necessário.
- **Drop Network (Rede de Cliente):** constituída por cabos de fibra óptica que ligam o PDO às residências dos clientes. Estes cabos podem ser individuais (constituídos por uma fibra para cada assinante) ou múltiplos transportando os cabos pela coluna montante do edifício, e de onde vão ser extraídas as fibras de cada assinante.

Em jeito de síntese, a observação da figura 12 permite compreender o funcionamento físico (arquitetura de rede, elementos e conexões-tipo) bem como o respectivo suporte lógico de

uma rede de fibra óptica em FTTH com, exemplo, a rede de primária (*Feeder*), a rede de distribuição (*Distribution*) e a rede de Cliente.

As operadoras prestadoras deste tipo de serviços de telecomunicações identificam como essencial, apenas o cadastro da rede primária e da rede de distribuição devido à sua interação com o fornecimento de sinal informativo até à infra-estrutura com destaque na rede, ou seja, o PDO. A rede de cliente não é relevante no sistema de cadastro, pois esta rede está em constante alteração, devido aos novos assinantes que aderem a um serviço, e aqueles que deixam de ser clientes. Nesse sentido, as informações relativas a cada cliente ficam alojadas nos PDO que efetuam o serviço à sua morada.



**Figura 12 – Arquitetura de uma rede de fibra óptica FTTH e as suas infra-estruturas técnicas.**

Fonte: <http://www.cables-and-networks.com> (acedido em 17 de Agosto 2013)

## **Capítulo III**

---

### **O Modelo NTELgis Aplicado à Rede de Fibra Óptica**

### 3.1. O modelo NTELgis – Componente técnica e operacional

A área de estudo escolhida para palco do ensaio metodológico que se apresenta, como já referimos, localiza-se na zona da Solum, constituindo uma pequena mancha da malha urbana da cidade em torno do Estádio Cidade de Coimbra. A aplicação do modelo NTELgis em rede de fibra óptica foi efetuada sempre a uma escala inferior a 1:10 000, variando de acordo com o nível de detalhe com que se pretendia cadastrar a rede.

O modelo NTELgis foi desenvolvido em duas fases envolvendo diversas etapas sequenciais e articuladas nas quais destacamos:

#### 1ª Fase – Arquitetura e planeamento do modelo de dados

- Inventariação dos atributos para identificação e caracterização dos elementos (objetos) da rede;
- Implementação de ligações entre objetos com base em regras de conectividade para testar o funcionamento da rede;
- Construção da base de dados de suporte à rede NTELgis.

#### 2ª Fase – Configuração da *geodatabase* e disponibilização de dados

- Configuração da rede NTELgis (escolha e atribuição de simbologia apropriada);
- Simulação topológica - teste interativos de conectividade;
- Localização de áreas-tipo com/sem cobertura de serviço "*system queries*".

Este sistema de redes de telecomunicações NTELgis permite planear e gerir o cadastro nesta área piloto. Com este sistema é possível ter acesso a funcionalidades, tais como, a edição do próprio cadastro mediante as regras de arquitetura base, o controlo de avarias e ruturas de sinal programado ou não programado, visualização da informação (alfanumérica e imagem) relativa às infra-estruturas da rede, execução de conectividade, definição de áreas de cobertura de serviço, entre outras funcionalidades.

O modelo NTELgis e as respetivas infra-estruturas, foram criadas e definidas segundo uma simbologia definida com base em critérios de autor, mas sempre com a finalidade de tornar expedita e simples a leitura e a identificação das infra-estruturas (Fig.13):

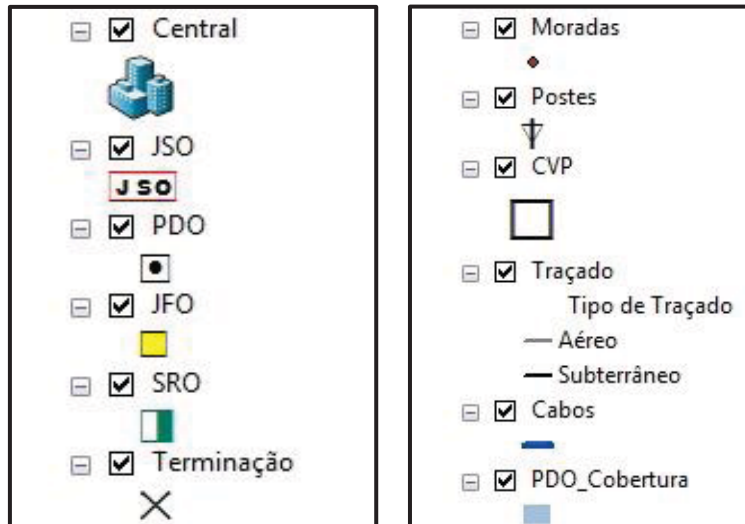


Figura 13 – Simbologia ilustrativa das *feature classes* que integram o modelo NTElgis.

A simbologia apresentada na figura 13 refere todas as *feature classes* que compõe a rede no modelo NTElgis. Nesse sentido, definimos a simbologia para identificarmos as infra-estruturas técnicas que suportam a transmissão de sinal informativo que topologicamente funcionam como nós, e outras infra-estruturas que topologicamente funcionam como arestas, e que representam os arcos através dos quais se processa o fluxo de sinal – informação ao longo da rede. A *feature class* Moradas, permite identificar todos os endereços identificadas na área de estudo a fim de revelar uma análise do ponto de vista da cobertura de sinal, e por sua vez, a *feature class* PDO\_Cobertura resulta de uma análise já definida de acordo essa cobertura.

#### Caracterização das infra-estruturas de rede no modelo NTElgis:

- Caixa de Visita Permanente (CVP): Localizam-se ao longo da rede, instaladas subterraneamente, permitindo facilidade de acesso físico à rede, quando solicitado pelas equipas técnicas;
- Terminação: Localizam-se no final de cada troço de rede, sinalizando o término da mesma. Estas podem estar localizadas em CVP, na parede dos edifícios ou nos Postes;

- Junta de Fibra Óptica (JFO): Juntas de ligação, sem *splitters*. Estão situadas na rede de distribuição e permitem ligar os cabos provenientes do SRO/JSO a cabos com menor número de fibras, através de emendas;
- Central: Local onde se encontram os OLTs e os ODFs. É aqui que se encontra o primeiro andar de *splitting*;
- SRO: Armários de rua onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*;
- PDO: São os armários onde são colocados os *splitters* do terceiro andar de *splitting*, difundindo sinal até casa do cliente através de *drop cables*, quando necessário;
- Postes: Infra-estrutura auxiliar de transporte de cabos e condutas ao longo de toda a rede;
- JSO (Junta de *Splitting* Óptico): Juntas de ligação onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*, numa outra configuração possível (não usando armários de rua);
- Condutas: Sistema que suporta toda a condução e transporte de cabos (fibra ou par de cobre entrançado), dependendo do tipo da sua instalação aérea ou subterrânea;
- Cabos: Sistema de transmissão de sinal digital ou analógico suportado através de cabos de fibra óptica ou par de cobre entrançado.

### 3.2. Codificação dos objetos de rede no modelo NTELgis

A definição de um código consiste num conjunto de palavras ou símbolos escritos de forma ordenada ou arbitrária, contendo instruções em cada um dos caracteres de forma a transmitir uma linguagem, podendo desta forma conter vários tipos de informação facilitando a sua interpretação.

Na caracterização das infra-estruturas associadas à rede no modelo NTELgis é importante procedermos à sua diferenciação através da atribuição de um código, com o objetivo de permitir a sua identificação individualizada. O código (neste caso definido arbitrariamente) teve por base a identificação lógica de vários indicadores, tais como a infra-estrutura a que se refere, a localização espacial desta, a sua posição na rede etc. A figura 14 e o quadro II oferecem uma síntese exemplificativa das tarefas associadas a este processo de codificação de objetos seguida no modelo NTELgis.



Nomenclatura exemplificativa da codificação NTElgis:

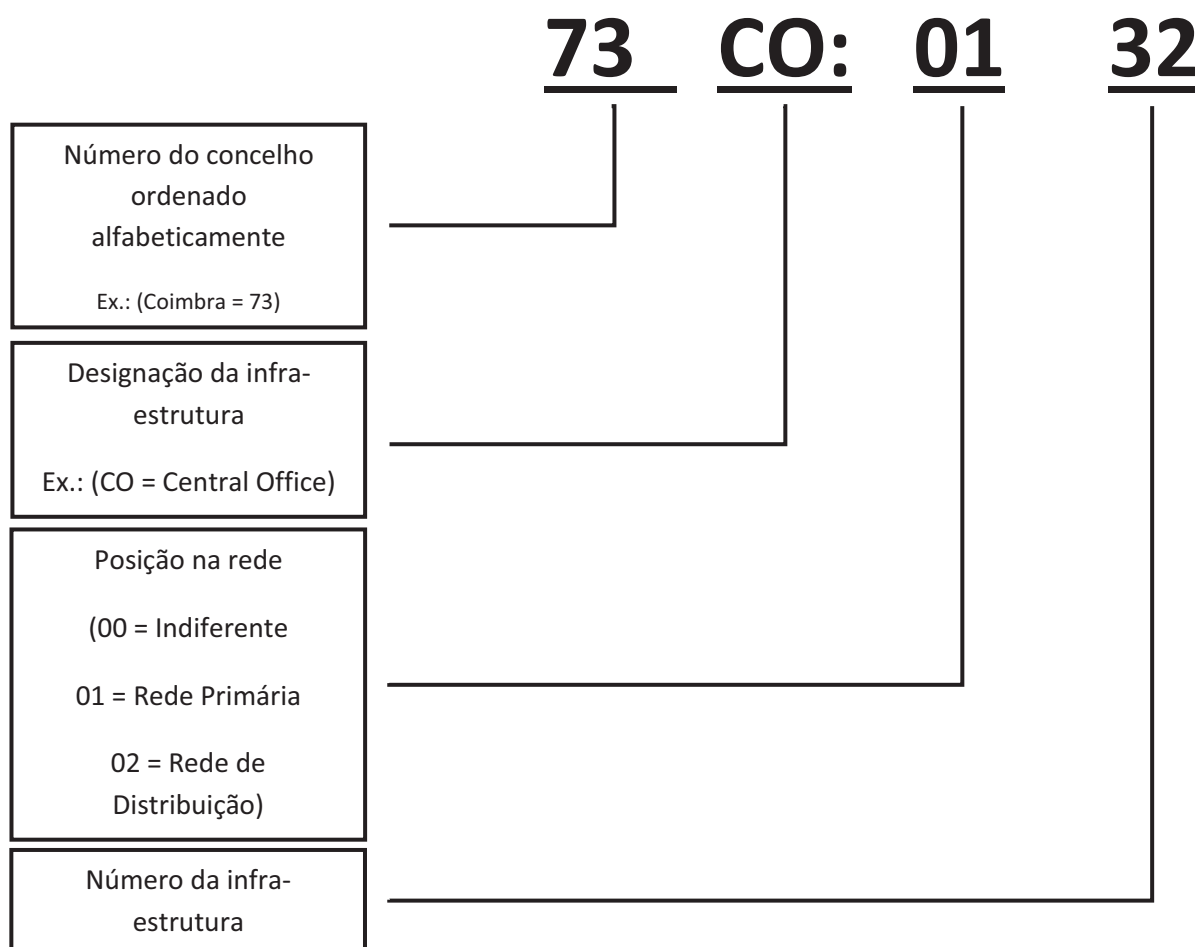


Figura 14 – Nomenclatura de codificação utilizada no modelo NTElgis.

Quadro II – Exemplos de codificação de cada Infra-estrutura NTElgis

Infra-estrutura	Exemplo Codificação
Cabos (Fibra)	73 <b>FO: 00</b> 132
Central	73 <b>CO: 01</b> 132
Condutas (Aérea)	73 <b>AR: 00</b> 132
Condutas (Subterrânea)	73 <b>ST: 00</b> 132
CVP	73 <b>CVP: 00</b> 132
JSO	73 <b>JSO: 01</b> 132
PDO	73 <b>PDO: 02</b> 132
Postes	73 <b>POLE: 00</b> 132
SRO	73 <b>SRO: 01</b> 132
Terminação	73 <b>TX: 02</b> 132

### 3.3. O modelo NTELgis – Componente de modelação e análise SIG

Com o objetivo de desenvolver um sistema de cadastro e gestão de redes de telecomunicações com base no modelo NTELgis, utilizamos um SIG-*software* proprietário, designadamente o ArcGIS 10.1 (ESRI). Este tipo de ferramenta permite atribuir características específicas aos objetos da rede e definir relações e comportamentos entre si, incluindo propriedades hierárquicas da arquitetura da rede e regras de conectividade. Este conjunto de dados foi estruturado, como já se mencionou, numa estrutura do tipo *geodatabase*, e foi a partir desta estrutura que se iniciou a construção do modelo.

Para atingirmos os objetivos propostos inicialmente com a construção deste exercício de modelação espacial, utilizámos algumas funcionalidades consideradas fundamentais, disponibilizadas pelo *software* ArcGIS 10.1, que nos permitiram organizar a informação de uma forma coerente. De entre as funcionalidades referidas destacamos as que nos orientaram na construção das subcategorias de agrupamento de dados e na utilização de funções/algoritmos para implementação das tarefas de análise de rede, tal como se ilustra na figura 15.

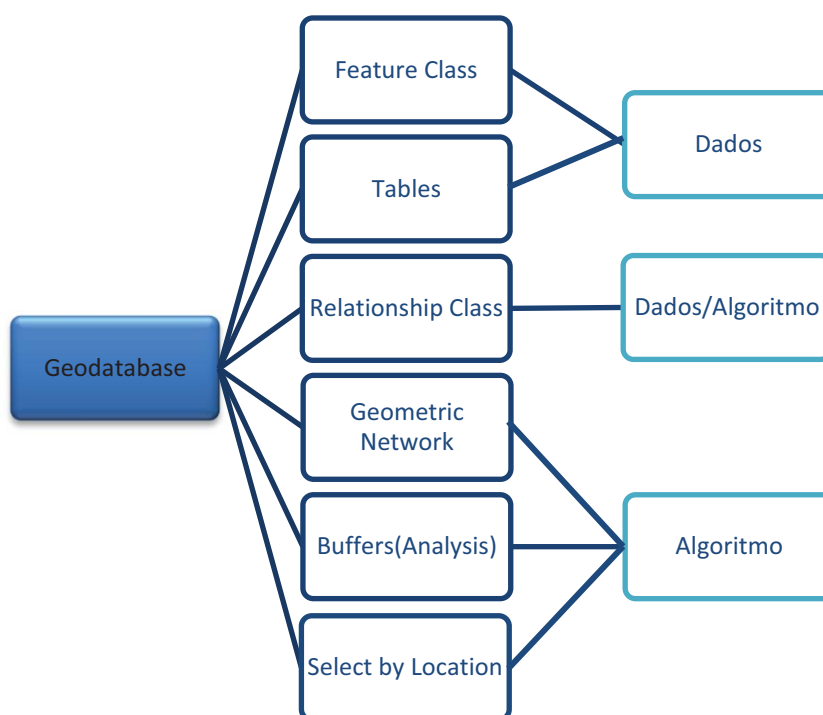


Figura 15 – Fluxograma de ferramentas associadas à *geodatabase* que serviu de base ao modelo NTELgis.

### 3.3.1. *Feature Class*

As *feature classes* são conjuntos homogêneos de características comuns, cada uma com a mesma representação espacial podendo estas, as mais utilizadas, serem definidas como pontos, linhas ou polígonos. O modelo NTElgis foi construído segundo uma arquitetura que obedece a regras de topologia como, aliás, temos vindo a sublinhar, com meio não partilhado em árvore, tendo sido utilizadas *feature classes* do tipo pontos, linhas e anotações (Pires, 2010).

- **Pontos (*Point*):** têm a forma zero-dimensional que representa geograficamente locais demasiados reduzidos para serem representados como linhas ou polígonos.
- **Linhas (*Line*):** são formatos unidimensionais que representam geograficamente áreas estreitas demais para serem descritas como áreas. As linhas também são usadas para representar as características que têm comprimento, mas nenhuma área, tais como linhas de contorno e limites.
- **Anotações (*Annotation*):** são rótulos descritivos em forma de texto que estão associados a uma determinada características a exibir.

### 3.3.2. *Geometric Network*

A rede geométrica (*Geometric Network*) é uma ferramenta comum utilizada em SIG para modelar uma série de representações interligadas. Reúne um conjunto de características que compreendem um sistema de ligação entre arestas e junções, no qual uma aresta é composta por duas junções e uma junção pode ser ligada a qualquer número de arestas, dependendo da cardinalidade existente.

As redes geométricas permitem modelar as redes e infra-estruturas comuns utilizadas no mundo real, e analisar características que compreendem a sua conectividade/desconectividade e estruturação de fluxo.

As redes geométricas são utilizadas, fundamentalmente, em contextos em que o fluxo de rede é unidirecional, mas permitem também a modelação de processos com fluxos de retorno, ou seja, bidirecional, casos bem mais complexos e que requerem outros procedimentos para a modelação. Em todo o caso, uma rede geométrica só se torna

funcional se não contiver erros de topologia. De outro modo não é possível prosseguir com as tarefas de modelação uma vez que o funcionamento lógico da rede não é reconhecido pelo sistema. O controlo sistemático e continuado dos erros de topologia e sua correção foi, digamos, uma das tarefas nucleares em todo o processo de implementação e ajuste do modelo.

### 3.3.3. **Tables**

As tabelas representam um dos três principais tipos de conjuntos de dados em SIG, em conjunto com as *feature classes* e *image datasets (raster datasets)*. Estas tabelas são uma ferramenta utilizada para armazenar atributos descritivos relativos a cada objeto, no caso de este estar espacialmente representado, ou então, como tabelas “tipo” quando não têm representação espacial.

### 3.3.4. **Relationship Class**

Os SIG integram informações sobre vários tipos de entidades geográficas e não geográficas que, em muitos casos podem estar relacionados. O ArcGIS oferece várias soluções para se proceder à associação de *feature classes* e registos uns com os outros numa *geodatabase*, por exemplo, através das *relationship class*.

As *relationship classes* definidas a partir de uma *geodatabase* permitem gerir associações entre objetos de uma determinada *feature class* ou tabela e objetos de uma outra *feature class* ou também tabela. Estes objetos em cada extremidade da *relationship class* podem ter características de representação espacial ou apenas registos inseridos numa tabela.

### 3.3.5. **Buffer (Proximity Analysis)**

Os *buffer (analysis)* são uma ferramenta de análise SIG que permite gerar áreas envolventes em torno de um objeto ou classe de objetos pretendidos na análise, assinalando espacialmente essas áreas, definindo um raio de distância entre o objeto de análise e o seu limite estabelecido. A forma do perímetro delimitado pelo *buffer* vai depender das primitivas geográficas (pontos, linhas ou polígonos) associadas à *feature class* com que estamos a operar.

### 3.3.6. *Select by location*

A ferramenta *select by location* é uma componente de análise SIG que permite selecionar as *feature classes* com base numa relação espacial definida pelo utilizador em relação a uma outra *feature*, podendo esta análise adquirir várias formas com base nos métodos de seleção/inquirição.

## **Capítulo IV**

---

### **Implementação do modelo NTELgis**

#### 4.1. Modelação NTELgis

A criação do modelo de cadastro e gestão NTELgis, teve por base a utilização das tarefas de geoprocessamento de dados disponibilizadas pela aplicação ArcGIS 10.1 (ESRI), partindo-se, como se disse, da construção de uma *geodatabase* denominada de “ProjetoNTELgis”, sendo este o ponto de partida para a construção de todas as infra-estruturas inerentes à rede, através de uma *feature dataset* georreferenciada.

##### 4.1.1. Construção de uma *feature dataset* e definição das *feature classes*

Com recurso ao ArcCatalog, na *geodatabase* ProjetoNTELgis, criámos uma *feature dataset* que designamos por “Ntelecom”. O sistema de coordenadas utilizado foi o *World Geodetic System 1984* (WGS 1984) com a projeção *Web Mercator Auxiliary Sphere*. Depois de criada a *feature dataset*, definimos cada uma das infra-estruturas que foi cadastrada através de *feature classes*, fazendo corresponder cada categoria de objetos (infra-estruturas) a uma *feature class*. Cada *feature class* foi criada de acordo com a geometria dos objetos representativos da classe, tendo sido utilizadas, *feature classes* do tipo *line*, *point*, e *annotation*. Após a criação de todas as *feature classes* correspondentes a cada infra-estrutura da rede, definimos os atributos que cada *feature class* iria obter para que a rede pudesse alojar informação específica sobre cada uma das infra-estruturas, incluindo ID, dados técnicos na qualidade de atributos, metadados e outros dados atributivos que conferem e informam sobre a entidade dos objetos representados.

##### 4.1.2. Definição de atributos

Após a criação da *feature dataset* e das diversas *feature classes* utilizadas no funcionamento da rede (no processo de modelação NTELgis), definimos os atributos que cada uma iria possuir. Desta forma criámos vários campos de preenchimento, onde foram colocadas informações de elevada importância acerca de cada infra-estrutura. Essas informações técnicas e informativas servem como complemento informativo e de integração no próprio *software*, e que permite efetuar inquirições várias ao sistema, por exemplo através de “SQL queries” ou de ferramentas simples como “find” e “identify”. É possível ainda ativar a

ferramenta das janelas *pop-up* de modo a que a função “*mouse over*” ou “*mouse over click*” permitam apresentar informação específica sobre qualquer elemento da rede.

No processo de cadastro de infra-estruturas, verificamos uma vez mais que era bastante importante automatizar processos que se tornariam repetitivos. Nesse sentido, a ferramenta de criação de “*domains*” para cada *feature class* permitiu-nos criar campos de preenchimento com “*drop-down lists*” previamente definidas. Este recurso permite economizar tempo, recorrendo menos ao uso do teclado e inserção escrita, facilitada por *drop-down lists* já preenchidas uniformemente.

#### 4.1.3. Ativação do *editor tracking*

Neste processo de cadastro tornou-se essencial também automatizar outro processo relativo ao preenchimento de atributos em cada infra-estrutura, tais como a identificação do utilizador que está a trabalhar no modelo e data/hora UTC em que está a criar ou a modificar a rede, muito ao jeito da arquitetura que leva a definir a metainformação<sup>8</sup> associada. Nesse sentido, para cada uma das *feature classes* ativamos o “*editor tracking*”, permitindo desta forma preencher atributos como o utilizador que criou a e a respetiva data/hora, como também o último utilizador que a editou e também a data/hora de modificação.

#### 4.1.4. Definição de simbologia

Após a criação de cada *feature dataset* com o objetivo de participar na rede, definimos a sua representação visual, para que a sua identificação seja facilitada (Fig. 13, pág. 51). Esta definição permite uma interatividade visual intuitiva devido à sua relação entre simbologia e infra-estrutura, permitindo depois facultar toda a informação e disponibilizá-la em plataformas de acesso visual de dados, sejam elas de natureza SIG ou WebSIG.

---

<sup>8</sup> Deve, todavia, dizer-se, que não tendo sido objetiva e profusamente contemplada, a informação sobre metadados, que obedece a normas nacionais e europeias deverá ser objeto de maior atenção numa fase de implementação do modelo NTELgis que, mais tarde, se venha, a aplicar a situações concretas.



#### 4.1.5. Definição de escala de visualização

A definição da escala de trabalho no cadastro da rede NTELgis teve como objetivo o rigor de cadastro, a pormenorização e a não sobrecarga de informação visual. No processo de cadastro de infra-estruturas, todas as *features* foram criadas à escala 1:1000, pelo rigor e pormenor que lhe era exigido. Num processo diferente do de criação, ou seja, o de disponibilização da informação, definimos diferentes escalas de visualização. As infra-estruturas que revelam maior importância (Tipo de cabos, JFO, JSO, Central, SRO e Terminações) estão disponíveis a qualquer escala de análise; já para as infra-estruturas (Conduitas, CVP, Postes e PDO) optámos criar um filtro que permita a sua visualização apenas para escalas inferiores a 1:5000. Numa outra análise, ainda mais pormenorizada, foram criadas anotações a uma escala 1:1000 no *layout* de trabalho com a codificação relativa às infra-estruturas de maior relevância (SRO, JSO e Terminação), devido à sua afetação na rede, pois a partir desta se realiza a “splitagem” de cabos, onde surge a maioria das intervenções técnicas, e onde pode ainda surgir uma continuidade futura da rede, em caso de necessidade de expansão.

Esta diferenciação de escalas de visualização deve-se ao facto de tornar a leitura do *layout* de trabalho o menos confusa possível, dada a densidade de infra-estruturas compostas da rede, disponibilizando, desta forma, a sua visualização consoante o pormenor de trabalho que pretendemos realizar a análise.

#### 4.1.6. Definição da conectividade

O processo de definição de conectividade da rede foi executado com o recurso à ferramenta “*Geometric Network*”. Definimos inicialmente o nome “Ntelecom\_Net” para a *geometric network* criada e determinámos as *feature classes* participativas, em que estas revelem afetação do ponto de vista técnico de transmissão de sinal informativo tais como (Central, SRO, Terminação, PDO, JSO, JFO e Cabos) de modo a definir a topologia utilizada. Este processo adiciona ao *layout* de trabalho uma nova rede geométrica de todas as infra-estruturas que determinámos como participativas. As restantes *feature classes* que não foram introduzidas na rede, deve-se ao facto de não participarem na transmissão de sinal, e como tal, apesar de fundamental como suporte físico de transporte ou alojamento da rede, do ponto de vista de suporte técnico, não têm qualquer intervenção.

Para analisarmos a conectividade da rede ativamos a ferramenta “*Utility Network Analyst*” (Fig. 16) que nos adiciona ao *layout* de trabalho uma barra com ferramentas de análise. Estas vão permitir definir a origem de transmissão de sinal informativo, colocar barreiras do tipo (*junction* e *edge barriers*) de modo a obtermos resultados quer pela confirmação de que foi gerada corretamente a conectividade da rede, quer pela sua constatação de que a existirem erros de topologia o funcionamento lógico da rede ficaria comprometido e teria de ser resolvido. Assim se verificou, já que foram vários os cenários de erro com que nos confrontámos, cenários que tiveram de ser corrigidos definindo corretamente as políticas de conectividade na rede, e configurando corretamente os atributos utilizados.

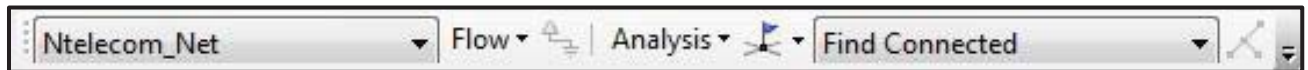


Figura 16 – *Utility Network Analyst*.

#### 4.2. O processo de Cadastro no Modelo NTElgis

O cadastro da rede no modelo NTElgis não obedeceu a qualquer tipo de procedimento habitual utilizado por qualquer das operadoras existentes no mercado nacional, foi, antes, utilizado um processo com critérios da nossa autoria. Nesse sentido, a rede foi criada em sobreposição ao *basemap BingMapsAerial* de forma a seguir o traçado urbano da cidade.

A figura 17 ilustra o tipo de cadastro e a arquitetura utilizada na modelação espacial da rede de fibra óptica NTElgis os quias foram concebidos e implementados de acordo com uma lógica dual baseada nos seguintes critérios:

- I. Arquitetura em fibra óptica até casa do cliente (FTTH);
- II. Suporte de rede passiva (GPON) na área definida como área de estudo.

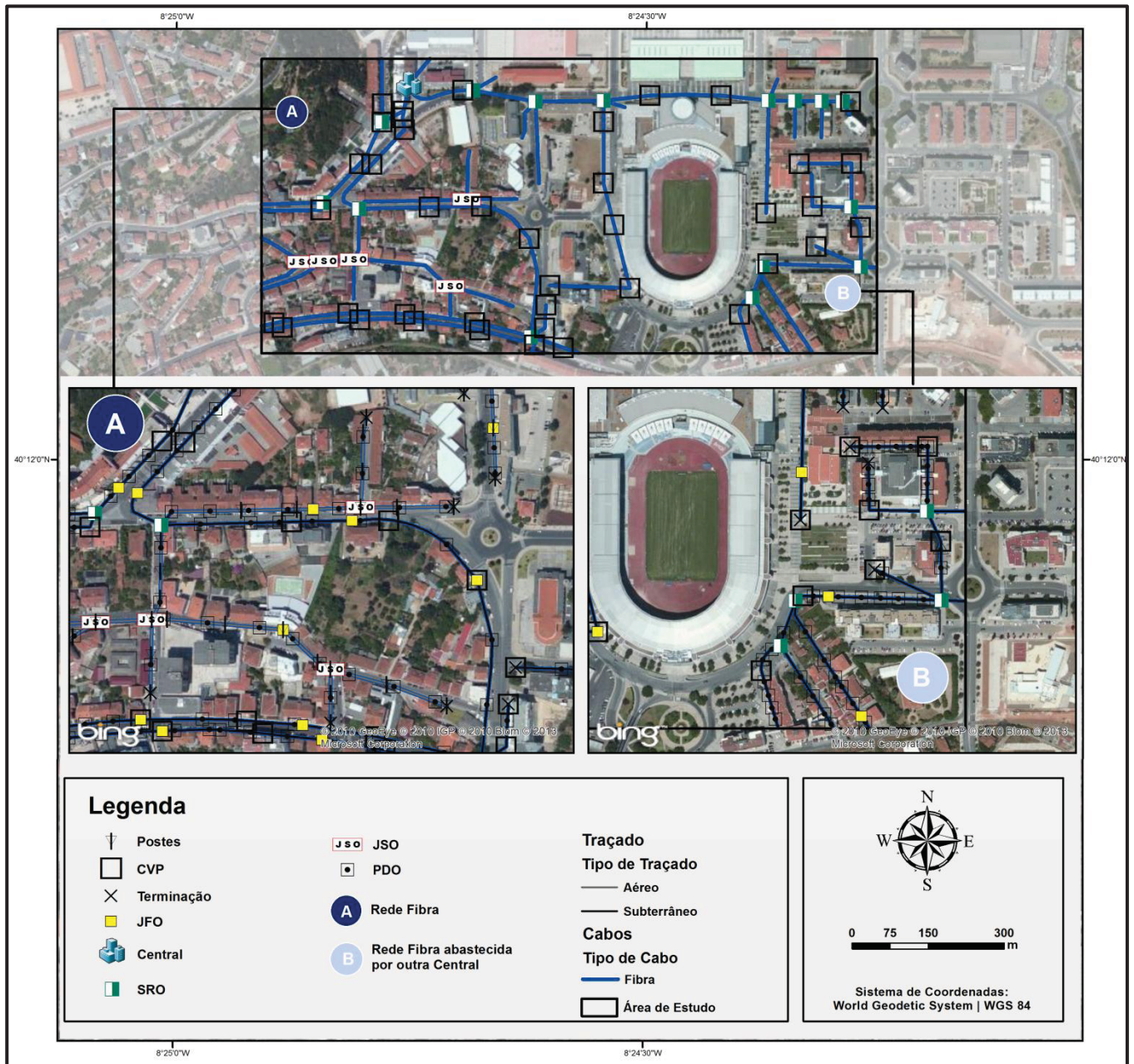


Figura 17 – O processo de cadastro no modelo NTELgis.

Nesta imagem identificamos dois tipos de rede de fibra óptica (A e B), abastecidas por centrais distintas. Este princípio de diferenciação permite analisar a rede sob o ponto de vista de conectividade, remetendo-nos a mais de um tipo de análise. Esta lógica está intimamente ligada à topologia de conexão que existe na realidade, uma vez que a rede não é toda abastecida pela mesma Central. Nesse sentido, esta diversificação permite-nos potenciar a análise relativamente à conectividade da mesma.

No seguimento do cadastro da rede atribuímos especial destaque a cada uma das infra-estruturas técnicas participantes na rede. Deste modo, torna-se possível identificar visualmente a localização das infra-estruturas ao longo da rede e a sua posição no tipo de arquitetura utilizada.

Cada uma destas infra-estruturas detém um importante papel na transmissão de sinal de informação, pelos equipamentos técnicos que lhes estão associados, permitindo desta forma que o sinal saia da Central e consiga chegar à morada de cada cliente destacando, também, a participação de outras infra-estruturas de apoio, transporte ou alojamento onde os equipamentos estão inseridos.

#### **4.3. Processamento NTElgis**

As tarefas de geoprocessamento de dados iniciou-se com a construção de uma *geodatabase* que viria a acomodar a *feature dataset* e as *feature classes*, que seriam igualmente definidas. De seguida, criámos uma *feature dataset* na qual viriam a ficar alojadas as várias *feature classes* intervenientes no processo de cadastro e funcionamento da rede. Como as infra-estruturas têm várias características/atributos que os individualizam no conjunto da rede (*e.g.* localização espacial distinta e comportamento), optámos por elencar de modo discriminado as diversas tipologias consideradas (quadro III). Deste modo ficariam vinculadas as infra-estruturas e o tipo de *feature class* correspondente.

Quadro III- Tipo de *feature class* utilizada em cada infra-estrutura

Infra-estruturas	Tipo de <i>feature class</i>
Cabos	<i>Line</i>
Central	<i>Point</i>
CVP	<i>Point</i>
JFO	<i>Point</i>
JSO*	<i>Point / Annotation</i>
Moradas	<i>Point</i>
PDO	<i>Point</i>
Postes	<i>Point</i>
SRO*	<i>Point / Annotation</i>
Terminação*	<i>Point / Annotation</i>
Traçado	<i>Line</i>

\*Estas *feature classes* foram duplicadas e utilizadas com dois tipos de dados diferentes de modo a mostrar diferentes informações.

#### 4.3.1. Propriedades das *feature classes*

Após a definição do tipo de *feature class* utilizado em cada infra-estrutura definimos também os atributos que cada infra-estrutura iria conter de modo a que estas pudessem disponibilizar informação técnica, de identificação e de localização. A figura 18 exemplifica para o caso de uma infra-estrutura como os “SRO”, o tipo de atributos de informação que foram escolhidos, bem como o tipo de dados com que cada atributo foi configurado de modo a participar corretamente na rede.



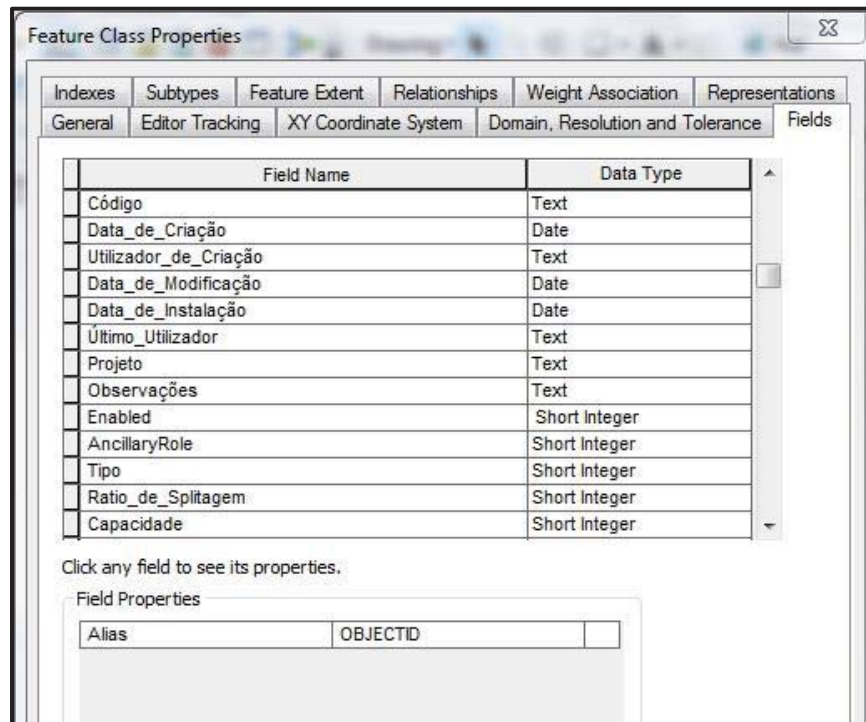


Figura 18 – Feature Class Properties – Fields (SRO).

De modo a permitir uma simples leitura da informação, a título de exemplo, para a infra-estrutura “SRO” (e respectiva *feature class*), foram definidos os seguintes atributos e tipo de dados associados:

- **Código** (*Text*)
- **Data de Criação** (*Date*)
- **Utilizador de Criação** (*Text*)
- **Data de Modificação** (*Date*)
- **Tipo** (*Short Integer*)
- **Data de Instalação** (*Date*)
- **Último Utilizador** (*Text*)
- **Projeto** (*Text*)
- **Observações** (*Text*)
- **Ratio de Splitagem** (*Short Integer*)
- **Capacidade** (*Short Integer*)
- **Proprietário** (*Short Integer*)
- **Modelo** (*Text*)
- **Estado** (*Short Integer*)
- **Tipo de Terreno** (*Short Integer*)
- **Fabricante** (*Short Integer*)

Os dados associados a cada atributo (*field*) são diferenciados em função da sua tipologia (*text*, *date* e *short integer*). Para estabelecer informações pré-configuradas para cada atributo recorreremos às propriedades da *feature class* relativa á infra-estrutura pretendida e

definimos os *domains* para cada atributo. Configurámo-los como *domains* do tipo *short integer coded values* para que desta forma nos permitisse definir várias informações relacionadas com um código. Na figura 19 identificamos todos os *domains* definidos para os atributos de todas as infra-estruturas da rede. Nesta figura pretende-se ilustrar a configuração de um domínio para o atributo “Estado” transversal a todas as infra-estruturas, sendo possível ver também alguns dos restantes dados associados ao tipo de infra-estruturas em consideração. No caso concreto, podemos destacar a existência de 4 opções para o atributo “Estado” identificadas como “Projeto”, “Aceitação”, “Construção” e “Funcionamento”.

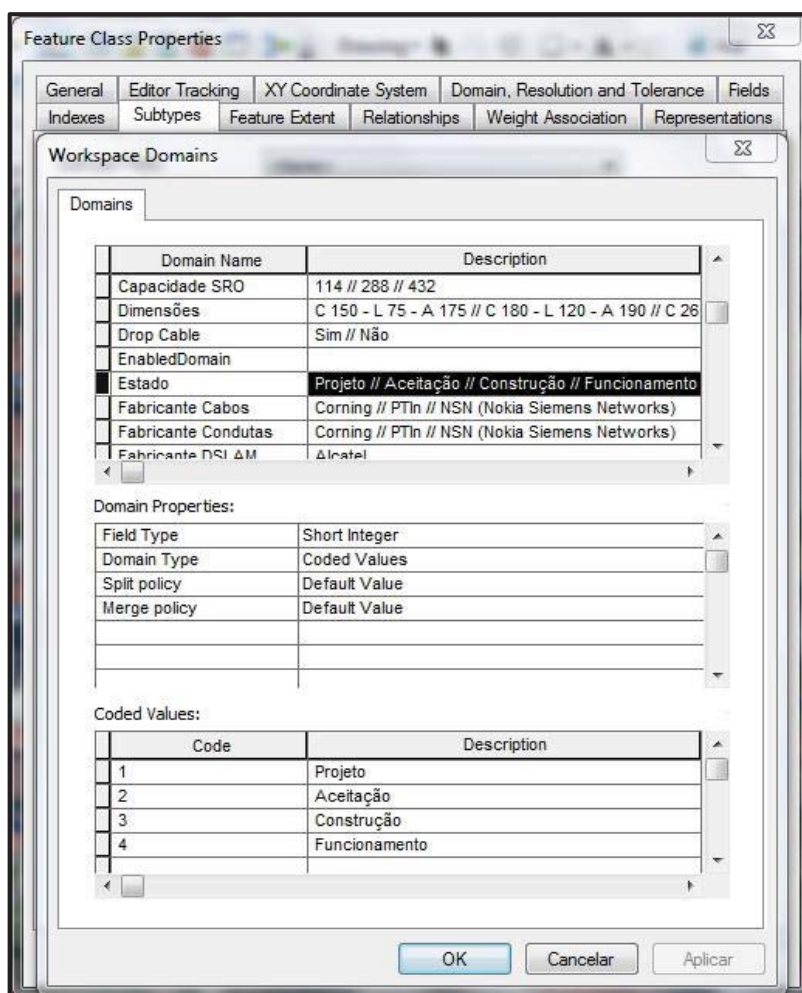


Figura 19 – Identificação dos *Domains* nas propriedades da *feature class*.

Apesar de complexo, o processo de preenchimento e definição das propriedades inerentes a cada *feature class* permitiu-nos automatizar processos de trabalho que de outro modo se tornariam muito morosos, incertos ou, mesmo, errados. Este procedimento, seguido de modo permanentemente crítico, permitiu o controlo permanente das fontes de incerteza e

de erro, pelo facto de ter sido implementado, desde logo, nos dados de entrada, mas também nos próprios resultados (informação processada). Esta nossa pretensão, e o cuidado na execução de procedimentos, tiveram por base a ativação do comando “*editor tracking*” (Fig.20).

Esta ferramenta permite preencher de forma automática vários atributos quando trabalhamos em ambiente de cadastro, com a particularidade de os mesmos não poderem ser modificados manualmente permitindo que o utilizador fique associado à sua participação na modelação espacial. Desta forma, os atributos preenchidos automaticamente estão relacionados com o utilizador de criação e a respectiva data de criação sempre que é criada uma nova *feature*, bem como as modificações realizadas posteriormente, através do último utilizador e a sua respectiva data de modificação. Estes atributos são assim preenchidos automaticamente pelo *software* utilizado, com recurso ao nome de utilizador que é o mesmo definido no BIOS (*Basic Input/Output System*) do computador de trabalho, e como *data type* o sistema UTC (*Universal Time Coordinated*).

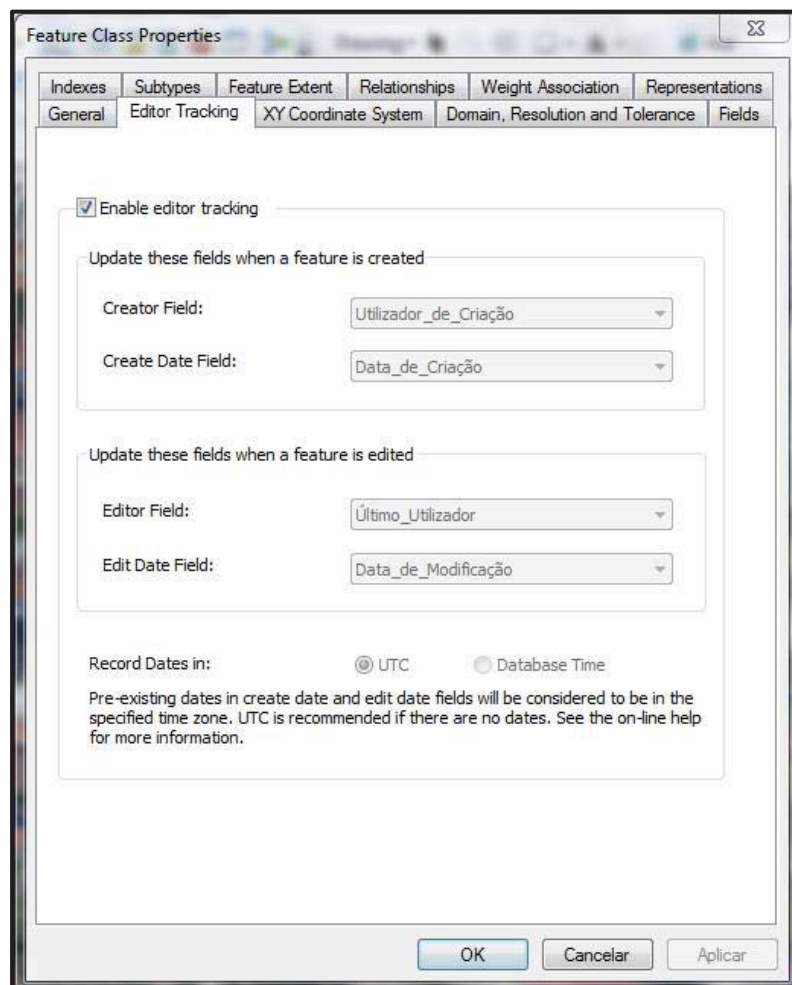
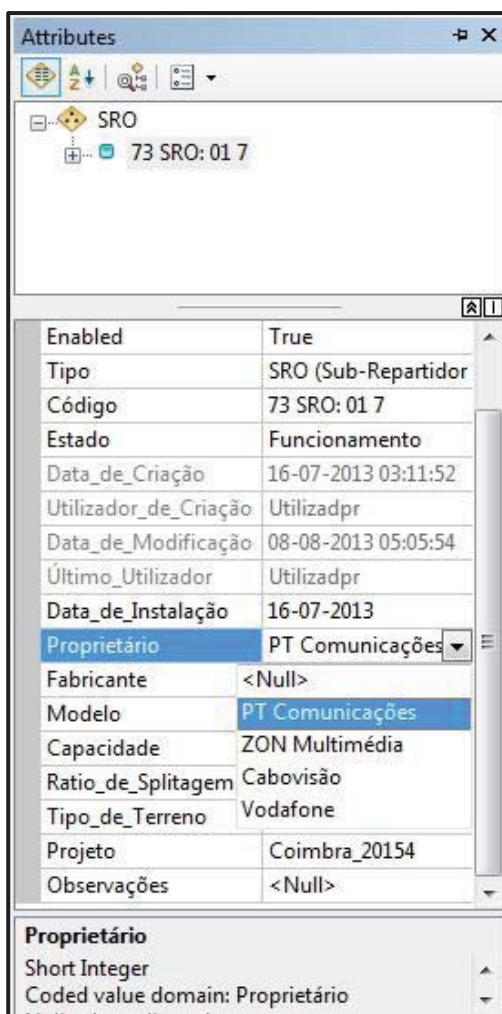


Figura 20 – Feature Class Properties – Editor Tracking.



O processo anteriormente descrito tem como finalidade a automatização de certos processos de trabalho que facilitam posteriormente o próprio processo de cadastro dos dados de gestão da rede. Em contexto de edição de dados, recomenda-se um procedimento que permita que a configuração da informação para cada *feature class* torne possível disponibilizar um *display* com informação tabelar na qual seja possível identificar, analisar e ir monitorizando todos os parâmetros e atributos relativos à *feature class* (Fig.21). Nesta figura, relativa a uma infra-estrutura do tipo “SRO”, é possível verificar que alguns atributos já estão preenchidos automaticamente sem a possibilidade de serem alterados daí a sua representação com uma tonalidade de cor mais esbatida. Os restantes atributos são preenchidos manualmente sendo necessário escrever a informação, enquanto que outras informações surgem pré-definidas através de *drop-down lists* como exemplifica a figura relativamente ao atributo “Proprietário”.



Enabled	True
Tipo	SRO (Sub-Repartidor)
Código	73 SRO: 01 7
Estado	Funcionamento
Data_de_Criação	16-07-2013 03:11:52
Utilizador_de_Criação	Utilizadpr
Data_de_Modificação	08-08-2013 05:05:54
Último_Utilizador	Utilizadpr
Data_de_Instalação	16-07-2013
Proprietário	PT Comunicações
Fabricante	<Null>
Modelo	PT Comunicações
Capacidade	ZON Multimédia
Ratio_de_Splitagem	Cabovisão
Tipo_de_Terreno	Vodafone
Projeto	Coimbra_20154
Observações	<Null>

**Proprietário**  
Short Integer  
Coded value domain: Proprietário

Figura 21 – Attribute table (SRO).

#### 4.3.2. Configuração de *labels* e *Annotations*

Numa perspetiva de representatividade das infra-estruturas da rede NTElgis é bastante importante a identificação das mesmas através de propriedades que as distingam. Nesse sentido, procedemos à sua identificação recorrendo à codificação singular de todas as infra-estruturas participantes na rede com o objetivo de as diferenciar tal como anteriormente referido no ponto 3.2.

A figura 22 retrata um processo de codificação de duas infra-estruturas participantes na rede (SRO e Cabos Fibra). Neste último caso, porque os cabos de fibra óptica que transportam o sinal de informação desde a Central até casa de cada assinante do serviço, dada à sua elevada influência no funcionamento da rede, decidimos rotulá-los com *labels* para que nos permitisse identificar o seu código ID no próprio *layout* de trabalho. Por outro lado, optámos por destacar também as várias infra-estruturas referidas no quadro III como *feature class* do tipo *annotations*, já que as mesmas têm como objetivo identificar as referidas infra-estruturas de forma ímpar e destacada. Acresce, ainda, referir que, a sua importância no funcionamento da rede pode ser lida com base na sua função técnica e no significado operacional que reveste a sua localização para as equipas técnicas de intervenção – operacionais técnicos.



Figura 22 – *Label Features e Annotations*.

#### 4.3.3. Definição da conectividade para a rede associada ao modelo NTELgis

Considerando que o funcionamento de uma rede, seja ela de telecomunicações, de energia, de transporte, ou de outra natureza, deve obedecer a regras e políticas de conectividade, esta foi uma das etapas que considerámos nucleares em todo o processo de modelação espacial que sustenta o presente ensaio metodológico que caracteriza o modelo NTELgis.

Recorrendo à ferramenta anteriormente descrita no ponto 3.3.2. (*geometric network*) estabelecemos a conectividade entre as *feature classes* que definimos como participantes, devido à sua importância na transmissão de sinal de informação, sendo elas:

- Terminação
- PDO (Ponto de Distribuição Óptica)
- JFO (Junta de Fibra Óptica)
- JSO (Junta de *Splitting* Óptico)
- Central
- Cabos
- SRO (Sub-Repartidor Óptico)

As *feature classes* restantes (CVP, Postes e Traçado) não foram consideradas para efeitos de definição de políticas de conectividade, na medida em que estas infra-estruturas não participam na transmissão de sinal de informação, servindo apenas como suporte físico para alojamento e transporte das restantes infra-estruturas.

Com recurso à ferramenta *Utility Network Analyst* definimos através duma *junction flag* colocada sobre a *feature class* Central, o ponto de saída de informação. Através da execução do processo *find connected* obtivemos, desta forma a conectividade em toda a extensão da rede. A partir desse momento foi possível executar diferentes tipos de análise suportadas por diversas *queries* que permitiram averiguar o estado de funcionamento das regras de conectividade e, ao mesmo tempo, identificar os sectores para os quais os filtros eram iterativamente criados. Permitiu também, provocar interrupções de sinal e identificar (em tabela e visualmente - sob a forma gráfica) os sectores que seriam objeto de anomalias decorrentes do corte ou interrupção de sinal - falta de conectividade. Ficariam assim listadas as áreas/infra-estruturas afetadas/clientes, a serem objeto de intervenção técnica, em sede

de comando central e/ou em termos de eventual deslocação dos técnicos ao terreno. Este processo torna-se possível através da definição de *junction barriers* ou *edge barriers*, relacionando essas barreiras de acordo com o tipo de *feature class* associado (*point* ou *line*).

A figura 23 ilustra a conectividade da rede NTElgis numa parte da área de estudo. Neste exemplo, é possível verificarmos a conectividade existente numa parte da rede identificada através de linhas e pontos de cor azul claro, desde a Central onde foi colocada a *junction flag* sinalizando o ponto de saída da informação. Foram adicionados dois tipos de barreiras provocando a interrupção de sinal num cabo de fibra óptica e também num PDO através da marca (X) de cor vermelha. Este tipo de análise permite-nos verificar (como antes salientámos), as áreas afetadas na rede e o impacto na prestação de serviços aos vários clientes na sequência de uma falha de conectividade que assinala um corte na propagação do fluxo sinalizando, ao mesmo tempo, na tabela de atributos, o tipo de análise que efetuamos relativamente à *feature class* associada.



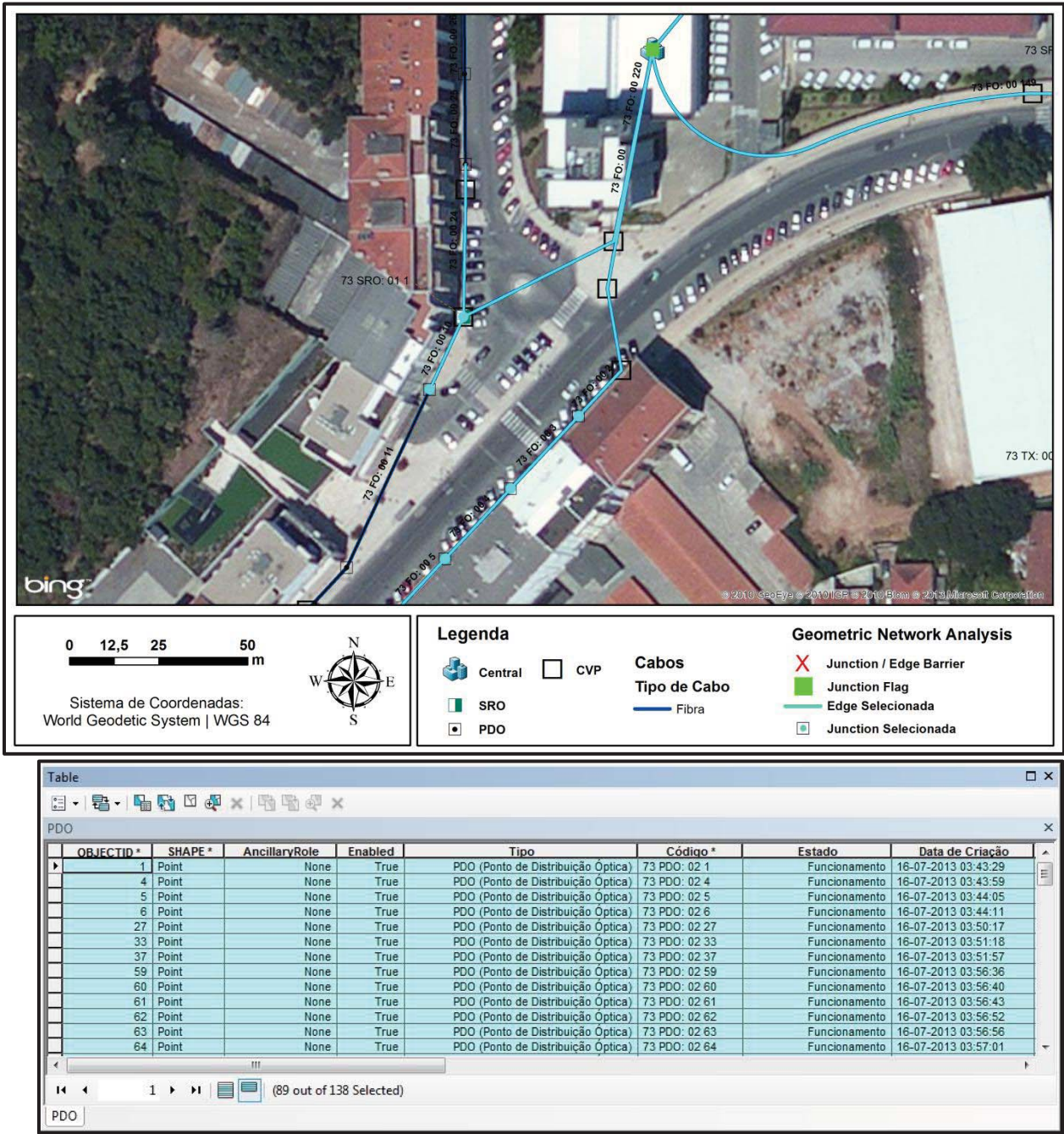


Figura 23 – Configuração e análise da conectividade da rede associada ao modelo NTELgis.

#### 4.3.4. Análise de áreas com cobertura espacial de sinal de informação

Num processo de análise espacial numa rede de telecomunicações é fundamental para a entidade prestadora de serviços desta natureza, perceber a relação espacial que suas infra-estruturas ocupam face aos assinantes ou potenciais assinantes dos serviços de telecomunicações. Nesse sentido, recorreremos à ferramenta *buffer analysis* de modo a

obtermos esse tipo de análise espacial, permitindo desta forma obter a cobertura de serviços.

A figura 24 exemplifica esse tipo de análise espacial relativamente à cobertura de sinal de fibra óptica. Com base na localização espacial das diversas moradas em relação aos PDOs, determinamos a cobertura de sinal num raio de distância de 30m a partir destes, através da criação de polígonos de cor azul atribuindo-lhe um coeficiente de transparência de 65% para que nos seja permitido ver a informação que se encontra por baixo no ortofotomapa. Deste modo, podemos efetuar observações na cartografia de base e associar esses dados com outros decorrentes da análise alfanumérica disponibilizada por registos tabelares. Podemos, por exemplo, identificar as moradas que estão inseridas nestes polígonos, significando assim, que se encontram em áreas com cobertura de sinal.

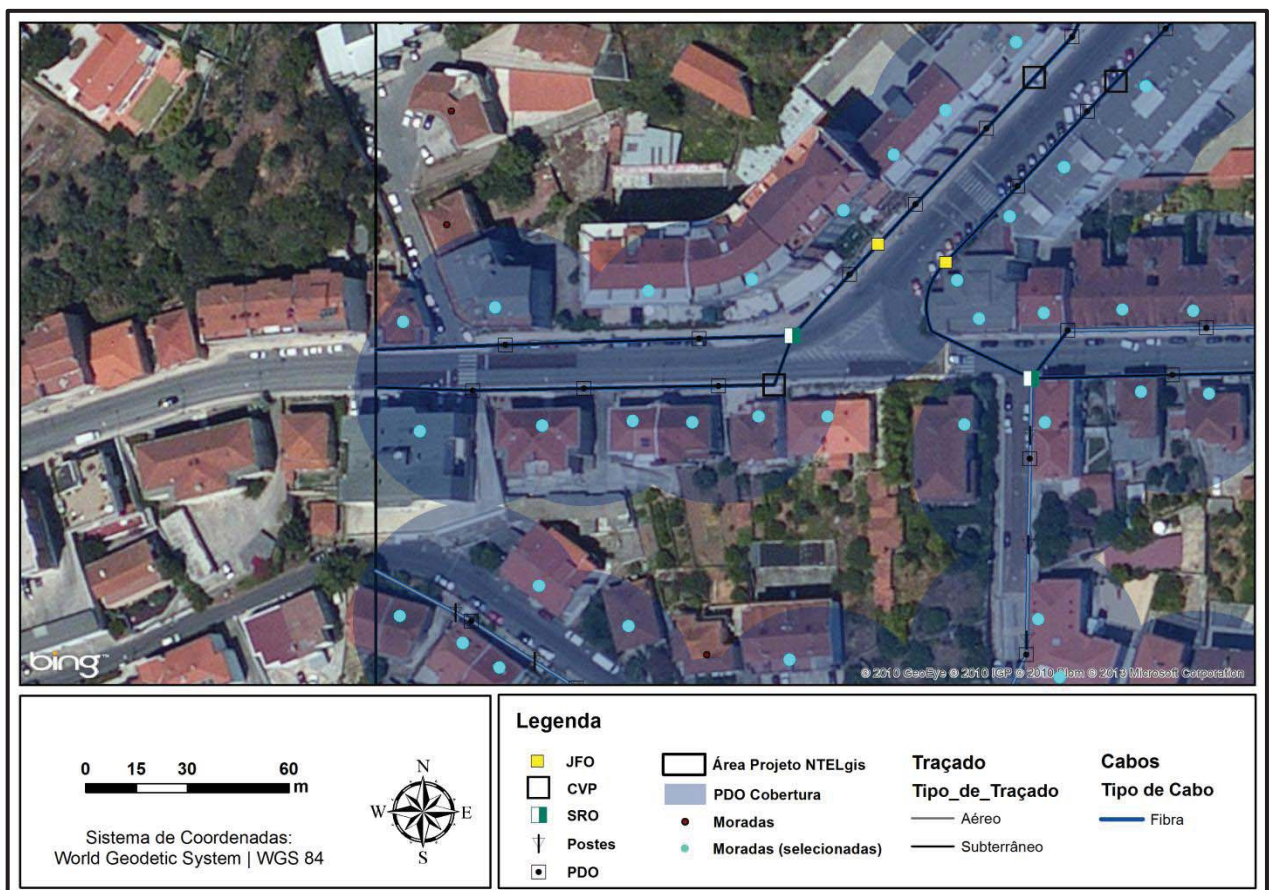


Figura 24 – Análise de cobertura de sinal de fibra óptica: *Buffer Analysis* e *Select by Location*.

Para que esta análise ficasse ainda mais complementa, construímos e analisámos os dados relativos aos objetos que se enquadram completamente dentro dos polígonos criados com



recurso a geoprocessos do tipo *buffers analysis* e a ferramenta *select by location* indicando na tabela de atributos da *feature class* “Moradas” as que se encontram com cobertura de sinal. Dessa maneira obtivemos destacadamente as moradas com cobertura de sinal através da sua sinalização no *layout* de trabalho a cor azul claro, conforme podemos constatar na figura 24. Os restantes pontos que não estão inseridos dentro dos polígonos de cor azul (com coeficiente de transparência) nem referenciados pela sua autosseleção, esclarecem quanto ao facto de estas moradas não terem cobertura para a prestação deste tipo de serviço. Como tal, cabe depois à própria entidade prestadora de serviços decidir ou não estender as suas infra-estruturas técnicas para que estes moradores usufruam deste tipo de serviços.

Para que a entidade prestadora possa dar resposta inequívoca face aos pedidos de instalações de serviços, é fundamental que ela disponha de um sistema de cadastro nacional de moradas o mais completo possível. Esta lógica está subjacente à capitalização de recursos que, desta maneira, ou seja, com recurso à análise em ambiente SIG, podem permitir que sejam evitados pedidos de instalações anulados por inviabilidade técnica, ocupação de equipas técnicas com tarefas de instalações que não se concretizam, processos burocráticos relativamente às equipas que efetuam e registam os pedidos que mais tarde podem ser anulados etc. Como tal, sempre que se efetua um pedido de instalação de serviço para uma determinada morada, se esta não está espacialmente localizada, é crucial então localizá-la. Desta forma, o operador SIG, insere e localiza a morada, e pode efetuar análises dinâmicas da cobertura do sinal, com simulações e *queries* várias para as quais basta alterar os valores do *buffer*. Vista do lado da operadora, esta tarefa pode revelar-se como um importante procedimento analítico no contexto de estudos de mercado, ao permitir o cruzamento com dados que traduzam a definição de áreas ótimas de expansão ou, no lado inverso, áreas em que o mercado possa estar saturado e sem possibilidade de expansão. Voltando à análise concreta da inserção de dados para inquirição de áreas envolventes (*buffer analysis*) se a morada inserida se enquadrar numa área com cobertura de sinal, essa mesma operadora depois de verificar o PDO que lhe está subjacente analisa imediatamente a sua capacidade. Assim e, recorrendo apenas a análise SIG, evitamos desperdícios de recursos, que para uma empresa neste segmento de mercado, significa capitalização traduzida pela poupança de muito dinheiro.

Devemos acrescentar que esta plataforma de disponibilização de dados construída com base no modelo NTElgis, permite a economia de tempo e de recursos para efetuar análises robustas em contextos de elevada densidade espacial de moradas de clientes. Ela permite, por exemplo o recurso a outras funcionalidades SIG, com a utilização do algoritmo “*find*” que permite localizar não só as moradas através de uma pesquisa rápida, como também informação relativa a qualquer infra-estrutura, em que a localização dessa pesquisa é assinalada no *layout* de trabalho.

#### 4.3.5. Relacionamento de infra-estruturas e localização técnica específica

Quando construímos um modelo geográfico de análise e gestão de redes de telecomunicações, para que o mesmo seja o mais completo possível em relação à informação que esta pode conter, o operador SIG trabalha com dados geográficos e não geográficos. Para uma análise detalhada do seu funcionamento e interligação é necessário relacionar esses mesmos dados de modo a que a georreferenciação de cada infra-estrutura possibilite mais do que mostrar a sua localização espacial.

Como anteriormente constatámos, apesar de cada infra-estrutura conter informações sobre identificação e localização, foi necessário dotar certas infra-estruturas que têm um papel fundamental pelas características técnicas que lhe estão subjacentes, de informação pormenorizada sobre alojamento de cabos e sobre *teledatabase marketing*. Por exemplo, num SRO efetua-se a “splitagem” de cabos de fibra óptica e nesse sentido é fundamental que essa infra-estrutura contenha informação e identificação de cada cabo de fibra óptica de entrada, e dependendo do ratio de “splitagem”, que seja possível identificar o número de cabos que são originados à saída dessa infra-estrutura a partir desse mesmo cabo de entrada. Além disso é também importante referir a localização de cada cabo, seja ele à entrada ou saída da infra-estrutura, nos bastidores de alojamento.

Esta informação é de extrema relevância porque permite identificar, de modo individual, cada cabo de fibra óptica desde a Central até ao PDO, tendo em conta também a sua “splitagem” pelo trajeto percorrido. Deste modo torna-se possível monitorizar cada cabo desde a sua origem até ao setor terminal, bem como identificar com rigor a sua localização e



o seu traçado ao longo do trajeto da rede. Esta informação é fundamental em situações em que apenas um cliente é afetado por alguma avaria e por algum motivo é necessária a sua substituição sem se correr o risco de afetar outros clientes. Com este modelo de integração de dados, é possível saber qual o cabo que lhe está subjacente e rastrear o cabo desde esse PDO até a infra-estrutura a montante, sabendo também a sua localização de alojamento.

No caso de se tratar de uma infra-estrutura que está no setor terminal da rede, por exemplo, um PDO, sendo uma infra-estrutura que contém informação acerca dos cabos a ele ligados bem como os clientes que estão associados a esse ponto de distribuição através da sua identificação pelo número de cliente, torna-se possível, se necessário, obter toda a informação ao nível da gestão comercial sobre esse mesmo cliente. Este procedimento pode ser posto em prática com recurso a um programa auxiliar que, em regra, todas as empresas prestadoras de serviços utilizam e que, através do Número de Identificação do Cliente (NIC) associado a esse PDO permite aceder aos dados e disponibilizar essa informação.

No quadro IV são identificadas as *feature classes* que utilizamos a ferramenta *relationship class* para que pudéssemos preencher informações anexas a cada uma delas, acerca dos cabos de fibra óptica de entrada e saída, quando existe “splitagem”, bem como a sua localização nessa infra-estrutura.

Quadro IV – Infra-estruturas com dados técnicos de identificação e localização

<i>Feature Class</i>	<i>Relationship Class</i>	
Central	Cabos Fibra Óptica (saída)	Localização (bastidores <sup>9</sup> )
	Cabos Fibra Óptica (entrada)	Localização (bastidores)
SRO	Cabos Fibra Óptica (saída)	Localização (bastidores)
	Cabos Fibra Óptica (entrada)	Localização (bastidores)
JSO	Cabos Fibra Óptica (saída)	Localização (bastidores)
	Cabos Fibra Óptica (entrada)	Localização (bastidores)
PDO	Cabos Fibra Óptica (saída)	Localização (bastidores)
	Cabos Fibra Óptica (entrada)	Localização (bastidores)
	PDO NIC	

---

<sup>9</sup> Trata-se de um "armário" onde estão guardados os equipamentos (*switch*, *patch pannels*) onde se realiza a comutação de todos os cabos de fibra óptica.

Relativamente à sua localização nos bastidores identificamos o lugar onde cada fibra é encaixada através de uma simbologia criada para o efeito. A figura seguinte (Fig. 25), mostra a forma como a codificação permite a sua localização dentro da infra-estrutura, a partir do exemplo utilizado que tem por base infra-estruturas do tipo “SRO”. Estas informações não geográficas são fundamentais, como anteriormente referimos, para singularizar cada cabo fibra que existe na rede, e perceber a sua ligação desde montante (Central) até jusante (PDO) para qualquer tipo de intervenção técnica necessária. Desta forma o modelo NTElgis é completado assim por informação detalhada que permite, numa qualquer intervenção, facilitar o trabalho das equipas.

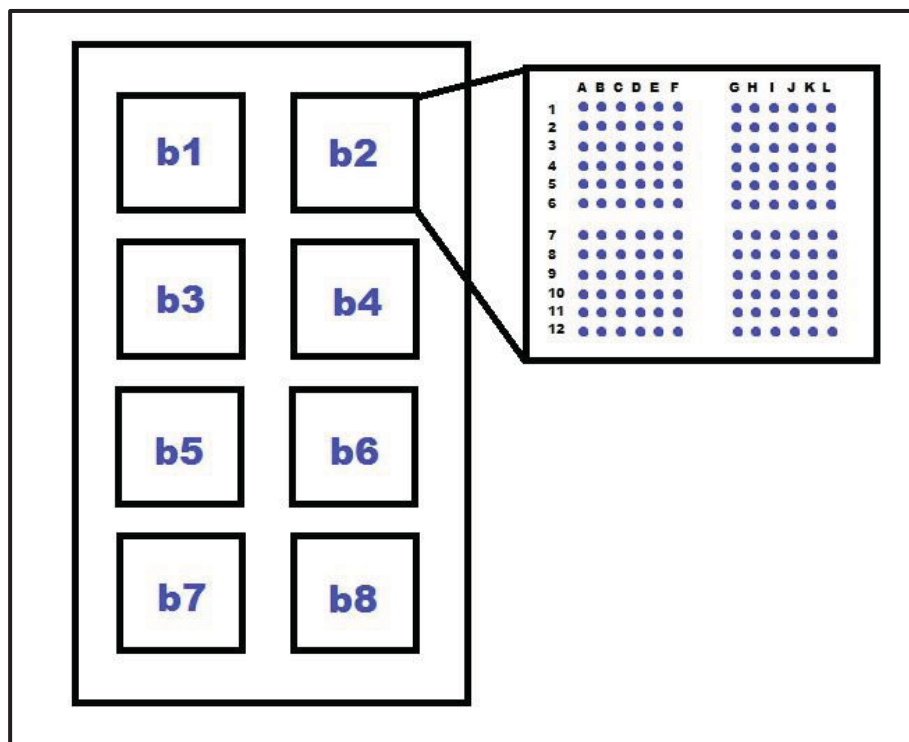


Figura 25 – SRO: Localização dos bastidores e lugares para cada cabo de fibra óptica.

O princípio de aplicabilidade da ferramenta *relationship class*, requer a análise segundo 2 fatores determinantes na sua configuração: O tipo de relacionamento entre os dados e a cardinalidade de relação entre os mesmos.

O tipo de relacionamento entre os dados pode assumir duas formas distintas: *Simple (peer to peer) relationship* ou *Composite relationship*. Esta diferenciação permite-nos escolher a dependência ou não, entre os dados de uma tabela e a *feature class*, significando portanto

que a nossa escolha aplicada ao modelo NTELgis, *Composite relationship*, permite-nos indicar que os dados estão interligados e são dependentes, logo, a alteração destes na origem, provoca a modificação ou perda de informação dos seus dados relacionados na tabela ou *feature class* de destino. Em relação à cardinalidade da relação dos dados, esta função, permite definir a relação entre objetos de uma tabela ou *feature class* de origem e os dados na tabela ou *feature class* de destino. Nesse sentido relacionamos objetos de uma tabela ou *feature classes* segundo dois tipos de cardinalidade: 1-1 (*one to one*) e 1-M (*one to many*). O primeiro tipo de cardinalidade define relações em que um objeto na tabela ou *feature class* de origem está relacionado com apenas um objeto na tabela ou *feature class* de destino. Por sua vez, a cardinalidade 1-M define relações em que um objeto na tabela ou *feature class* de origem relaciona-se com vários objetos na tabela ou *feature class* de destino.

Desta forma, o resultado traduz-se na identificação e relação do tipo de informação que pretendemos introduzir. Tomando a infra-estrutura “SRO” novamente como exemplo, definimos dois tipos de relações de dados: Definimos relações do tipo *Composite* com uma cardinalidade 1-M de modo a relacionarmos cada cabo de fibra óptica na entrada, com os cabos que origina à saída, devido à “splitagem”. Por sua vez, a localização singular de cada cabo de fibra óptica de entrada e cada cabo à saída nos bastidores da infra-estrutura, definimos relacionamentos do tipo *Composite* para que as informações estivessem sempre relacionadas e dependentes, e atribuímos uma cardinalidade de relação de 1-1, para que cada objeto (cabo de fibra óptica) esteja relacionado com a sua localização na infra-estrutura.

O quadro XXX destaca o tipo de *relationship class* utilizada nas diferentes infra-estruturas, bem como a cardinalidade utilizada, para que a relação de dados entre os objetos de cada infra-estrutura identifica-se informação técnica específica, crucial para análises detalhadas da composição da rede como na ajuda ao apoio técnico.

Quadro V – Infra-estruturas e o tipo de *Relationship Class*

Infra-estrutura	Tipo de relação	Cardinalidade
Central	Composite	1-M (Cabos fibra óptica)
		1-1 (Localização dos cabos de fibra nos bastidores)
JSO		1-M (Cabos fibra óptica)
		1-1 (Localização dos cabos de fibra nos bastidores)
SRO		1-M (Cabos de fibra óptica)
		1-1 (Localização dos cabos de fibra nos bastidores)
PDO		1-1 (Cabos de fibra óptica)
		1-M (NICs)

Na figura 26 pretendemos realçar a importância da relação entre dados geográficos e dados não geográficos, numa lógica de interação e complementaridade que lhe consagramos enquanto elementos participantes na rede geométrica à qual procurámos aplicar o modelo NTElgis. Uma vez mais, utilizando o exemplo da infra-estrutura “SRO”, a figura mostra a relação dessa infra-estrutura com os dados de alojamento de cabos. Verificamos que no SRO (73 SRO: 01 5) existem vários cabos de entrada, entre os quais o cabo f21-1 alojado no bastidor b1-C1. Como o ratio de “splitagem” deste SRO é de 1-2, significa que este cabo de entrada vai dar origem a 2 cabos de saída. Assim, o cabo f21-1 origina à saída os cabos f21-1-1 e f21-1-2 no qual o alojamento dos cabos corresponde aos bastidores b1-L9 e b1-L10 respetivamente.

No caso de infra-estruturas como “Central” e “JSO” o princípio de relacionamento entre as infra-estruturas e a informação alojada é basicamente o mesmo como se pode verificar anteriormente no quadro IV. Em relação à infra-estrutura “PDO”, relacionamo-la com os cabos que efetuam a sua ligação, obtendo também uma relação entre cada PDO e os NIC de cada assinante do serviço.

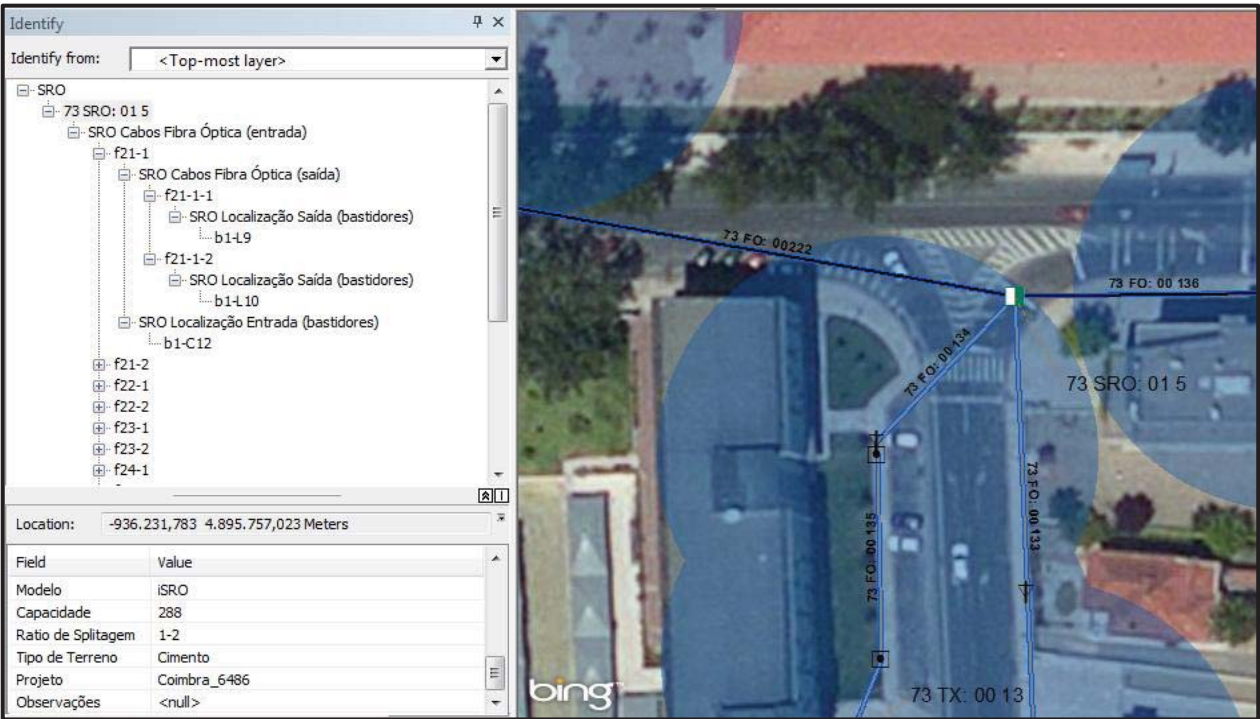


Figura 26 – Relationship Class relativa aos SRO – Informação em árvore (setor esquerdo) e informação visual associada (setor direito da figura).

## Capítulo V

---

### Discussão de Resultados

### 5.1. O modelo NTELgis no “banco de ensaio”

O principal objetivo da criação do modelo de gestão espacial de redes de telecomunicações NTELgis é regido fundamentalmente pela sua aplicabilidade em situações reais de problemática de trabalho, para a qual, depois de efetuada a modelação espacial da rede, para o qual testámos o seu comportamento em função das respostas desenvolvidas pelo sistema perante vários cenários de problemas potenciais associados à gestão de redes de telecomunicações.

Para além da gestão técnica e informativa da rede estar incorporada no modelo NTELgis, em que o mesmo pode facilmente ser consultado no *software* ArcMap 10.1 ou então extraído para um “*log file*”, desenvolvemos uma análise das respostas em relação a quatro situações-tipo consideradas como fundamentais na tomada de decisões de análise e gestão da rede:

- I. Programação de uma interrupção técnica de fornecimento de sinal informativo devido a uma substituição dos vários bastidores de um SRO;
- II. Avaria num determinado PDO;
- III. Análise de cobertura numa determinada morada para um novo assinante dos serviços de telecomunicações;
- IV. Realização de um inventário técnico relativo a uma determinada Infra-estrutura.

**Situação I** – Programação de uma interrupção técnica de fornecimento de sinal informativo devido a uma substituição dos vários bastidores de um SRO

- **Objetivo:** Identificar o universo de assinantes de serviços de telecomunicações afetados pela intervenção técnica efetuada no sub-repartidor óptico 73 SRO: 01 1.

Numa situação em que é exigida esta operação de análise, através do modelo NTELgis pretendemos obter um relatório informativo relativamente a esta operação. Assim, e com recurso à ferramenta *Utility Network Analyst* definimos a Central 73 CO: 01 1 com uma *Junction Flag* indicando-a como ponto de partida do sinal de informação. Em seguida, adicionamos uma *Juction Barrier* sobre o sub-repartidor óptico 73 SRO: 01 1 que irá sofrer a intervenção técnica. Executamos a operação *Find Disconnected* de modo a obtermos uma seleção de todas as infra-estruturas da *Geometric Network* que não têm conectividade (Fig.



27). Como o objetivo é identificar os assinantes afetados pela intervenção técnica abrimos a tabela de atributos relativamente à *feature class* PDO. Nesta tabela temos a seleção dos PDOs que não têm conectividade de sinal informativo. Para saber os NIC adstritos a esses PDOs na própria tabela de atributos da *feature class*, e porque a cardinalidade dos objetos é de “1-n”, com base na ferramenta *Join and Relate* selecionamos *um Related Tables* de modo a obtermos os NIC de cada cliente relativamente a cada PDO. Para extrair estes resultados para uma base de dados, por exemplo, utilizando o *software* Microsoft Office Excel, efetuamos um *Copy Selected* a partir da tabela de atributos dos resultados e podemos organizá-los e armazená-los num ficheiro com extensão “xls” ou “dbf”.

O resultado gráfico (visual) do exemplo que procurou retratar um problema-tipo em análise de redes de telecomunicações é apresentado na figura 26. Aqui podemos ver também os resultados do filtro construído, sob a forma de dados tabelares associados à informação gráfica. A seleção de resultados é identificada a cor azul claro, visualizando os mesmos através da tabela de atributos relativamente à *feature class* PDO. Na mesma tabela de atributos, identificamos também a *related table* PDO\_NIC no rodapé, identificando desta forma os NIC de cada assinante de serviço afetos aos PDO's sem conectividade de sinal de informação.

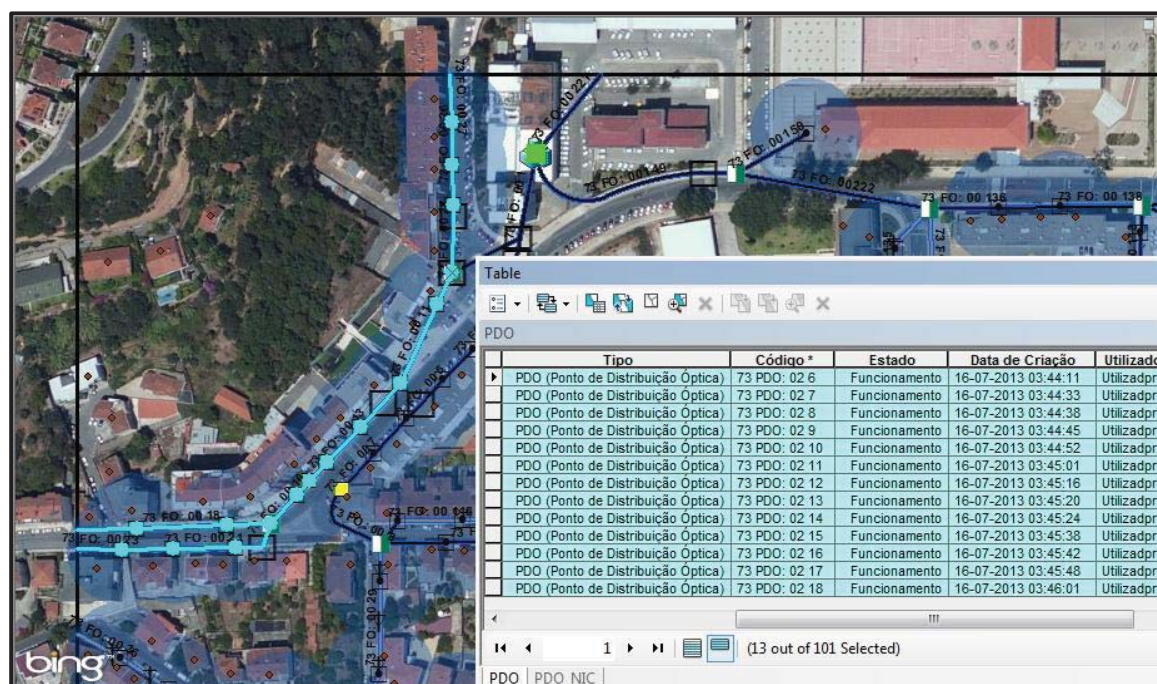


Figura 27 – Situação I: Análise de resultados relativamente à conectividade da rede.



## Situação II – Avaria num determinado PDO

- **Objetivo:** Rastrear o cabo de fibra óptica desde o PDO avariado até ao SRO que motiva a sua avaria de modo a identificar e localizar o cabo a montante que faz a sua ligação.

Quando existe uma situação de trabalho idêntica à situação 2 o operador SIG deverá ter de rastrear o cabo de fibra óptica desde o PDO avariado até ao ponto onde surge a avaria ou então até à Central sempre que surgir essa necessidade. Desta forma, o modelo NTELgis integra informação técnica específica em cada infra-estrutura com influência na conectividade e arquitetura da rede de modo a que este tipo de análise seja efetuada, e que a mesma disponibilize ainda informação acerca da localização de cada cabo de fibra óptica nos respetivos bastidores.

Simulamos aleatoriamente uma avaria no PDO com o código 73 PDO: 02 11 até ao SRO com o código 73 SRO: 01 2 que motiva a origem da avaria. Através da ferramenta *Identify*, selecionamos a *feature* relativamente a essa infra-estrutura e verificamos que o cabo de ligação correspondente é o f4-2-4. A infra-estrutura de “splitagem” de sinal a montante deste PDO é o SRO com o código 73 SRO: 01 2. Utilizando novamente a ferramenta *Identify* selecionamos essa infra-estrutura e obtemos a informação dos cabos que efetuam a sua ligação de sinal bem como a sua localização nessa infra-estrutura. Nesta situação verificamos que o cabo de fibra óptica proveniente do PDO avariado faz a sua ligação ao cabo de entrada no SRO a montante no bastidor b1-H12. Esse cabo provém do cabo f4-2 alojado no bastidor b1-B12 no qual origina a sua “splitagem”.

A intervenção que se impõe face a uma situação de potencial perturbação do funcionamento da rede como a que acabamos de descrever, perturbação que se encontra documentada na figura 28, pode ser muito facilitada com recurso ao modelo NTELgis, como acabámos de demonstrar. Com efeito, a arquitetura da plataforma e as funcionalidades do modelo que acabamos de mencionar permitem ao utilizador SIG a identificação individualizada de cada cabo de ligação bem como o respectivo alojamento nas diversas infra-estruturas facilitando o trabalho das equipas técnicas realizado no local, indicando objetivamente os cabos a trocar bem como onde eles estão localizados.

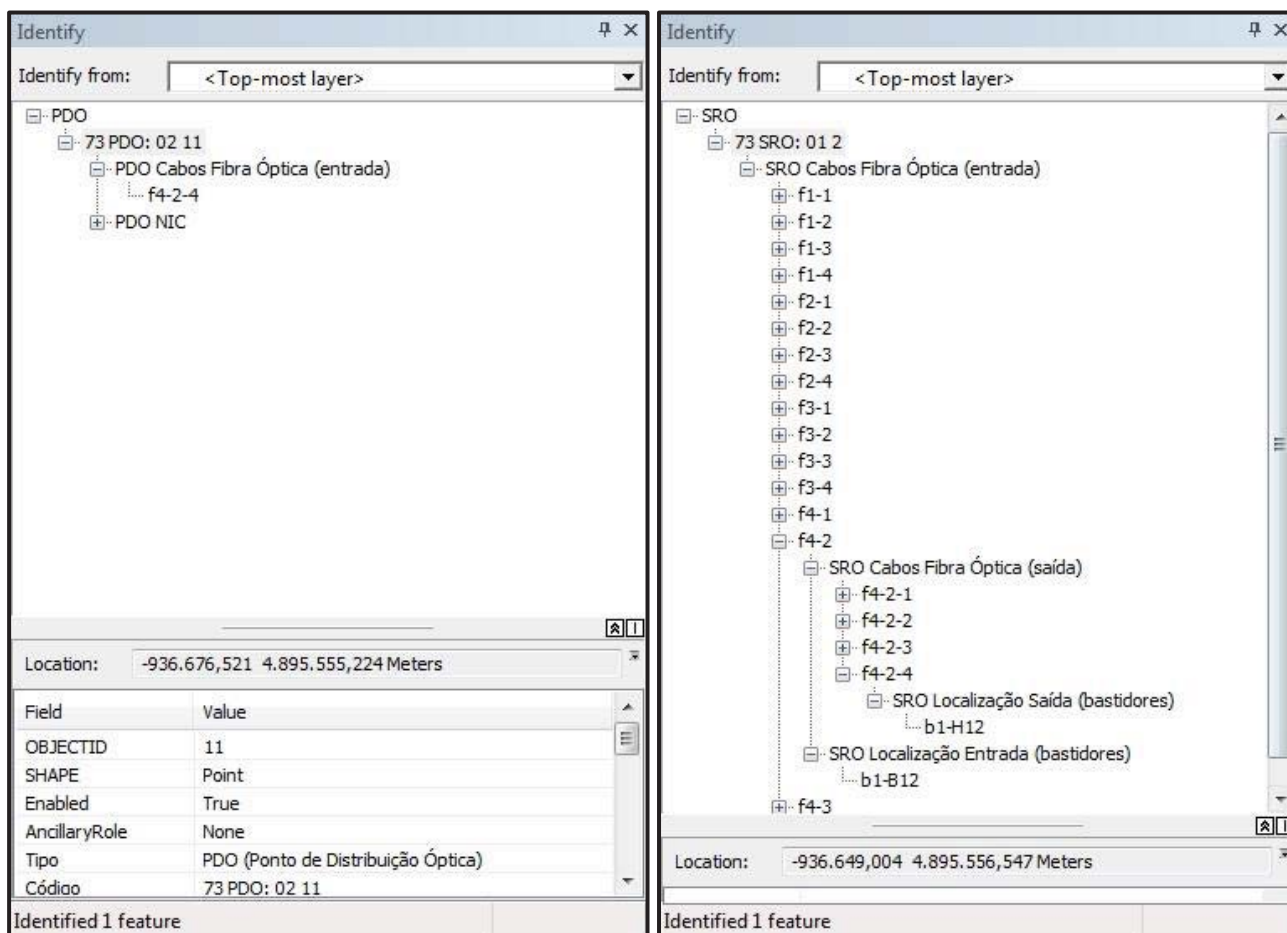


Figura 28 – Situação II: Identificação dos cabos e a sua respectiva localização (PDO e SRO).

**Situação III – Análise de cobertura numa determinada morada para um novo assinante dos serviços de telecomunicações**

- **Objetivo:** Analisar a cobertura na morada Rua dos Combatentes da Grande Guerra nº 32, para um novo assinante do serviço.

No sentido de diminuir as anulações de pedidos de instalação de serviços solicitados por novos assinantes, este modelo permite uma análise objetiva antes de esses pedidos serem efetuados, e permite também dar uma resposta eficaz, sem que a equipa técnica seja necessária no local de instalação para confirmar essa viabilidade.

No sentido de analisar a cobertura na Rua dos Combatentes da Grande Guerra nº 32, ativamos a *feature class* PDO Cobertura relativamente ao *buffer* anteriormente definido para as infra-estruturas PDO, e efetuamos um Select by Location. Pretendemos saber as moradas

com cobertura em relação à localização espacial dos PDOs, logo efetuamos uma análise que selecione a *feature class* Moradas que estão completamente dentro do *buffer* (PDO Cobertura). A figura 29 identifica a morada selecionada a azul claro na tabela de atributos, significando que a mesma está inserida numa área de cobertura de fibra óptica. No mapa, assim como na tabela, esta morada encontra-se representada a cor-de-laranja, de modo a surgir destacada das restantes.

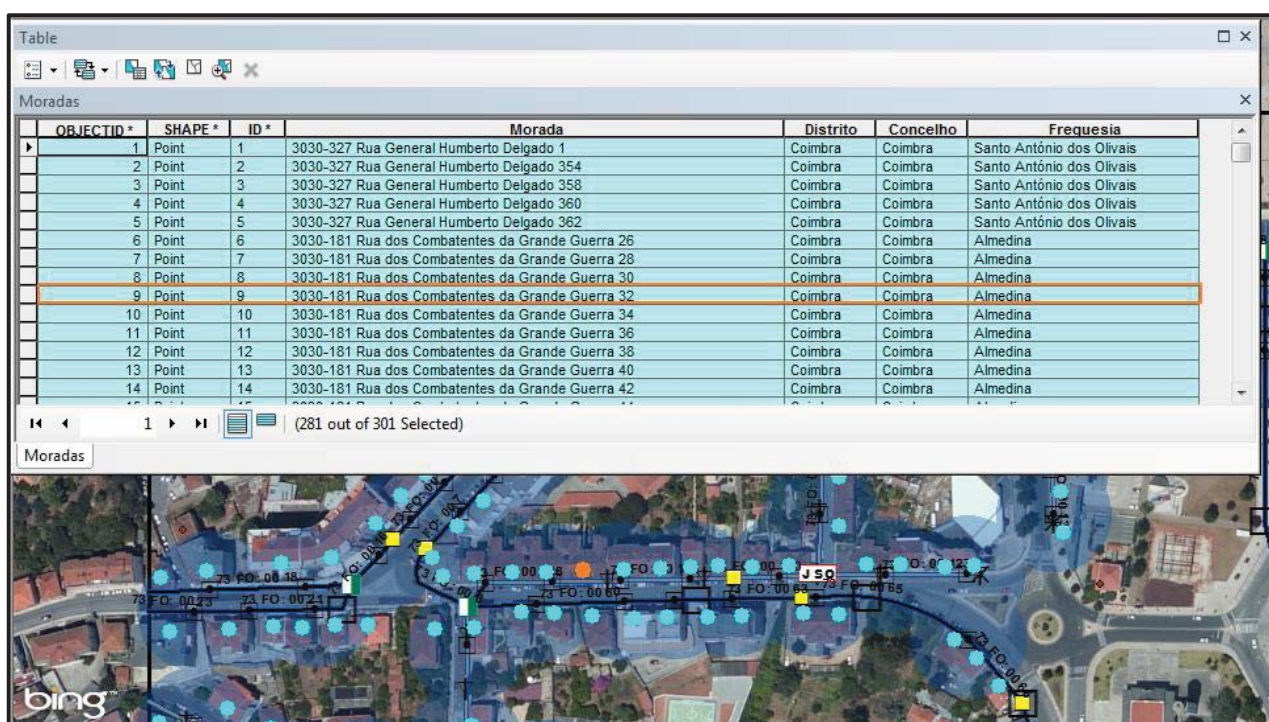


Figura 29 – Situação III: Análise de cobertura fibra.

#### Situação IV – Realização de um inventário técnico relativo às infra-estruturas CVP;

- **Objetivo:** Reunir informações técnicas relativamente às infra-estruturas de modo a inseri-las num relatório-arquivo.

No sentido de inventariar o património que cada operadora detém, é importante para estas entidades efetuarem relatórios periódicos em que seja possível retirar as informações técnicas relativamente a cada infra-estrutura, ou então, informações comerciais no caso das infra-estruturas do tipo PDO.

Para que esse inventário seja realizado para as infra-estruturas CVP, começamos por abrir a tabela de atributos relativamente a essa infra-estrutura. A partir da figura 30 é possível verificar toda a informação técnica relativamente à infra-estrutura CVP. Quando pretendemos exportar estas informações para outro *software* que permita a leitura de ficheiros com extensão “xls” ou “dbf”, recorremos à seleção das infra-estruturas pretendidas e efetuamos um *Copy Selected*, efetuando depois um *Past* nesse *software*. Esta maneira de exportar dados de uma tabela de atributos é única, uma vez que tabela tem formatação de dados com *Domains*.

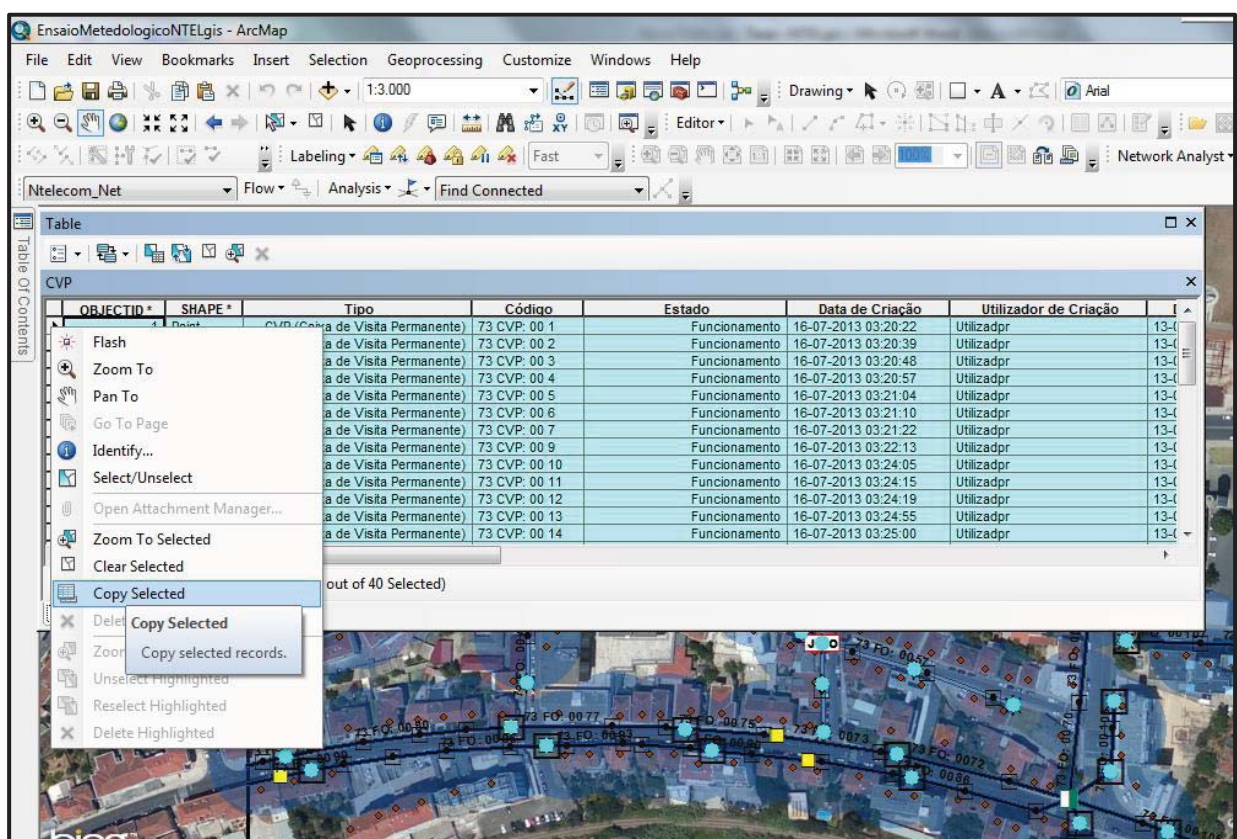


Figura 30 – Situação IV: Realização de um inventário técnico.

## 5.2. Análise SWOT do modelo NTElgis

Neste último ponto de análise pretendemos discutir os resultados de uma forma menos tradicional entendendo que, faz todo o sentido, realizarmos um balanço SWOT ao modelo NTElgis por nós criado, de forma intuitiva em termos de abordagem e mais claro em termos de interpretação dos resultados obtidos, permitindo-nos, assim, efetuar uma abordagem a diversos aspetos sob o ponto vista crítico.



Os objetivos propostos inicialmente para o projeto de modelação espacial NTELgis, foram delineados de acordo com as necessidades decorrentes das empresas deste segmento de mercado. Como tal, pretendemos criar um ensaio metodológico para um modelo de base analítica para a implementação de uma rede geométrica aplicada à análise e gestão de redes de telecomunicações, destacando-se o papel do cadastro dos elementos da rede, da definição de políticas e regras de conectividade que permitem aferir o comportamento lógico do sistema, logo, avaliar o seu grau de desempenho em situações que poderão ocorrer na realidade. Para que este modelo possa um dia vingar, estando nós cientes do seu elevado potencial, deixamos plasmada neste trabalho, uma apreciação das suas principais valências, fragilidades e, em jeito de balanço SWOT, como referimos, antecipamos ainda que por vezes com juízos valorativos, sempre subjetivos, algumas das oportunidades e ameaças com que se pode vir a deparar a implementação do modelo NTELgis.

No quadro V, procuramos sistematizar, um pouco ao jeito dos balanços (análise) SWOT utilizados em tarefas de gestão e de planeamento aplicados a outros contextos/temas, aquilo que pensamos configurar uma espécie de “matriz de atributos” que caracteriza o modelo NTELgis. Certos de que muito haveria para fazer e do bastante que se poderia dizer e escrever sobre o assunto, o quadro V encerra o exercício de modelação de redes geométricas aplicado a redes de telecomunicações que, desde o início, nos propusemos desenvolver.

A importância desta análise é enorme uma vez que gera uma visão 360º do modelo NTELgis, revelando-se fundamental para antecipar problemas e traçar estratégias. Ao definir esta análise, convém mencionar que uma ameaça ou oportunidade depende da forma como se encara o modelo. Devemos considerar as ameaças como alertas, as fraquezas como desafios, as forças como retrospectiva do que já foi conseguido até ao momento, encarando as oportunidades como uma hipótese de irmos sempre mais além do que já foi feito.

Quadro VI – Análise SWOT ao modelo NTElgis

	Fatores Positivos	Fatores Negativos
	<u>Forças</u>	<u>Fragilidades</u>
Fatores Internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Arquitetura da rede e cadastro dos objetos da rede de telecomunicações em suporte digital;</li> <li>▪ Modificação da rede sempre que necessário;</li> <li>▪ Rentabilidade de gestão técnica;</li> <li>▪ Possibilidade de múltiplas análises;</li> <li>▪ Apoio fundamental na estratégia de planeamento e gestão;</li> <li>▪ Associa valências SIG com valências de gestão de redes de telecomunicações e estratégias de geomarketing e de <i>branding</i> comercial;</li> <li>▪ Carácter pioneiro, e para já único, da plataforma que serve de base ao modelo, por integrar valências diversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integração de informação técnica e comercial de difícil inserção;</li> <li>▪ Limitações técnicas associadas ao tipo de <i>software</i> SIG disponível – o teste foi efetuado com recurso a <i>software</i> proprietário (ArcGIS – ESRI).</li> </ul>
	<u>Oportunidades</u>	<u>Ameaças</u>
Fatores Externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disponibilização da informação <i>online</i> para consulta em qualquer equipamento móvel com diferentes níveis de permissão definidos;</li> <li>▪ Possibilidade de adaptar o modelo a outros tipos de rede de telecomunicações;</li> <li>▪ Possibilidade de modelar a rede de acordo com o tipo de análise pretendida;</li> <li>▪ Possibilidade de integrar mais informações que se revelem importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Possibilidade de <i>hacking</i> de ficheiros expondo informações altamente confidenciais;</li> <li>▪ O corromper de ficheiros leva a perda de informação;</li> <li>▪ Carece da opção “<i>auto-save</i>” que se revela útil numa situação de bloqueio do sistema.</li> </ul>

## Considerações Finais

Chegados ao termo da nossa investigação, apresentam-se agora, os principais aspetos conclusivos. Numa primeira fase, os dois primeiros capítulos introduzem a temática referenciando os aspetos teóricos de análise, esmiuçando os aspetos técnicos considerados fundamentais para a compreensão do funcionamento de uma rede, a relação topológica dos elementos constituintes, as arquiteturas utilizadas e suporte tecnológico das mesmas. Centramos esse detalhe na rede de fibra óptica, uma vez que esta seria por nós utilizada como suporte técnico de transmissão de sinal informativo para a modelação da rede NTELgis.

Efetuámos uma análise da componente técnica e operacional fazendo uma ligação à componente de análise SIG no sentido de promovermos uma interligação entre as propriedades e elementos da rede fibra, com as respectivas ferramentas SIG que iriam servir de base para a construção do modelo. Detalhámos o processo construtivo desse modelo, e por fim efetuámos uma análise de algumas situações que nos pareceram poder retratar alguns dos problemas-tipo mais frequentes, difíceis e ou/onerosas para as operadoras de telecomunicações, situações para as quais procurámos desenvolver soluções com recurso à plataforma construída para o funcionamento da rede que serviu de base ao ensaio do modelo NTELgis.

Salientamos que neste último capítulo da dissertação apresentamos alguns problemas, problemas-tipo que resultam do nosso conhecimento decorrente do trabalho quotidiano numa empresa prestadora deste tipo de serviços de telecomunicações. Foi com base na perceção de algumas fragilidades que persistem na gestão deste tipo de serviços que nos propusemos desenvolver e testar o modelo sub-judice. Evidenciamos desta forma, que as ferramentas SIG são um contributo fundamental num contexto de análise, gestão e decisão no planeamento de uma rede.

Os resultados desta metodologia revelaram a força do modelo, designadamente, ao nível do cadastro dos objetos (elementos) que participam na rede e, a partir daí, o seu elevado potencial de inquirição ao sistema com *queries* diversas, permitiu encontrar soluções para problemas concretos, dos quais nos ocupámos, em particular na fase final do trabalho. Os resultados desta metodologia de cadastro revelaram-se eficazes, de simples manuseamento

depois de nos familiarizarmos com a metodologia, e de simples edição. Os resultados são obtidos de forma rápida, com análises completas e a versatilidade do modelo deixou-nos expectantes em relação à sua potencialização, tendo em conta a sua aplicabilidade em outros tipos de suportes tecnológicos de rede de telecomunicações.



## Referências

ANACOM (2008) – "Estudo sobre o impacto das Redes de Próxima Geração no mercado."

ALMEIDA, A. (2009) – Fibra Óptica na Rede de Acesso: Implicações nas Redes dos Edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações apresentada à Universidade de Aveiro, pp. 13-39.

ANSELIN, L. (1995) – "*Local indicators of spatial association - LISA.*" *Geographical Analysis*, 27(2), pp. 93-115.

BEGUERÍA, S. (2006) – *Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management, Natural Hazards*, 37, pp. 315–329.

BESIM, B. e MENNAN S. (2011) – *IPTV over XDSL – Network Infrastructure*. Sapienza Università di Roma, 29 pp.

CAI, G. (2002) – *A GIS Approach to the Spatial Assessment of Telecommunications Infrastructure – Networks and Spatial Economics*, 2. Kluwer Academic Publishers, pp. 35-63.

CALDWELL, J., Ram, Y. M. (1999) – *Mathematical modeling: concepts and case studies*, 3rd ed., Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.

CHIAROTTI, A. *et al.* (1997) – Metodologia de Implantação de um Sistema de Informações Geográficas nas Telecomunicações do Paraná: Proposta. Trabalho de graduação apresentado à Universidade Federal do Paraná para conclusão de curso à disciplina TG-085 - Projeto Final, pp. 5-18.

COUCLELIS, H. (1997) – *From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation. Environment and Planning B: Planning and Design* 24, no. 2: pp. 165-74.

COUCLELIS, H. (1997) – *GIS without computers: building geographic information science from the ground up. Innovations in GIS - 4: Selected papers from the Fourth National Conference on GIS Research UK (GISRUK)*. Editor Zarine Kemp, pp. 219-26.

COELHO, S. (2009) – *Fibra Óptica na Rede de Acesso: Tecnologias e Soluções*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações apresentada à Universidade de Aveiro, pp. 19-69.

DUARTE, A. M., (2009) – “Rede e Serviços de Telecomunicações: Conceitos, Modelos e Estruturas Fundamentais das Redes de Telecomunicações”, notas de estudo, Universidade de Aveiro.

FRANTZ, R. (2009) – *Telecom Connections – Multiservice Telco Improves Data Access with Spatial Network Management Applications*, ESRI Incorporated, 12 pp.

FREITAS, R. (2010) – Levantamento e Cadastro de Infra-estruturas associadas aos Sistemas de Abastecimento de Água e de Tratamento e Drenagem de Águas Residuais e Pluviais. IGA – Investimentos e Gestão da Água, S.A. EUE 2010. Acedido a 15 de Maio de 2013 e 17 de Agosto de 2013:  
[http://www.esriportugal.pt/files/6813/1862/3794/IGA\\_%20EUE%20Madeira%202011.pdf](http://www.esriportugal.pt/files/6813/1862/3794/IGA_%20EUE%20Madeira%202011.pdf)

GODIN, L. (2001) – *GIS in Telecommunications*. ESRI, Incorporated, 108 pp.

HARP, S. (2008) – *Telecom Connections – GIS Fills the Gaps for State-Based Broadband Initiative*, ESRI Incorporated, 8 pp.

KUMAR, K. e CHESSER, W. (2007) – *Telecom Connections – Qatar Telecom Connects with Instant Access to Infrastructure Records*, ESRI Incorporated, 8 pp.

LEAL, J. (2001) – Sistema Integrado de Gestão de Redes de Telecomunicações, PT Inovação, SA.

MELL, V. (2011) – *ArcGIS Desktop Tutorial – NASA Research Experience for Undergraduates*, 144 pp.

PAULO, C. (2004) – *As Redes como um Modelo de Dados Geográficos em Evolução: Caso Prático num SIG*, 12 pp.

PEERY, S. (2004) – “*GIS Applications in Community Telecommunications*”. Virginia Tech eCorridors, 55 p.

PIRES, J. (2006) – Sistemas e Redes de Telecomunicações. Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Instituto Superior Técnico, 240 pp.

PIRES, J. (2010) – Redes de Telecomunicações. ISTUTL. Acedido a 16 de Agosto de 2013: [https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/709757/1/Cap1\\_RT\\_10.pdf](https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/709757/1/Cap1_RT_10.pdf)

ROCHA, F. (2011) – Sistemas Complexos, Modelação e Geosimulação da evolução de Padrões de Uso e Ocupação do Solo. Dissertação de Doutoramento em Geografia e Ciências da Informação Geográfica apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, 947 pp.

RODRIGUE, J-P. COMTOIS, C. e SLACK, B. (2006) – *The Geography of Transport Systems*. Routledge, 297 pp.

SÁ, R. (2007) – “Sistemas e Redes de Telecomunicações”. – FCA - Editora de Informática, 292 pp.

SAITO, J. e MADEIRA, E. (2001) – Um Modelo de Gerenciamento de Redes de Telecomunicações Utilizando a Plataforma CORBA. Instituto de Computação – UNICAMP, pp. 130-145.

SANTOS, J.G. (2012) - Apontamentos da cadeira de Modelação Espacial em ambiente SIG, Mestrado em Geografia Física, FLUC, Coimbra.

SILVA, H. (2005) – “*Optical Access Networks*”. Acedido a 15 de Julho de 2013: [http://www.co.it.pt/seminarios/webcasting/itcbr\\_09\\_03\\_05.pdf](http://www.co.it.pt/seminarios/webcasting/itcbr_09_03_05.pdf)

SOUZA, G. (2011) – Método de Modelagem da Parcela Espacial para o Cadastro Tridimensional. Dissertação de Doutoramento em Ciências Cartográficas apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Universidade Estadual Paulista, 88 pp.

ULIANO, A. *et al.* (2005) – Sistemas de Informações Geográficas do Cadastro Técnico de Redes de Água, Esgoto e Sistemas de Abastecimento do SAMAE – Blumenau.

ZEILER, M. (1999) – “*Modeling our World*”. Environmental Systems Research Institute, Inc. 195 pp.