



**Departamento de Arquitectura, Urbanismo e Geografia**

# **CONTRIBUTOS PARA UM SIG DE APOIO À DECISÃO NO COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS**

**Junho 2006**

**ANTÓNIO JOSÉ MARQUES RODRIGUES**

**2200110**

Professora Orientadora: Dra. Ana Amorim

Tese de licenciatura em Geografia e Desenvolvimento Regional, no âmbito da  
Cadeira de Seminário de Investigação Ano Lectivo 2005/2006

## Agradecimentos

A Licenciatura em Geografia e Desenvolvimento Regional finaliza com a apresentação de uma tese de licenciatura. Esta tarefa só é possível realizar desde que existam, entre outras envolventes, a orientação e cooperação científica e o apoio humano. De facto, foi por este conjunto de factores se terem reunido, que foi possível realizar este trabalho. Faz um enorme sentido ao concluir este trabalho, a seguinte frase que escutei da Professora Doutora Maria João Castelo Branco: "... não passamos de anões às cavalitas de outros anões que por sua vez estão às cavalitas de outros tantos anões e que só por isso teremos a visão de gigantes."

Esta tese alicerça-se no trabalho de muitos investigadores, sem esse conhecimento ela seria impensável, é por isso que dirijo em primeiro lugar o meu agradecimento a todos os que permitiram que chegar até aqui.

Com especial relevo agradeço à minha orientadora da tese, Professora Dra. Ana Amorim, na verdade teve sempre a palavra exacta como estímulo, e manteve uma compreensão plena com as minhas adversidades. A sua orientação científica e incentivo foram cruciais, bem-haja.

Agradeço aos professores da licenciatura de Geografia, o seu apoio científico e humano com os quais pude contar desde o primeiro dia que enveredei nesta tarefa.

Também devo agradecer ao Professor Eng.º Rogério Chumbinho, Professor da Escola Naval e na licenciatura em Ciências do Mar na Universidade Lusófona, e membro da equipa da empresa PlogP, o sistemático e incansável apoio e disponibilidade. O Professor Rogério Chumbinho teve a amabilidade de apoiar pessoalmente e presencialmente as reuniões efectuadas com os comandantes de bombeiros e técnicos de protecção civil.

Agradeço também ao Doutor Sérgio Fernandes, consultor de SIG da ESRI Portugal, a forma amável da sua participação nas reuniões de trabalho em conjunto comigo e com o Professor Rogério Chumbinho, assim como a colaboração nos esclarecimentos científicos que lhe fui solicitando.

Teve particular relevância o Professor Miguel Bessa Pacheco, da licenciatura em Ciências do Mar, Oficial superior da Armada Portuguesa, e Chefe do Centro de Dados Técnico Científicos no Instituto Hidrográfico. Os seus ensinamentos, concelhos e, alguns conteúdos da sua apresentação no 4.º encontro de utilizadores de ESRI, constituíram uma preciosa ajuda.

Agradeço de igual modo à Professora Mestre Leonor Gandra, os concelhos técnicos na formatação do trabalho.

A inestimável disponibilidade dos Srs. Comandantes de bombeiros, bombeiros e técnicos de protecção civil, para colaborarem nas reuniões de trabalho e reflexão sobre este projecto, revelaram-se uma prestimosa e indispensável ajuda, a todos eles o meu muito obrigado.

Contribuíram de maneira especial, com o seu concelho incentivo e opinião, alguns colegas aos quais devo também expressar a minha enorme gratidão, refiro-me aos Srs. Comandantes Dr. Cristiano Santos, Angelo Simões e Carlos Monserrate (Bombeiros de Loures), Comandante Fernando Barão (Bombeiros de Torres Vedras), Comandante Alexandre Segundo (Bombeiros da Pontinha), Comandante Luís Gouveia (Bombeiros de Sacavém).

Foram várias as instituições que contribuíram com apoios do mais variado tipo, é pois imperativo um agradecimento especial:

À empresa PlogP, pela cedência do software MacFire e pelo acompanhamento científico.

À ESRI Portugal, que me disponibilizou a plataforma ArcGIS 9.1, para além de prestar apoio na forma da assessoria do Dr. Sérgio Fernandes.

À empresa Critical Software SA, pela disponibilização de imagens e informações técnicas sobre o PremFire.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra e à ADAI, pelo contributo em documentação e pelos esclarecimentos técnicos que me foram cedidos, pelo Professor António Gameiro da equipa técnica que produziu o FireStation.

À Câmara Municipal de Mação, Serviço Municipal de Protecção Civil e Gabinete Técnico Florestal, pela disponibilidade com que me demonstraram o sistema MacFire operacionalizado, e pelo apoio prestado pelo técnico de protecção civil, Sr. Luís Jana.

Devo um agradecimento especial pelo apoio e incentivo, ao Exmo. Sr. Presidente da Câmara Municipal de Odivelas, Dr. Manuel Vargês, à Sra. Coordenadora do Gabinete Municipal de Protecção Civil de Odivelas Dra. Elisabete Lucas e ao responsável pelo Sistema de Informação Geográfica do Município de Odivelas (SIGMO) Mestre Rui Dias, pela total disponibilidade, e apoio científico.

## Resumo

A problemática que envolve o combate aos incêndios florestais em Portugal ou em qualquer outra parte do mundo, constitui uma preocupação para a qual diversas ciências têm contribuído frequentemente com novas metodologias. No nosso País, a evolução dos incêndios nos últimos anos, revelou-se de tal forma perturbadora da sociedade que foram inúmeros os cientistas e os políticos que se debruçaram sobre o tema, abordando-o cada um segundo a sua janela de visão. Dos vários estudos de diagnóstico elaborados, percebe-se a falta, entre outros aspectos, de uma ferramenta auxiliar do processo humano da gestão das operações de combate, particularmente potenciando as capacidades de decisão.

Este trabalho surge como um contributo metodológico para auxílio do processo de decisão na gestão das operações de combate aos incêndios florestais, recorrendo às Tecnologias de Informação Geográficas. No decurso deste estudo, procurar-se-á conceptualizar uma ferramenta para apoiar o Comandante das Operações de Socorro (COS) na gestão das operações de um combate a um incêndio florestal, que substitua com maior eficiência o modelo tradicional, normalmente assente na cartografia em suporte de papel. O método escolhido passa por integrar um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de gestão, um conjunto de Tecnologias de Informação Geográfica (TIG), tais como Global Position System (GPS), Global Position Report System (GPRS), SIG, Software, hardware, (...) cujo contributo se revelou fundamental na conceptualização da arquitectura do SIG.

A preparação deste trabalho de investigação envolveu a consulta de vários actores (comandos de bombeiros e técnicos de protecção civil), relevantes nos domínios do planeamento de operações e combate aos incêndios florestais, no decurso de três sessões de reflexão realizadas em Maio de 2006. Refere-se ainda a colaboração de actores nos domínios de produção e comercialização de software e de cartografia, com a disponibilização de software, consultadoria e apoio técnico.

## **GLOSSÁRIO DE SIGLAS**

**AM** – Automated Mapping

**APRS** – Amateur Packet Radio System

**CAD** – Computer Aided Design

**CEGED** – Centro de Estudos Geográficos e de Desenvolvimento

**COS** – Comandante das Operações de Socorro

**COTEC** – Cotec Portugal, Associação Empresarial para a Inovação

**CODIS** – Comandante Operacional Distrital

**CONAC** – Comandante Operacional Nacional

**CDOS** – Comando Distrital de Operações de Socorro

**CNOS** – Comando Nacional de Operações de Socorro

**CREIF** - Carta de Risco Estrutural de Incêndio Florestal

**CRCIF** - Carta de Risco Conjuntural de Incêndio Florestal

**DEF** – Departamento de Engenharia Florestal

**ENB** - Escola Nacional de Bombeiros

**FM** – Facilities Management

**FPI** – Fire Potential Index

**GPI** – Grupo de Primeira Intervenção

**GPS** – Global Position System

**GPRS** – General Packet Radio Service

**GIS** – Geographic Information System

**MODIS** - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

**NDVI** - Normalized Difference Vegetation Index

**PCO** – Posto de Comando Operacional

**SNBPC** – Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil

**SFI** - Structural Fire Index

**SIG** – Sistema de Informação Geográfica

**TIG** – Tecnologias de Informação Geográfica

**TO** – Teatro de Operações

**ZCR** – Zona de Concentração e Reserva

**ISA** – Instituto Superior de Agronomia

**TIG** – Tecnologias de Informação Geográfica

# ÍNDICE GERAL

<b>Agradecimentos</b>	<b>i</b>
<b>Resumo</b>	<b>iii</b>
<b>GLOSSÁRIO DE SIGLAS</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GERAL</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1. Operações de combate aos incêndios florestais</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Sistema de Comando Operacional</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1 Princípios fundamentais do SCO</b>	<b>8</b>
<b>1.1.2 Evolução da organização</b>	<b>9</b>
<b>1.1.3 Funções na estrutura da organização</b>	<b>9</b>
<b>1.1.4 Níveis de actuação</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Os problemas no terreno</b>	<b>10</b>
<b>2. Os modelos SIG para apoio à decisão no combate aos incêndios florestais em Portugal</b>	<b>13</b>

<b>2.1 Os sistemas de informação geográfica</b>	<b>15</b>
<b>2.2 As tecnologias de informação geográfica</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Aplicações SIG na modelação de propagação do fogo</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Cartografia nacional de risco de incêndio florestal</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1 Modelo dinâmico de risco de incêndio florestal, sistema PremFire</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Aplicação para gestão de dados de combate a incêndios em tempo real</b>	<b>30</b>
<b>2.5.1 Síntese das capacidades funcionais e dos benefícios</b>	<b>35</b>
<b>2.5.2 Exemplo da arquitectura com a configuração básica para um nível de decisão</b>	<b>37</b>
<b>2.5.3 Configuração avançado com um nível de decisão</b>	<b>38</b>
<b>2.5.4 Configuração avançada com dois níveis ou mais de decisão</b>	<b>39</b>
<b>3. Arquitectura de um SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Configuração do hardware e software nos postos de comando e supervisores</b>	<b>45</b>
<b>3.1.1 Configuração dos postos móveis</b>	<b>46</b>
<b>3.1.2 Valências do software e aplicações integradas no SIG</b>	<b>46</b>
<b>4. Fontes, fluxos de informação, demonstração e bases de dados</b>	<b>48</b>

<b>4.1 Demonstração da visualização 2D/3D</b>	<b>49</b>
<b>4.1.1 Outros tipos de aplicações da arquitectura proposta</b>	<b>54</b>
<b>5. Breve análise dos resultados obtidos</b>	<b>55</b>
<b>Conclusões / Considerações finais</b>	<b>57</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>61</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1 – Cronologia do trabalho</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2 – Tecnologia de Informações Geográficas</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3 – Resultados do comportamento do fogo produzidos pelo FireStation</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4 – Idem</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5 – Simulação do comportamento do fogo produzido pelo FireStation</b>	<b>21</b>
<b>Figura 6 – Carta de Risco Estrutural de Incêndio Florestal</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7 – CRCIF Carta de Risco Conjuntural de Incêndio Florestal</b>	<b>25</b>
<b>Figura 8 – Carta com o cálculo de incidência relativa de área ardida/CRCFI</b>	<b>26</b>
<b>Figura 9 - Pormenor da carta com o cálculo de incidência relativa de área ardida/CRCIF</b>	<b>27</b>

<b>Figura 10 – Carta de Risco Integrado de Incêndio Florestal</b>	<b>28</b>
<b>Figura 11 – Esquema ilustrativo dos segmentos da solução</b>	<b>31</b>
<b>Figura 12 – Segmento de controlo</b>	<b>32</b>
<b>Figura 13 – Idem</b>	<b>32</b>
<b>Figura 14 – Segmento móvel</b>	<b>34</b>
<b>Figura 15 – Idem</b>	<b>34</b>
<b>Figura 16 – Configuração com um nível de decisão</b>	<b>38</b>
<b>Figura 17 – Configuração avançada com um nível de decisão</b>	<b>39</b>
<b>Figura 18 – Configuração avançada com dois ou mais níveis de decisão</b>	<b>40</b>
<b>Figura 19 – Quadro das componentes do SIG</b>	<b>41</b>
<b>Figura 20 – Utilização das TIG</b>	<b>42</b>
<b>Figura 21 – Arquitectura do SIG</b>	<b>43</b>
<b>Figura 22 – Fluxos de informação</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23 – Um cenário de incêndio florestal, imagem em 2D</b>	<b>49</b>
<b>Figura 24 – O mesmo cenário em 3D</b>	<b>50</b>
<b>Figura 25 – O cenário de incêndio florestal com meios implementados no terreno</b>	<b>50</b>

<b>Figura 26 – Esquematização dos fluxos de informação</b>	<b>51</b>
<b>Figura 27 – ArcMap com carta militar</b>	<b>52</b>
<b>Figura 28 – Perspectiva do TO em 3D, com o ArcScene</b>	<b>53</b>
<b>Figura 29 – Vale inundado</b>	<b>54</b>
<b>Figura 30 – Operações de socorro em montanha</b>	<b>55</b>

## **ÍNDICE DE QUADROS**

<b>Quadro 1 – Questões chave do COS a responder com o SIG</b>	<b>3</b>
<b>Quadro 2 – Estrutura do trabalho</b>	<b>6</b>
<b>Quadro 3 – Esquema metodológico do trabalho de investigação</b>	<b>6</b>
<b>Quadro 4 – Representação esquemática da metodologia para elaboração da cartografia de risco</b>	<b>23</b>
<b>Quadro 5 – Demonstração das soluções tecnológicas para as questões do COS</b>	<b>44</b>
<b>Quadro 6 – Síntese dos contributos do software para o SIG</b>	<b>47</b>

## Introdução

Nos últimos anos assistimos com crescente preocupação, à evolução dos incêndios florestais que grassaram por todo o Portugal Continental. Ouvimos vezes sem conta falar sobre problemas de coordenação das operações, de combate aos incêndios florestais (**Livro Branco dos Incêndios Florestais, 2003: pág. 82**)<sup>1</sup> e, com alguma perplexidade, também escutámos que as forças no terreno e os responsáveis pela decisão a vários níveis, sofriam de uma falta gritante de instrumentos capazes de potenciar a eficácia dos dispositivos de combate dispostos no teatro de operações (TO).

A reflexão efectuada sobre o tema assenta em 28 anos de experiência neste tipo de operações, muitos dos quais foram desempenhados na liderança de grupos e divisões de combate, com especial incidência nos últimos anos, nas funções de comandante de operações. Estes factos tornam possível perceber o problema de uma forma privilegiada.

A esta reflexão associou-se o conjunto dos conhecimentos adquiridos na licenciatura em Geografia e Desenvolvimento Regional, com particular relevo nas disciplinas de Sistemas de Informação Geográfica e Tecnologias de Informação Geográfica, inspiradoras da ideia para este trabalho de fim de curso. Reconhece-se que o desafio colocado é uma tarefa particularmente ambiciosa, uma vez que tem como objectivo conseguir responder, de um modo prático e útil, a algumas das questões que se colocam aos Comandantes de Operações de Socorro (COS) nos TO de combate aos incêndios florestais. A questão que se coloca é: Que arquitectura para um SIG de gestão, capaz de fornecer num olhar, a informação vital para o COS num TO, de combate a um incêndio florestal?

A resposta à questão estará intimamente ligada a todas as variáveis que podem influenciar a tomada de decisão do COS. Estas resultam e interagem com a metodologia aplicável num Sistema de Comando Operacional<sup>2</sup> (SCO), a qual consiste numa estrutura orgânica de

---

<sup>1</sup> O Livro Branco dos Incêndios Florestais, surge por iniciativa do governo português, com a intenção de caracterizar e identificar a problemática do combate aos incêndios florestais, tendo em consideração as condições extremas e de excepção em que grassaram os incêndios naquele ano e cujas causas eram sistematicamente referidas nos media como falhas de organização e de formação dos agentes.

<sup>2</sup> “Sistema de Comando Operacional, SCO é uma forma de organização de carácter conjuntural, isto é aplica-se, apenas, para fins operacionais, sendo desactivada quando terminada a ocorrência. Tem por objectivo facilitar a implementação das condições necessárias à execução das prioridades táticas, sob a responsabilidades do Comandante das Operações de Socorro” ARTUR GOMES, Manual de Comando Operacional, Escola nacional de Bombeiros, página 11, Sintra 2002.

interacção entre os diversos actores presentes num TO. A resposta à questão remete também para uma abordagem do estado actual das Tecnologias de Informação Geográficas (TIG) que se procurarão integrar na arquitectura do SIG, de maneira a serem atingidos os objectivos propostos. No final, tudo consistirá no cumprimento de uma condição fulcral, que não é mais do que otimizar o método referente à velocidade e à fiabilidade da informação que é apresentada ao decisor COS. A maneira como a informação é visualizada dependerá de uma arquitectura viável, integrando várias tecnologias como a informática, redes de comunicações, GPS, Amateur Packet Radio System (APRS), rádio comunicações e Internet, que associadas a uma base de dados, se constituam como o ambicionado SIG de gestão disponível para múltiplos utilizadores, em rede ou em posto individual, a ser utilizado nos postos de comando no combate aos incêndios na floresta.

O objectivo desta investigação insere-se por isso na problemática do combate aos incêndios florestais, e em particular, no processo de apoio à decisão. O problema tem sido objecto de estudo por parte de universidades e empresas, o que resultou no desenvolvimento e instalação de algumas aplicações informáticas que foram integradas em plataforma SIG. No entanto, apesar de alguns sistemas apresentarem grande potencial, encontram-se instalados de forma avulsa, não integrando por isso num só SIG o conjunto das suas capacidades. O contributo deste trabalho é a conceptualização da arquitectura de um SIG, que conjugando os potenciais das aplicações disponíveis, permita produzir os output necessários para o COS conhecer de facto, tanto quanto possível, a exacta realidade do que se passa no terreno, transmitindo-lhe uma visualização adequada das áreas de incêndio, da sua possível progressão e da exacta localização dos meios e equipas de combate, terrestres ou aéreas. Acresce também, que é manifestamente importante a introdução do conceito da visualização em 3D. O seu potencial assenta no facto de que, com um breve olhar, o COS pode adquirir a informação que necessita, para tirar o melhor desta ferramenta para a tomada de decisão. Isto acontece porque a visualização em 3D, dispensa a necessidade do COS em interpretar os signos de uma carta militar, no que respeita a alguns aspectos particularmente importantes para o combate, como referiremos adiante com maior detalhe. Assim, o problema a resolver é: identificar que informação relativa às operações de combate a um incêndio florestal, enquadradas no sistema de organização do TO, é pertinente para o COS, e a partir daí, encontrar o conjunto de

tecnologias de software que respondam às questões chave do COS. O quadro seguinte procura sintetizar as questões chave do COS a responder com o SIG.

**Quadro 1 - Questões chave do COS a responder com o SIG**

	Visualizar	Identificar	Determinar	Outra
Topografia	2D/3D Relevo/locais de risco	Ameaças dificuldades	Caminhos de fuga Estratégia /Táctica	Estratégia Táctica
Coberto vegetal	Distribuição, manchas densidade, continuidade do combustível	Tipologia do combustível	Estratégia Táctica	Histórico de incêndio
Linha (s) perímetro de fogo	Localização Dinâmica do incêndio, Intensidade	Áreas de refúgio	Estratégia Táctica	Predição de progressão
Meios a operarem no terreno	Localização	Ameaças	Condição Operacional	Segurança
Acessos/Aceiros Corta Fogos	Localização	Linhas de contenção	Infra estruturas de combate	
Infra-estruturas logísticas	Localização	Tipo	Condição Operacional	
<b>Transversal, declaração de situações de risco eminente, e a emissão de pedidos de socorro e resposta.</b>				

Fonte: Autor

Facilmente é perceptível, através da visualização do quadro que antecede, os tipos de informação e de acção que o COS deverá poder receber e concretizar. É também

necessário definir a forma como o COS percebe a informação, isto é, como é que a visualiza, ou como é que o SIG pode “interagir” com o COS. Este ponto poderá parecer de menor importância, no entanto, se considerarmos a circunstância que envolve o COS durante o processo mental em que este tem perceber o TO, e que consiste em efectuar uma avaliação e decidir (às vezes ao segundo), quais as acções de resposta face ao cenário de risco, concluiremos que ele está perante uma situação de elevadíssima pressão. Por isso, o SIG deverá “mostrar” ao COS o “ponto da situação”, reduzindo ou anulando qualquer dificuldade que este possa ter durante o processo de aquisição da informação que lhe permite desencadear a avaliação e, conseqüentemente, a resposta. Tudo isto no mais curto espaço de tempo possível e com a máxima assertividade. É aqui que se introduz o conceito de visualização em 3D.

Se a representação do cenário onde ocorre o incêndio florestal, for efectuada com o recurso a um ortofoto<sup>3</sup> como suporte, e com o modelo digital de terreno inserido na plataforma adequada, poder-se-á produzir uma imagem tridimensional, a que, acrescentamos a restante informação pertinente. Ao ganhar a terceira dimensão, a imagem do território onde lavra o incêndio, passa a poder ser observada pelo COS como se ele pudesse sobrevoar a área do fogo, com uma percepção muito mais próxima do real e, com menor dificuldade do que a que resultaria por exemplo, de uma representação em carta topográfica a 2 dimensões. De facto, é este conceito de visualização que permite à arquitectura do SIG otimizar o processo, porquanto o interface 3D ao estar mais perto da representação do real, permitirá uma leitura dos dados muito mais intuitiva do que quando comparada com a visualização em 2D.

Estes contributos para um SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais, enquadram-se na comunicação efectuada no decurso do 15.º GeoForum promovido pelo Centro de Estudos Geográficos de Desenvolvimento (CEGED) na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, donde destacamos a seguinte ideia de base, “ Para o sucesso dos Bombeiros no combate a um incêndio florestal, é fundamental a qualidade da informação e a velocidade com que ela é colocada à disposição do Comandante das Operações de Socorro. Um Sistema de Informação Geográfica pode ser uma forma eficaz

---

<sup>3</sup> Ortofoto - fotografia aérea que foi sujeita ao processo de ortorrectificação, ou seja, à transformação geométrica aplicada a uma fotografia aérea, de tal modo a que a faça corresponder a uma projecção ortogonal do terreno, segundo uma direcção vertical. A imagem transformada é uma ortofoto. (Gaspar, J.A., 2004)

de resposta a esta necessidade” (Rodrigues, A., Junho 2005). De facto, no que respeita aos meios de planeamento, previsão e apoio à decisão, o pressuposto intrínseco desta ideia, viria a ser justificado 4 meses mais tarde numa abordagem clarificadora das necessidades de Portugal:

“ É uma evidência que a capacidade de decisão, seja em que domínio for, se encontra intrínseca e estritamente dependente do grau de informação imediatamente disponível.

Na verdade, um Sistema de Combate a Incêndios Florestais, como o já existente em Mação, que permita conhecer de facto, tanto quanto possível, a exacta realidade do que se passa no terreno, transmitindo uma visualização adequada das áreas de incêndio, da sua possível progressão e da exacta localização, desde que os meios equipas de combate, terrestres e aéreos, estejam devidamente equipados com os meios adequados, traduz-se como um importante sistema de apoio à decisão.

Um sistema crucial, não apenas para acções de Coordenação e Comando mas também para a operação propriamente dita, ...”. (Autoridade Nacional para os Incêndios Florestais, Outubro 2005: pág. 58)

Importa reter que o comando do combate ao fogo na floresta resulta de um constante feed back, em que as decisões do COS têm implicações directas na forma como os meios e recursos de combate vão ser distribuídos no espaço, cujo posicionamento e táctica de combate dependerá directamente do comportamento e evolução do fenómeno. É pois, o comportamento actual e futuro do fogo, que determina o grau da complexidade das operações de combate e que colocam ao homem a necessidade específica e vital de ter uma imagem que reproduza o mais actual e fiel possível o cenário em que o incêndio ocorre. Fundamenta-se assim a necessidade de um Sistema de Combate a Incêndios Florestais, a razão e o objectivo do trabalho.

Esta ferramenta não se esgota só nos incêndios no espaço florestal. A sua aplicação poder-se-á estender, com a devida adaptação, a todas as variantes de operações de socorro. Foi escolhida a abordagem do tema dos incêndios florestais, quer pela sua actualidade em Portugal, quer por parecer emergente a aplicação de um SIG de gestão neste tipo de operações em particular.

O presente trabalho desenvolve-se com a seguinte estrutura:

### Quadro 2 - Estrutura do trabalho

INTRODUÇÃO, OBJECTIVOS, DEFINIÇÃO E ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA	
As Operações de combate aos incêndios florestais	Os modelos SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais em Portugal
A ARQUITECTURA DE UM SIG PARA APOIO À DECISÃO NO COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	
Fontes, fluxos de informação, demonstração e bases de dados	Breve análise dos resultados obtidos
CONCLUSÕES	

### Quadro 3 – Esquema metodológico do trabalho de investigação

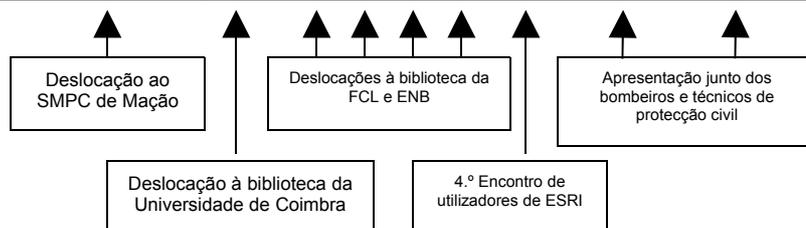
FASES		OBJECTIVOS
1 <sup>a</sup>	Caracterização da situação existente - Levantamento junto dos actores (Comandos dos Bombeiros). - Pesquisa bibliográfica. - Pesquisa sobre a investigação do problema em Portugal. - Pesquisa das tecnologias, software e aplicações em uso.	- Formulação do problema (definição da pergunta de partida, questões a responder - Estado da arte (identificação das técnicas em uso)
2. <sup>a</sup>	Selecção das Tecnologias de Informação Geográfica a integrar no SIG - Investigação das TIG e produtos em uso na área em estudo, cuja aplicação tenha sido testada com resultados validados. - Integração das Tecnologias de Informação Geográfica no SIG	- Identificar os contributos de cada TIG para resposta às questões formuladas, elaboração das arquitecturas do SIG Breve análise dos resultados obtidos
3 <sup>a</sup>	Conclusão	Conclusões

Apresenta-se de seguida a cronologia na qual esta tese de licenciatura foi desenvolvida. O trabalho foi elaborado no último ano lectivo do curso, sendo resultado do conjunto de saberes adquiridos e de um processo que teve cinco momentos fundamentais, os quais tiveram início em 2005 e fim em 2006: A reflexão inicial, elaboração da proposta do trabalho, pesquisa, investigação, recolha de informação e análise, (+ relatório intercalar) redacção final, construção da apresentação, preparação para a defesa. As acções junto dos actores decorreram respectivamente em Torres Vedras e Malveira, nos dias 10 de Maio e 10 de Junho de 2006, reunindo um total de 30 elementos de comando e técnicos de protecção civil das corporações e câmaras municipais das áreas operacionais. A metodologia consistiu na apresentação do problema e da proposta de arquitectura do SIG, sendo pedido aos actores a indicação de sugestões

### Figura 1 – Cronologia do trabalho

Reflexão inicial	Elaboração da proposta do trabalho	Pesquisa e revisão bibliográfica, recolha de informação, análise das metodologias, acções junto dos stake holders, ensaio de redacção, apresentação do relatório de evolução.	Redacção final, elaboração da apresentação	Preparação para a defesa
------------------	------------------------------------	---	--	--------------------------

Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
2005			2006					



Durante o desenvolvimento do trabalho, foram efectuadas consultas e revisão de várias obras científicas, com maior ou menor impacto no trabalho final, mas sempre com contributo para a reflexão necessária ao processo de investigação.

## 1. Operações de combate aos incêndios florestais <sup>4</sup>

A estrutura de combate aos incêndios em Portugal assenta num dispositivo denominado SCO, que consiste essencialmente num modelo de relações e de papéis desempenhados pelos actores que intervêm num TO. No âmbito deste trabalho, é essencial a compreensão dessa estrutura e do enquadramento em que se desenvolvem as operações de combate aos incêndios florestais, assim como, quais os factores e particularidades deste tipo de missão que exigem especial atenção e resposta por parte de quem comanda.

Começar-se-á então por descrever objectivamente a essência da estrutura que alicerça a organização de um TO, o SCO, e seguidamente abordar-se-ão os princípios estratégicos e táticos do combate propriamente dito.

É importante mencionar que a esta estrutura corresponde sempre uma distribuição de meios e recursos no espaço, que visa, como se descreverá adiante, manter o dispositivo de combate coeso e seguro durante as acções de supressão do incêndio. Estará assim implícito a todo o tempo, que o conjunto de dados que reflectem essa distribuição é a essência da informação a prestar ao COS. O conhecimento actualizado que o decisor deve

<sup>4</sup> Adaptado do *Manual de Comando Operacional*, ENB, Sintra, 2002

dispor relativamente ao cenário em que se desenrolam as operações, envolverá outros aspectos particularmente importantes que reflectem situações particulares de perigo.

## 1.1 Sistema de Comando Operacional

Nenhuma operação com as exigências que o combate a um incêndio florestal tem, poderá ser normalmente bem sucedida se não assentar num modelo de funcionamento devidamente estruturado. No caso português, a organização das operações tem um carácter conjuntural. É activada apenas para o objectivo que existe e desactivada assim que finda a ocorrência que lhe deu origem. O objectivo consiste em agilizar a implementação das condições necessárias à execução das prioridades tácticas, sob a responsabilidade do comandante das operações de socorro, conforme descrito por **(Gomes, A., 2002: pág. 11)**

### 1.1 Princípios fundamentais do SCO <sup>5</sup>

No SCO existem três princípios fundamentais. Em primeiro lugar temos o princípio da unidade de comando. Este significa que em cada momento há só um elemento a comandar, situado no topo da pirâmide da estrutura das operações é dotado da autoridade para o exercício da missão, e cada elemento apenas recebe ordens exclusivamente do seu superior directo na estrutura de comandamento.

Em segundo lugar, o princípio da obrigatoriedade da função. No SCO apenas há uma função com carácter obrigatório, a de COS. É a função de responsável a todo o momento pelas operações, e é desempenhada sempre pelo mais graduado num TO. Em qualquer incidente o chefe da primeira equipa de socorro a chegar ao local é o primeiro a desempenhar as funções de COS, logo as primeiras decisões tácticas de colocação de meios dependem deste.

O terceiro princípio é da manutenção da capacidade de controlo. O que implica que o número de bombeiros que cada graduado deve dirigir directamente varia de quatro a seis, em função da complexidade e risco da operação e da segurança do pessoal. Considera-se

---

<sup>5</sup> A descrição do SCO que se apresenta, resume os aspectos que se consideram mais pertinentes no contexto do presente estudo, descritos por Artur Gomes, 2002 “Manual de Comando Operacional”, ENB.

que, em média, a capacidade de controlo directo de cada graduado é de cinco bombeiros, número este que está sempre presente em toda a estrutura da organização, aplicando-se a veículos, grupos de combate, divisões, frentes, com a consequente distribuição espacial.

### 1.1.2 Evolução da organização

O SCO aplica-se a qualquer ocorrência, seja qual for o seu tipo, importância ou proporção, sendo que à medida que for maior a complexidade das operações, haverá um módulo de organização adequado e mais desenvolvido. O SCO consiste num esquema modular de expansão organizacional, e é da responsabilidade do COS a decisão de expandi-la, para o módulo de organização mais adequado. O COS deverá ter presente que a organização do TO deve processar-se a um ritmo superior ao da colocação de meios a trabalho, isto é, a organização deve preceder a chegada de meios (Planeamento). Assim, e em síntese, para um incêndio florestal complexo e de grandes proporções, teremos uma organização mais desenvolvida que num incêndio pouco complexo e de menores proporções (**Gomes, A., 2002: pág. 15**).

### 1.1.3 Funções na estrutura da organização

O SCO pode integrar as seguintes funções:

Comandante das Operações de Socorro, responsável pela operação, única função com carácter obrigatório em qualquer incidente;

Adjunto do comandante das operações de socorro, elemento de comando que colabora directamente com o COS, como responsável por uma das seguintes tarefas:

- Relações públicas;
- Segurança;
- Ligação.

Comandante de frente, responsável por uma frente de fogo e que reporta directamente ao comandante de combate;

Comandante de divisão, responsável por uma área geográfica do TO (divisão), função que se situa entre o comandante de combate (ou de frente se existir) e o chefe de grupo de combate;

Chefe de grupo de combate, responsável por um grupo de viaturas com funções comuns;

Chefe de viatura (ou chefe de equipa), responsável por um veículo e respectiva equipa.

#### **1.1.4 Níveis de actuação**

No SCO existem três níveis de actuação:

1. Nível estratégico, que detém todo o comando da operação;
2. Nível tático, que trata dos objectivos específicos;
3. Nível de manobra, que se encarrega das tarefas directas de supressão do fogo.

#### **1.2 Os problemas no terreno**

De um modo geral, sempre que uma equipa se depara com a missão de combate a um incêndio florestal, terá o seu trabalho mais ou menos facilitado dependendo das condições que estejam naquele momento a influenciar o comportamento do fogo. Dessas condições destacam-se as que interferem com a deslocação e movimentação dos equipamentos e do pessoal no ponto de contacto com as chamas ou área de intervenção. Outras existem que terão essencialmente que ver com a topografia do terreno, com os acessos, com a densidade da massa combustível, com a temperatura e com o vento. Podem ainda acrescentar-se as condições relacionadas com as características e condições dos equipamentos, o conhecimento que o pessoal tem do território onde ocorre o incêndio, das condições físicas e motivação das equipas. Neste último caso dever-se-á ter em conta que este tipo de trabalhos ocorre, a maior parte das vezes, em condições extremamente exigentes do ponto de vista físico e psicológico e não raramente em locais desconhecidos. Neste ambiente hostil o bombeiro pode facilmente perder informação vital, nomeadamente o

contacto com a dimensão do TO, com o seu comando deixando assim de interagir com o Sistema, o que pode conduzir a situações críticas, como por exemplo:

a) Um grupo de combate encontra-se posicionado na falda de uma encosta com declive acentuado, acima da linha do fogo e com visibilidade reduzida pelo fumo do incêndio.

Que riscos corre?

1. O ar sobreaquecido na frente de fogo pode atingi-los rapidamente provocando-lhes queimaduras nas vias respiratórias das quais pode advir a morte.
2. O material incandescente é transportado pelas correntes de convecção do fogo dando origem a focos secundários na retaguarda do grupo de combate.

Num cenário deste tipo, aliás frequente, o chefe do grupo de combate apenas poderá esperar que na estrutura do SCO exista alguém com a visão imediata do seu risco, de molde a reposicioná-lo para fora da zona crítica.

b) Um grupo de combate progride por uma estrada em direcção ao flanco de um incêndio com o objectivo de estabelecer uma linha de supressão. Apesar do relevo ser pouco acidentado é de novo o factor visibilidade que o impede de perceber a evolução da linha de fogo, e quando se apercebe, o incêndio rodeou-o acabando por cercá-lo.

Neste tipo de cenário a segurança do grupo dependerá, mais uma vez, da percepção que o decisor tiver da situação para poder alterá-la.

c) Um grupo de combate encontra-se em território desconhecido deslocando-se ao longo de uma linha de contenção de fogo (um asseiro isolado no meio de uma floresta) em missão de reconhecimento. Depara-se com a deflagração violenta de um novo foco de incêndio e dada a intensidade não possui a capacidade suficiente para a conter. Necesita de referenciar posição da linha de progressão de fogo para o posto de comando.

Neste tipo de cenário e com recurso à cartografia militar é possível transmitir os dados para o posto de comando com o custo temporal decorrente da demora de aquisição e transmissão dos dados. A situação poderia ser superada com recurso a Tecnologias de Informação Geográfica que optimizassem a aquisição e envio de dados.

De um modo geral, os bombeiros são da opinião que, quaisquer que sejam os cenários num TO, um SIG para o apoio à decisão deverá disponibilizar a informação crucial quer no que respeita às acções de coordenação e comando, quer no que se refere à manobra ou operações. De facto, as opiniões apontam como pontos da maior relevância, que o SIG deve permitir a visualização do estado das operações de combate possibilitando uma análise e avaliação mais rigorosas de toda a envolvente do TO. Essa visualização deve corresponder desde o primeiro instante a todos os factos que ocorrem no TO, onde ocorrem e como se perspectiva que evoluam espaço/temporalmente, contribuindo assim, decisivamente, para uma maior assertividade nas decisões ou acções identificadas durante as acções realizadas com os comandos dos bombeiros. Destas destacam-se:

1. determinação dos locais onde estabelecer linhas de contenção de fogo;
2. identificação dos locais de abordagem ao fogo por parte dos grupos de combate;
3. localização das vias de acesso aos locais chave do TO, bem como à frente de fogo e aos pontos de ataque;
4. determinação a cada instante do estado de operacionalidade e de localização geográfica dos meios, equipamentos e infra-estruturas no TO;
5. indicação clara dos locais de risco a evitar pelos grupos de combate, e controlo de situação por cruzamento desta informação com a da posição geográfica dos grupos;
6. antecipação de ameaças directas e o estabelecimento de caminhos de fuga ou locais de refúgio;

7. manutenção da interactividade efectiva e constante entre os vários intervenientes no TO;
8. redução do factor de desconhecimento do terreno para os grupos em deslocação bem como para o COS;
9. transmissão e recepção de forma clara e sem interferências;
10. declaração de situações de risco eminente, emissão de pedidos de socorro suportados por informação geográfica precisa, de forma rápida, bem como a mobilização do socorro com maior eficácia;

Em particular, foram evidenciadas pelos bombeiros as potencialidades que resultam de uma correcta localização e georeferenciação, bem como de navegação.

Foi referido por alguns dos bombeiros que é de extrema importância a velocidade de leitura e interpretação da informação pelo que será altamente desejável a representação gráfica em 3D.

## **2. Os modelos SIG para apoio à decisão no combate aos incêndios florestais em Portugal**

“Os mapas são uma importante ferramenta de apoio à decisão” (**Longley, Paul A., et al 1998**).

Um dos métodos de gestão das operações de socorro nos combates aos incêndios florestais, em uso pelos bombeiros, tem por base a cartografia militar 1:25.000 ou 1:50.000, consoante a disponível. Com este recurso, e com o auxílio das comunicações, procura-se efectuar a representação na carta, dos meios e recursos distribuídos pelo TO. Neste método, a referenciação geográfica dos meios e equipamentos dispostos no TO, pode ser executada manualmente sobre papel vegetal que é depois sobreposto às cartas, ou directamente nelas a lápis. A sua actualização depende, essencialmente, dos registos existentes em base de dados quanto aos equipamentos e infra-estruturas de apoio por um

lado, e por outro, no que respeita aos meios móveis de combate. O registo da sua posição no terreno é, na maioria das situações, dependente da informação verbal que o chefe da viatura dá, via rádio, ao posto de comando e que, é quase sempre transposta para a carta por estimativa da informação recebida. É dito, por exemplo que a viatura de combate  $y$ , se encontra junto à cabeça de fogo nas traseiras da igreja  $x$ , pelo que o objecto representativo da viatura é inserido aleatoriamente no espaço pressuposto face à informação recebida. Muito raramente a informação utiliza como suporte tecnologias de base GPS que possibilitem um maior grau de certeza quanto à posição do objecto a referenciar. Por outro lado, a alteração de posicionamento dos meios num TO varia com tal frequência, que a sua actualização na carta exige, para ser efectiva, o recurso a um número elevado de meios humanos minimamente qualificados para o efeito. Acresce ainda que, normalmente, quem está na frente de fogo tem, como é expectável, que dedicar maior atenção à manobra, tendendo normalmente a remeter para segundo plano a actualização sistemática e atempada da informação ao Posto de Comando (PC).

Para melhor se entenderem as circunstâncias que influenciam este processo, imagine-se que se está por exemplo, perante um incêndio em plena evolução com duas ou três frentes activas, envolvendo três divisões de combate e, cujo perímetro total, não seja possível de ser avistado a partir do PC (o que acontece aliás frequentemente). Tal facto por si, coloca ao comandante de operações grandes dificuldades em visualizar mentalmente de forma eficaz e assertiva o TO. No entanto, a tarefa melhora quando o TO é representado em cartografia ainda que, pelos motivos atrás referidos, exista um evidente desfasamento entre o que é representado e o real, em virtude da demora que o processo sofre até ficar disponível. Para obstar às necessidades do COS, recorre-se, por vezes, a voos de reconhecimento em helicóptero. Porém, tal apenas é possível durante o dia, havendo também que considerar que o COS deverá conhecer bem o território e saber, claramente, onde estão todas as infra-estruturas de apoio. Esta situação será tanto mais constrangedora quando o COS é rendido por um outro elemento de comando de fora da área que não tem, naturalmente, esse conhecimento.

Poder-se-á dizer que o desejável será então, que em qualquer momento o COS possa visualizar todo o perímetro do incêndio, perceber quais são os meios e onde estão colocados, bem como a sua condição (nível de combustível, nível de água), e de igual

modo, ter boas referências visuais que lhe permitam reconhecer todos os restantes recursos que existam no terreno.

## 2.1 Os Sistemas de Informação Geográfica

Na primeira parte apresentou-se a organização estrutural do combate aos incêndios florestais, e alguns dos aspectos mais importantes para a gestão das operações de combate. Importa agora defender porque as tecnologias de informação geográfica se podem apresentar como uma solução integrada capaz de obter bons resultados. Assim começar-se-á pela definição do que é um Sistema de Informação Geográfica, justificando a sua escolha enquanto sistema, seguindo-se-lhe a apresentação de modelos de produção de informação pertinentes para o sistema, e terminando com a referência às tecnologias de captura e de suporte à informação a utilizar.

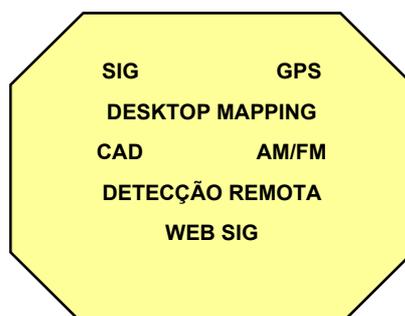
A legitimidade de um SIG, neste contexto, apoia-se na sua definição e surge na medida em que é entendido como um “conjunto integrado de software e de hardware capaz de desempenhar funções diversas, nomeadamente, a captura, organização, manipulação, análise, modelação e apresentação de dados espacialmente referenciados e destinando-se a resolver problemas complexos de planeamento e de gestão.” (Raper, J., 1991: pág. 1). Existem outros autores que evidenciam as potencialidades de um SIG no apoio à decisão: “um SIG é um conjunto organizado de procedimentos para gerir dados geográficos e para os analisar, de modo a obter informações que sirvam de apoio a uma tomada de decisões, ou seja um processo orientado para a acção” (Sena, M., 1986: pág. 2), Peter Burrough, 1986 refere, numa das suas publicações, que “um SIG é um poderoso conjunto de instrumentos para reunir, armazenar, visualizar, transformar e apresentar, dados espacializados do mundo real, sistema que tem em vista um conjunto específico de objectivos”. Michael Zeiler, 1999 escreve: “um SIG é uma combinação de pessoas especializadas, dados descritivos e espaciais, métodos de análise, hardware e software informáticos, tudo isto, organizado para de uma forma automática, gerir e disponibilizar informação através de uma representação geográfica”. A definição sugerida por João Machado em, 2000 diz-nos que um SIG seria assim um complexo homem máquina, onde se inclui o hardware, o software, a informação, e as ferramentas necessárias à captura, ao processamento, à visualização e à distribuição dos dados georeferenciados. Assim, um SIG surge-nos como a forma, integradora de um

variado conjunto de tecnologias, capazes de se constituírem numa ferramenta de múltiplas aplicações práticas.

Falando concretamente na aplicação e casos de estudo, refira-se que o serviço de vigilância sísmica italiano assenta na construção de “um sistema de informação que pode produzir em tempo real a informação tabular e mapas operacionais” no caso de ocorrência de um evento sísmico de grande dimensão (Zeiler, M., 1999). Noutro exemplo indicado pelo mesmo autor, atesta que, o exército canadiano integrou o seu software de SIG num sistema de comando terrestre das suas forças. Nesta linha de pensamento, parecem ser óbvias as semelhanças que uma força militar colocada numa área de operações num dado espaço territorial, tem com um dispositivo de bombeiros cuja missão seja a supressão de um incêndio. Assim, tomando em conta o exemplo canadiano referido por Michael Zeiler, 1999 será de considerar uma aplicação idêntica no combate aos incêndios florestais, ou em qualquer outro tipo de missão de salvamento e socorro cuja dimensão o justifique.

## 2.2 As Tecnologias de Informação Geográfica (TIG)

Figura 2 – TIG <sup>6</sup>



Adaptado de Rui Pedro Julião, 2001

Com a evolução da informática, “assistimos também a um desenvolvimento das aplicações e plataformas relacionadas com a informação geográfica, registando-se significativas alterações desde os finais dos anos cinquenta” (Julião, R.P., 2001). O termo TIG procura

<sup>6</sup> TIG Tecnologias de Informação Geográfica

GIS – Geographic Information Systems (Sistema de Informação Geográfica SIG)

GPS Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

Desktop Mapping – Sistema de produção de cartografia temática e representação cartográfica.

CAD – Computer Aided Design (Desenho assistido por computador)

AM/FM – Automated Mapping and Facilities Management (Sistemas de cartografia automática para redes técnicas). WEB SIG – Soluções Internet para SIG

abrangem todo o tipo de plataformas e sistemas informáticos utilizados no processamento de informação georreferenciada. Incluem-se aqui, como é óbvio, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os sistemas de Desktop Mapping, os Sistemas de Detecção Remota, os Sistemas de Posicionamento Global GPS, bem como todo o tipo de plataformas híbridas e sub sistemas relacionados com o processamento de informação geográfica.

Na actualidade, os SIG, enquanto ferramenta geográfica passível de ser utilizada por todas as áreas da ciência, têm uma divulgação notável. As ferramentas em evidência permitem aplicar metodologias de análise dos fenómenos que ocorrem no território, conhecer o seu estado actual, possibilitando o estudo da sua evolução. Por estes motivos, é compreensível que todas as áreas profissionais que se ocupam do território vejam as TIG como uma cada vez mais útil e necessária ferramenta.

### **2.3 Aplicações SIG na modelação de propagação do fogo**

A procura de ferramentas capazes de auxiliar decisões para a supressão de sinistros do tipo dos incêndios florestais, surgiu há alguns anos atrás nos Estados Unidos da América. Possuíam a particularidade de objectivarem a criação de algoritmos, capazes de permitirem prever a evolução da frente de fogo e, desde essa altura, que várias metodologias têm vindo a ser desenvolvidas com sucessivos incrementos de eficácia, o que leva a que alguns autores considerem que os resultados possíveis de se obterem actualmente já satisfazem, razoavelmente, os objectivos iniciais. Historicamente, este processo contou com inúmeros autores como Albin Frank, 1967, cujo trabalho é descrito em: “Estimating Wildfire Behavior And Effects”, ou de Richard C. Rothermel, 1972, com um modelo apresentado na sua obra: “A Mathematical Model For Predicting Fire Spread in Wildlands Fuels”, com continuidade noutra publicação do mesmo autor intitulada: “How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires”, 1983. Conta ainda, com um sistema de modelação de combustível e de predição de comportamento e propagação do fogo, que foi apresentado em 1984 por Burgan e Rothermel. A investigação permitiu a produção, nos Estados Unidos, de software com variados simuladores de progressão do fogo, como por exemplo: BehavePlus; Farsite; FlamMap; FireFamilyPlus. Neste trabalho, entende-se pelo termo «modelo de propagação», o modelo físico-matemático capaz de prever quantitativamente, em termos espaço-temporais médios, alguns aspectos físicos do comportamento natural de toda ou parte de uma frente activa de fogo florestal, com base em informação de entrada sobre dados

relevantes da floresta e do ambiente envolvente<sup>7</sup>, e estes dados, uma vez inseridos numa plataforma tecnológica adequada, integrando ou não outros modelos complementares, produzirão o output da simulação de evolução de um incêndio florestal. Neste trabalho, sugere-se a inclusão da aplicação FireStation na arquitectura do SIG. Esta aplicação é resultado da investigação nesta área em Portugal, e culminou, recentemente, com um trabalho dos cientistas Luís Mário Ribeiro e Domingos Xavier Viegas, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra apresentado no 5.º Congresso Florestal Nacional em Viseu, de 16 a 19 de Março de 2005, intitulado “Aplicação Prática de um Sistema de Apoio à Decisão na Gestão do Fogo” e com a designação para o utilizador de FireStation, que consiste num sistema integrado de simulação do comportamento do fogo em topografia complexa e que integra três componentes fundamentais:

- Predições do comportamento do fogo à escala local, baseado no modelo de propagação de fogos de superfície de Rothermel (Rothermel, 1972).
- Previsões do campo de ventos em topografia complexa, baseada em dois modelos, um mais simples (Nuatmos) e outro que tem em conta diferentes efeitos térmicos e de recirculação (Canyon, Lopes, 1968).
- Cálculo de perigo de incêndio em larga escala (FWI) Fire Weather Índice, Índice de risco Canadiano (Van Wagner e Picket, 1987), que por sua vez incorpora parâmetros meteorológicos e dos combustíveis que afectam o comportamento do fogo.

O FireStation foi integrado como componente de uma iniciativa patrocinada por Sua Excelência o Ex. Presidente da República Dr. Jorge Sampaio, e levada a cabo pela COTEC, Associação Empresarial para a Inovação, entre Março de 2004 e Outubro de 2005, que chamou ao projecto, “Apoio à prevenção e combate de incêndios florestais com base na cartografia do risco e da perigosidade dos incêndios e em modelos de comportamento de fogos florestais”. Este projecto incidiu sobre a operacionalização de três instrumentos para o apoio à prevenção e combate aos fogos florestais, designadamente:

---

<sup>7</sup> Adaptação a partir de um artigo de Jorge C.S. André, Domingos X. Viegas, Modelos de Propagação de Fogos Florestais: Estado da Arte para Utilizadores, Parte I: Introdução e Modelos Locais, UC, DEM, Coimbra.

Actualização das cartas nacionais de risco estrutural<sup>8</sup> e conjuntural<sup>9</sup> de incêndio florestal; emissão diária da carta de risco dinâmico<sup>10</sup> de incêndio florestal, produzida pelo sistema PremFire<sup>11</sup> (de que se falará mais adiante); operacionalização do sistema simulador de propagação do fogo FireStation.<sup>12</sup>

Este projecto desenvolveu-se em três áreas piloto (Vale do Sousa, Pinhal Interior Centro e Ribatejo que correspondem a 4,9% da área do território continental). Foi testado em que medida o FireStation reproduzia, com fiabilidade, o comportamento de um fogo real e em que moldes se tornaria realista a sua utilização junto de um Centro de Coordenação de Socorros, tendo os resultados sido considerados satisfatórios. No entanto, como referem os autores, existem dois constrangimentos: um modelo como este para possuir uma boa capacidade de simulação do comportamento do fogo, depende de uma maneira crítica da qualidade e precisão dos dados que o alimentam. Para tal, é necessário uma elevada resolução dos modelos topográficos do terreno, a existência de modelos do combustível florestal actuais e precisos, a disponibilidade, em tempo real de dados meteorológicos da área, uma efectiva precisão das coordenadas do ponto de ignição e da hora de início do incêndio. Por outro lado, é também vital a informação precisa sobre os resultados da acção directa das equipas de supressão do incêndio sendo que esses dados não se encontram contemplados, actualmente, no modelo. **(Cotec, Portugal, Novembro 2005)<sup>13</sup>.**

---

<sup>8</sup> Risco estrutural de incêndio florestal considera um conjunto de informações de ocupação do solo e características orográficas que contribuem, significativamente, para o aumento do risco (de ignição) e perigo (de propagação) dos incêndios florestais.

<sup>9</sup> Risco conjuntural de incêndio florestal consiste em ponderar o risco associado exclusivamente à presença de determinadas classes de ocupação do solo que possuam uma maior ou menor susceptibilidade face ao fogo e.g. áreas aridas recentemente com reduzida biomassa acumulada, e que, por esse motivo, têm menor susceptibilidade de arderem.

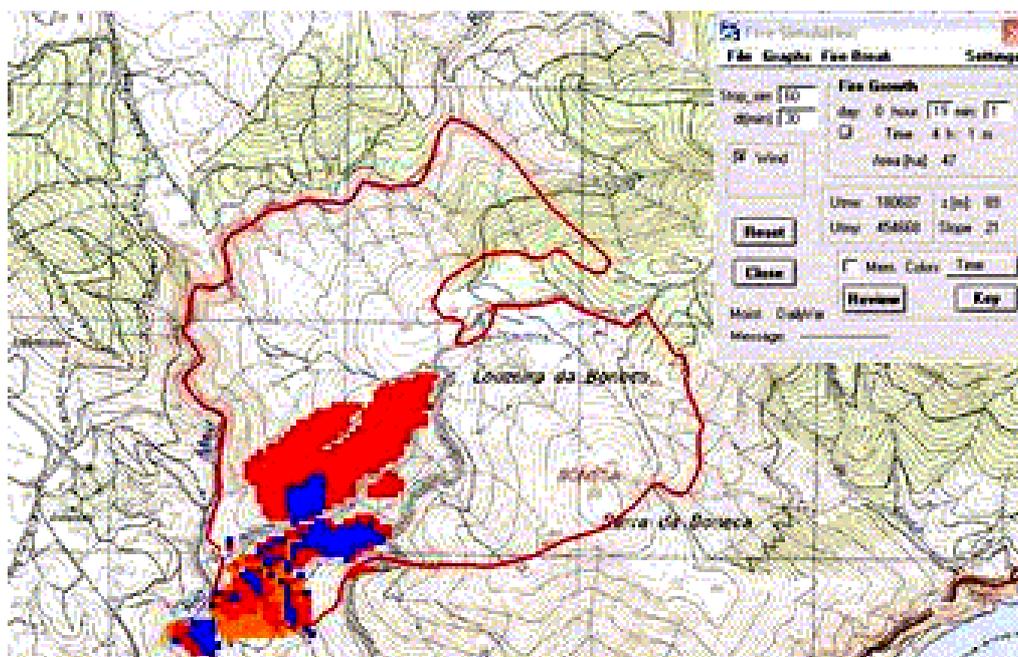
<sup>10</sup> O risco dinâmico ou integrado de incêndio florestal, resulta da ponderação da cartografia dos riscos estrutural e conjuntural, conjuntamente com os dados meteorológicos diários.

<sup>11</sup> O sistema PremFire, foi desenvolvido pela Critical Software e pelo Instituto Geográfico Português (IGP), consiste numa metodologia avançada de cálculo do risco de incêndio, que integra as componentes estruturais e dinâmicas do risco de incêndio florestal.

<sup>12</sup> COTEC. (2006-05-14), Recuperado em 2006.10.2005 de:  
<http://www.cotec.pt/COTEC/Redacao/2005/40/ApoioPrevencaoCombateIncendiosFlorestais.htm>.

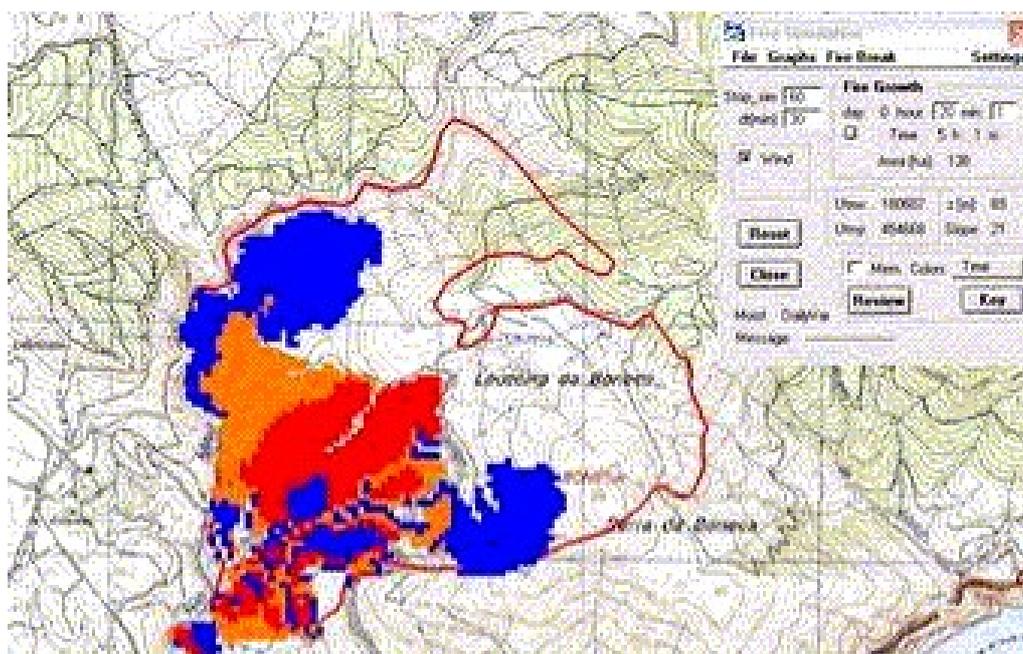
<sup>13</sup> COTEC Portugal, Associação Empresarial para a Inovação. A produção de cartografia de risco conjuntural, estrutural e diária, resulta de uma iniciativa de sua Ex.<sup>a</sup> o Sr. Presidente da Republica Portuguesa, Dr. Jorge Sampaio.

Figura 3 – Resultados do comportamento do fogo produzidos pelo FireStation.

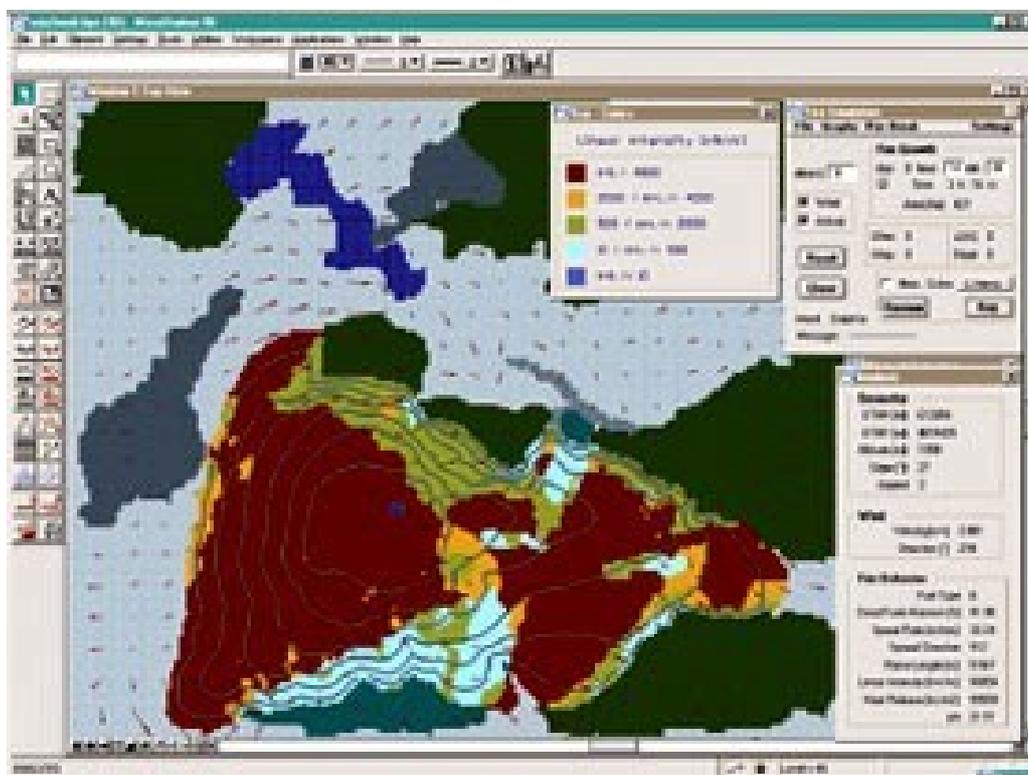


Fonte: [http://www.cotecportugal.pt/cotec/images/eventos/Florestas2005\\_ApresentacaoPauloMangana.ppt](http://www.cotecportugal.pt/cotec/images/eventos/Florestas2005_ApresentacaoPauloMangana.ppt), 2006-05-28

Figura 4 - Idem



**Figura 5 – Simulação do comportamento do fogo produzido pelo FireStation <sup>14</sup>**



Fonte: <http://www.cotec.pt/COTEC/Redacao/2005/40/ApoioPrevencaoCombateIncendiosFlorestais.htm> , 2006-05-28.

O sucesso dos resultados, deverá pelas razões expostas, ter em conta, a actual situação de baixa capacidade de recolha de dados credíveis, para alimentar o modelo em tempo real, sugerindo o facto de que o modelo terá melhor desempenho na prevenção, (ao nível do planeamento prévio, uma vez que aí não há a necessidade de decisão urgente) do que no apoio à decisão, no combate ao fogo, face aos constrangimentos indicados.

A aplicação parece bem adequada para o planeamento de acções de prevenção contra incêndios, como será o caso de determinar a localização de aceiros e corta fogos, para estudo e treino de táticas de combate, para o planeamento prévio e com resultados satisfatórios para o suporte à decisão no combate aos incêndios florestais, englobando-se esta última no objectivo deste estudo.

<sup>14</sup> Imagem produzida pelo FireStation, utilizando a plataforma Microstation.

## 2.4 Cartografia nacional de risco de incêndio florestal

A Par do sistema FireStation no projecto da COTEC, estão outros dois instrumentos<sup>15</sup>, relativos à cartografia de risco.

- Actualização das cartas nacionais de risco estrutural e conjuntural de incêndio.
- Emissão diária de carta de risco dinâmico de incêndio produzida pelo sistema PremFire.

No primeiro caso, a Carta de Risco Estrutural de Incêndio Florestal (CREIF), já havia sido produzida em 2001 para a Direcção Geral dos Recursos Florestais (DGRF), pelo Instituto Superior de Agricultura (ISA), Departamento de Engenharia Florestal (DEF), com uma validade plurianual e aplicável a todo território de Portugal continental. A sua actualização foi efectuada em 2004, no âmbito deste projecto e resultou na carta representada na figura 6.

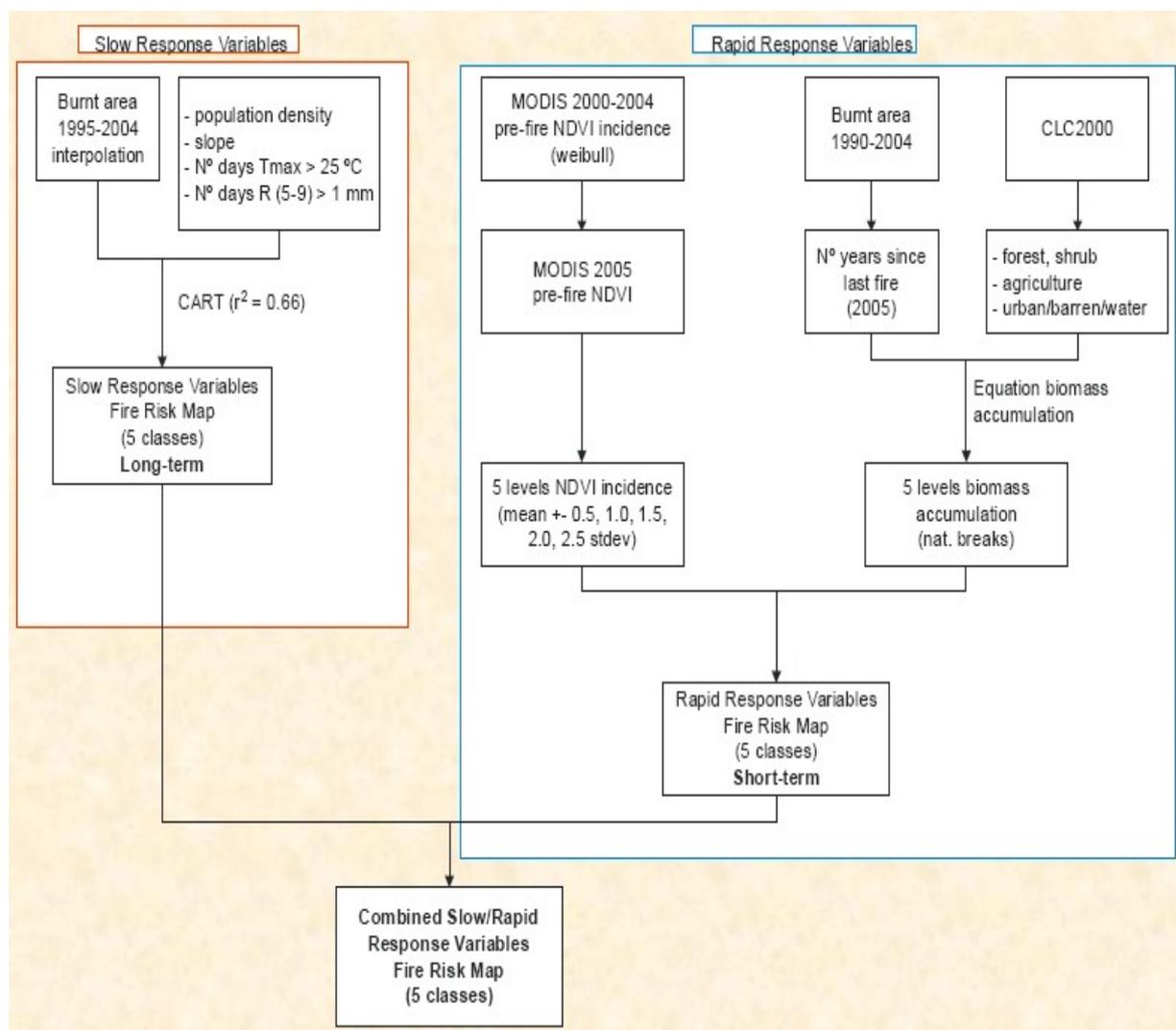
A CREIF actualizada mostra o risco de incêndio estrutural dividido em 5 classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Esta carta pretende representar o padrão médio de risco de incêndio à escala temporal de uma década. Ela representa a zonagem de macroescala do risco de incêndio, e tem a função de apoiar decisões com efeitos de médio ou longo prazo, como a elaboração de planos regionais para a floresta, decisões de localização de grandes infra-estruturas de apoio à prevenção e combate aos fogos. O critério utilizado procura definir as áreas de risco considerando também não só onde já exista um historial de área ardida, mas também naquelas zonas que, embora não tendo ardido, possuam condições ambientais e demográficas semelhantes às das que arderam. No caso da Carta de Risco Conjuntural de Incêndio Florestal (CRCIF), a validade é anual e para a sua elaboração são consideradas as alterações ocorridas nos últimos anos no que respeita ao impacte da área ardida, na ocupação do solo. Por outro lado, esta considera o histórico de área ardida tendo como base um dado número de variáveis ambientais e demográficas. O objectivo é o de ponderar o risco associado exclusivamente à presença de determinadas classes de ocupação do solo que possuam uma maior ou menor

<sup>15</sup> [www.cotec.pt/COTEC/Redacao/2005/40/ApoioPrevencaoCombateIncendiosFlorestais.htm](http://www.cotec.pt/COTEC/Redacao/2005/40/ApoioPrevencaoCombateIncendiosFlorestais.htm), 2006-05-28.

susceptibilidade face ao fogo e.g. áreas ardidas recentemente com reduzida biomassa acumulada, e que, por esse motivo, têm menor susceptibilidade de arderem.

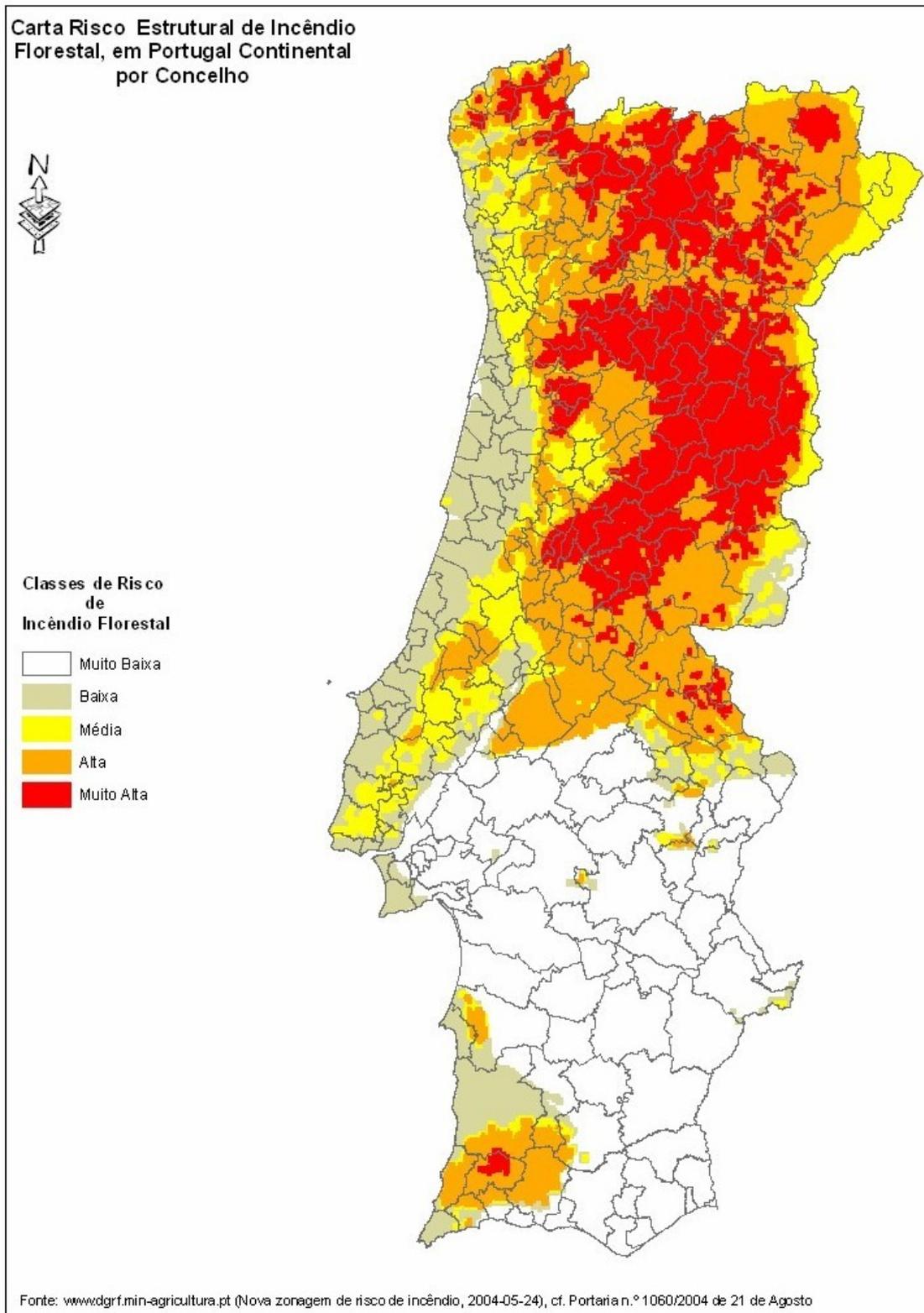
A metodologia utilizada para elaboração das cartas é a que se demonstra no quadro abaixo.

**Quadro 4 - Esquematização da metodologia para elaboração da cartografia de risco.**



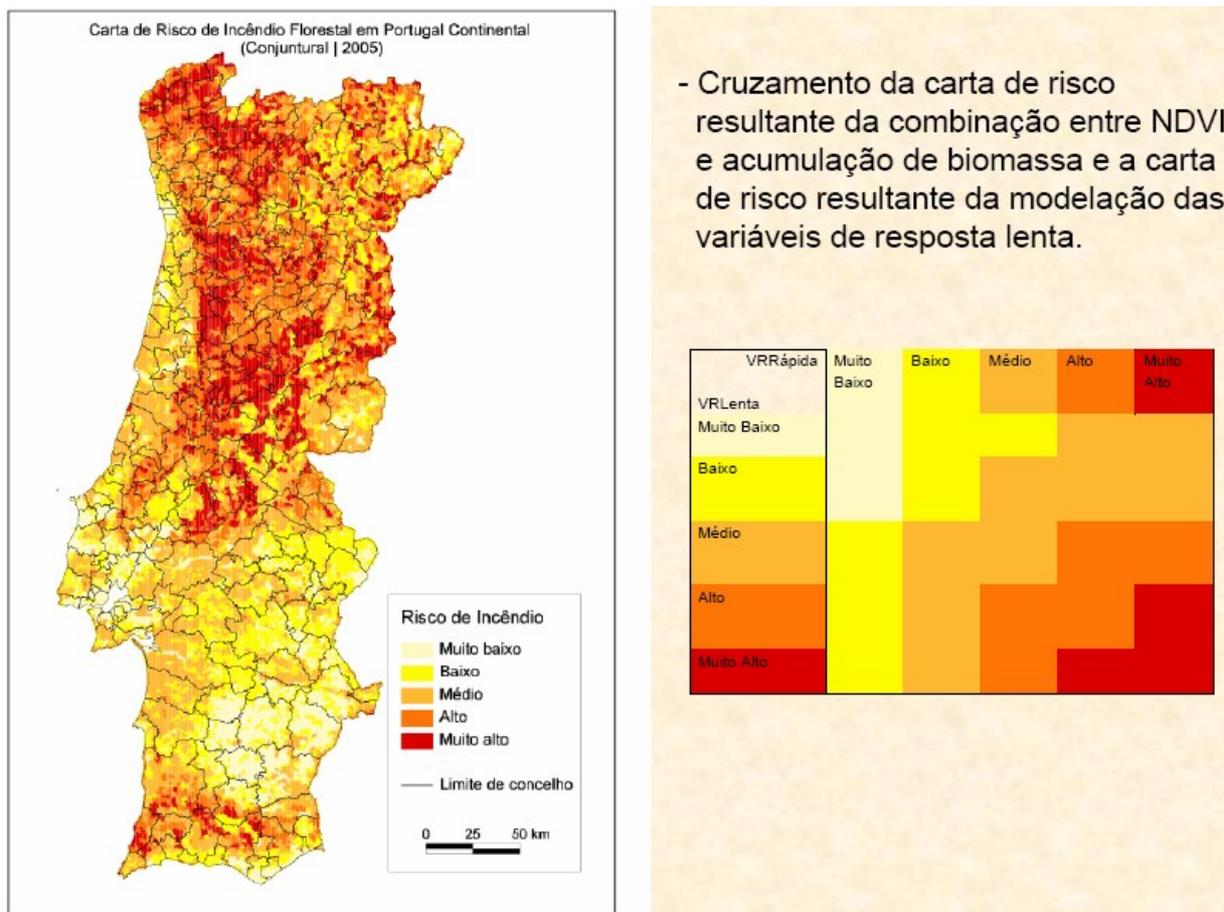
Fonte: <http://www.adetti.iscte.pt/events/PIMHAI05/files/JMCPereira.pdf>, 2006-04-20

**Figura 6 – CREIF actualizada, produzida em 2004 pelo DEF- ISA para a DGRF**



Na figura abaixo representa-se o cruzamento da carta de risco resultante da combinação entre Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)<sup>16</sup>, acumulação de biomassa e a carta de risco resultante da modelação das variáveis de resposta lenta indicadas no Quadro 3.

**Figura 7 – CRCIF, Carta de Risco Conjuntural de Incêndio Florestal, 2005**



Fonte: <http://www.adetti.iscte.pt/events/PIMHAI05/files/JMCPereira.pdf>, 2006-04-26

O modelo utilizado apresenta-se como um indicador bem ajustado demonstrando que o cálculo da incidência relativa de área ardida entre 1994 e 2003 sobre a CREIF (proporção

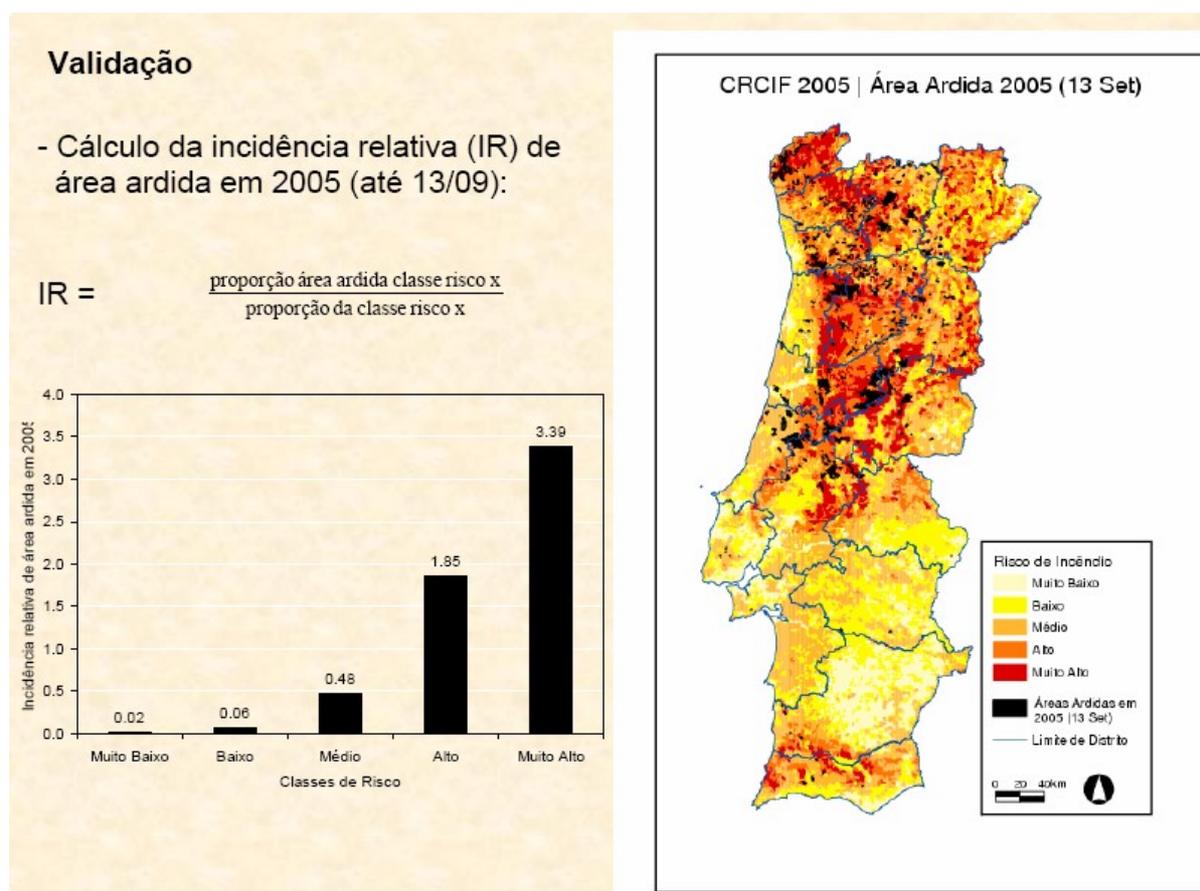
<sup>16</sup> NDVI, Normalized Difference Vegetation Index., é um dos índices de vegetação mais usados, corresponde à combinação linear das bandas de uma imagem multiespectral (isto é dos seus números digitais), efectuada com vista à obtenção de uma nova imagem composta (dita de falsa cor), cujo brilho é tanto maior quanto mais densa for a cobertura vegetal do solo. É definido pela fórmula:

$$NDVI = \frac{IV - V}{IV + V}$$

respectivamente os números digitais nas bandas do vermelho e infra vermelho. (Gaspar, J.A., Janeiro 2004).

de área ardida na classe/proporção da área total da classe) tem uma incidência crescente com o aumento do risco. É constatável que a incidência na classe de risco Muito Alto é 22 vezes superior à das classes Muito Baixo e Baixo, e cerca de 4 vezes superior à da classe Médio. Constata-se também que a carta de risco estrutural de incêndio florestal, mostra um risco elevado de incêndio nas áreas onde já exista um historial de área ardida mas também naquelas áreas que, não tendo ardido, mostravam as condições ambientais e demográficas idênticas às das que arderam. (<http://www.adetti.iscte.pt/events/PIMHAI05/files/JMCPereira.pdf>, 2004)

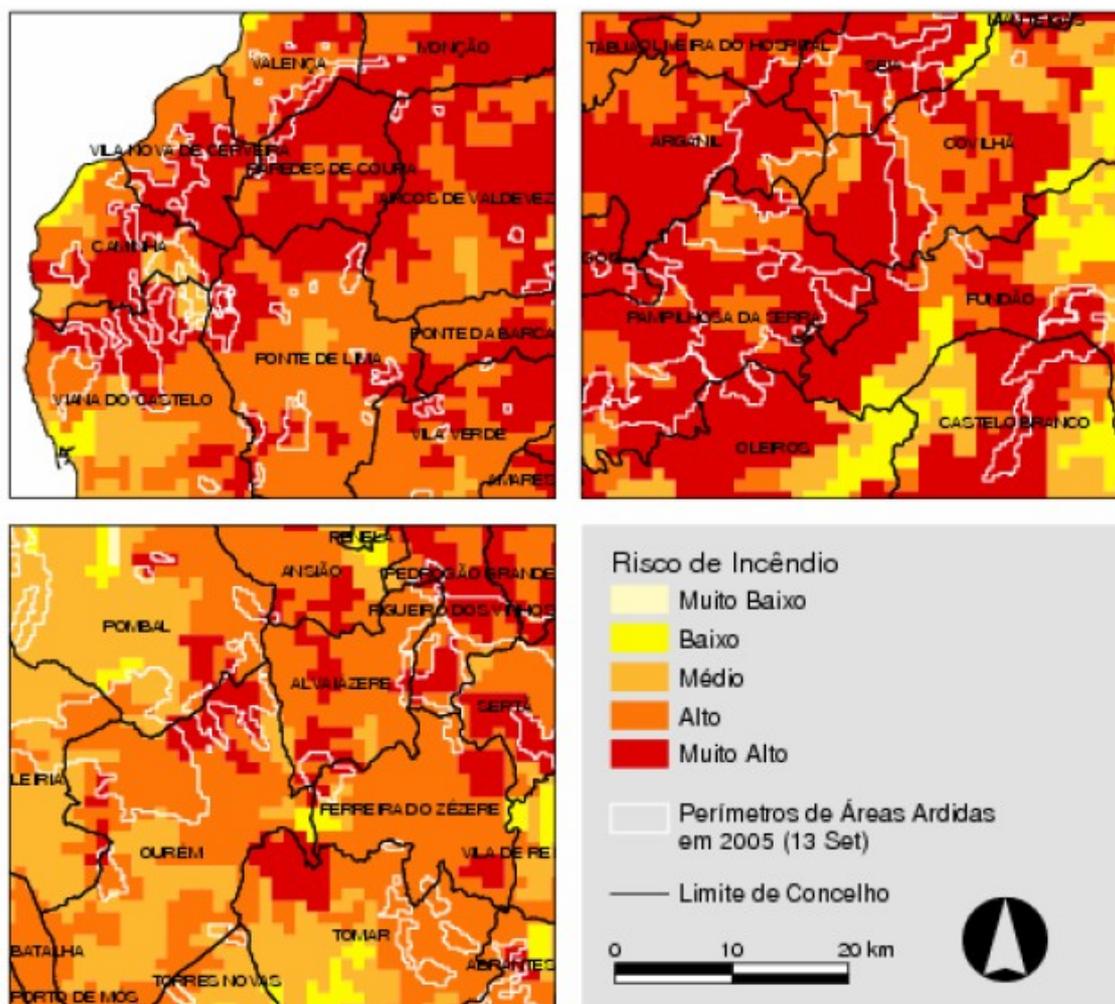
**Figura 8 – Carta com o cálculo de incidência relativa de área ardida / CRCIF**



Fonte: <http://www.adetti.iscte.pt/events/PIMHAI05/files/JMCPereira.pdf>, 2006-04-26

Na imagem seguinte pode observar-se um pormenor da CRCIF/2005 e comparar os perímetros das áreas ardidas com as classes de risco da CRCIF 2005.

**Figura 9 - Pormenor da Carta do cálculo de incidência relativa de área ardida / CRCIF**



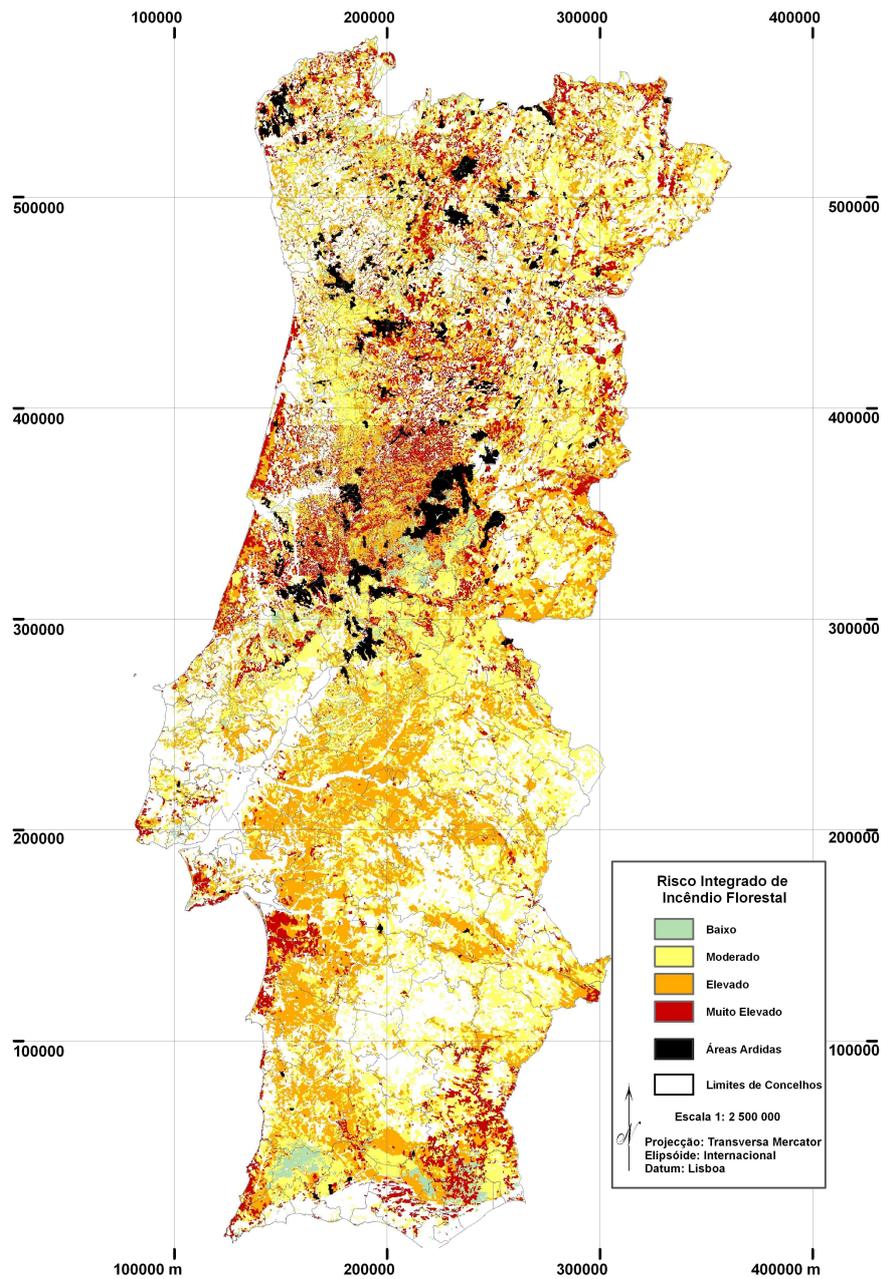
Fonte: <http://www.adetti.iscte.pt/events/PIMHAI05/files/JMCPereira.pdf>. 2006-04-26

#### 2.4.1 Modelo dinâmico de risco de incêndio florestal, sistema PremFire

O sistema PremFire deu origem à carta diária de risco dinâmico de incêndio, segundo a metodologia adoptada naquele sistema, desenvolvido em 2001 pela Critical Software, em conjunto com o Instituto Geográfico Português (IGP), sob contrato da Agência Espacial Europeia (ESA), sendo obtida uma carta de risco integrado de incêndio florestal (Integrated Forest Fire Risk – IFFR), com as componentes de risco dinâmico e risco estrutural, apresentada mais adiante.

**Figura 10 - CRIIF**

### Carta de Risco Integrado de Incêndio Florestal



O modelo considera que, a componente de risco dinâmico de incêndio (Fire Potential Index FPI) reflecte o potencial de eclosão de fogo, isto é, a capacidade de progressão, após ignição. De facto, esta componente considera as condições de estado de secura da vegetação e as condições meteorológicas diárias para a determinação de um grau de perigo de incêndio.

No caso da componente de risco estrutural (Structural Fire Index – SFI) considera-se um conjunto de informações de ocupação do solo e características orográficas que contribuem, significativamente, para o aumento do risco (de ignição) e perigo (de propagação) dos incêndios florestais. A ponderação entre estas duas componentes resulta no índice de risco integrado de incêndio.

A carta de risco integrado de incêndio utiliza imagens de satélite Landsat TM anuais (com resolução<sup>17</sup> de 30 metros) para a actualização da cartografia de ocupação do solo e da componente de risco estrutural -SFI. Imagens de satélite Terra/Aqua MODIS (com resolução de 231 metros) e dados diários de previsão meteorológica diária, fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (IM), são usados para o cálculo da componente de risco dinâmico - FPI. Por utilização destas mesmas imagens de satélite diárias, o PremFire avalia e actualiza ainda a área ardida.

Esta cartografia de risco tem como objectivo o apoio à decisão nas acções de prevenção diárias a nível local ou regional. No entanto, uma vez que as suas componentes reflectem o estado de humidade da vegetação e o grau de perigosidade de fogo, esta carta de risco pode assim também ser utilizada para apoio à gestão de meios de combate, dando uma noção antecipada da potência expectável de fogo se este se propagar para determinadas áreas.

A carta de risco integrado produzida pelo PremFire, classifica o risco de incêndio florestal numa grelha regular de quadrículas de 231 metros, foi emitida três vezes por dia: às 9:30 e às 12:00 para o dia corrente, e às 15:00 relativa ao risco previsto para o dia seguinte. Os

---

<sup>17</sup> “Resolução espacial é a menor área de terreno que um sistema de detecção remota é capaz de discriminar. A dimensão mínima de um objecto, ou separação entre objectos contíguos, que a vista humana é capaz de receber.” (Gaspar, J.A., 2004)

resultados de validação da carta de risco demonstraram uma elevada incidência relativa de área ardida nas zonas identificadas pela carta como sendo de risco mais elevado. A receptividade desta carta teve a sua máxima expressão no piloto instalado no Centro de Prevenção e Detecção (CPD) do distrito de Santarém. O responsável deste CPD emitia um boletim diário de prevenção para o dia seguinte com uma ampla difusão entre as entidades distritais interessadas, que incluía a carta de risco integrado produzida pelo PREMFIRES e os respectivos alertas por freguesia. O papel da DGRF e, em particular, do responsável por este CPD, como catalisadores da utilização eficaz desta carta de risco, revelou ser um dos factores determinantes do seu sucesso.

Em conclusão, os modelos de risco estrutural e dinâmico de incêndio florestal apresentam-se com um enorme potencial a incluir na base de dados de um SIG de combate aos incêndios florestais. Ainda que de forma constrangedora a resolução do modelo aponta para quadrículas de 231 metros o que parece reduzir o seu melhor potencial apenas a incêndios de dimensões mais consideráveis.

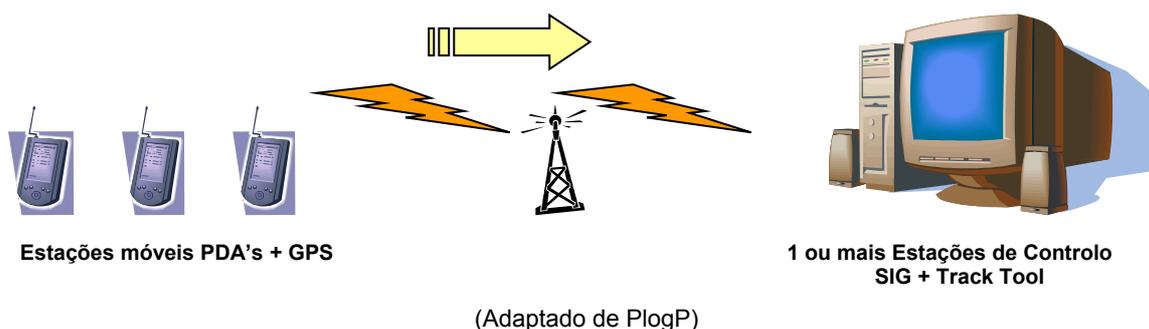
## **2.5 Aplicação para gestão de dados de combate a incêndios em tempo real**

A investigação em Portugal não se esgotou apenas com a produção de cartografia de risco. Em 2004 verificou-se um avanço com a concepção e operacionalização de um software capaz de suportar no SIG outras tecnologias. A aplicação que se descreve a seguir, permite gerir um conjunto de dados recolhidos em tempo real nos TO, constituindo-se como a primeira ferramenta do género capaz de integrar informações de carácter distinto na dimensão temporal, isto é retrospectivamente, em tempo real e extrapolação prospectiva, para a gestão do combate aos incêndios florestais.

Esta aplicação desenvolvida pela empresa PlogP (e cuja descrição foi gentilmente cedida para o presente trabalho) é conhecida por: Sistema Track Tool – Fire ou ProtCivil – F ou MacFire, e funciona integrada na plataforma Arc View da ESRI. Para uma descrição da aplicação escolheu-se a versão existente na Câmara Municipal de Mação (MacFire) cujo sistema assenta na seguinte arquitectura com três segmentos distintos:

1. Segmento de Controlo, onde residem também as principais funcionalidades de apoio à decisão (SIG);
2. Segmento Móvel, para recolha e transmissão de dados no terreno, recepção de mensagens de comando e navegação assistida dos veículos;
3. Segmento de Comunicações, para assegurar as ligações entre os dois primeiros.

**Figura 11 - Esquema ilustrativo dos segmentos da solução**



O segmento de controlo é constituído pelos seguintes elementos:

- Computador Pessoal (Desktop/Laptop/Tablet PC ou Workstation);
- software SIG (ESRI ArcView);
- extensão “Track Tool – Fire para ArcGIS®”, criada pela PlogP, com:
  - Software de processamento de comunicações PLogP;
  - Software SIG dedicado PLogP.

Complementarmente encontram-se associadas impressoras (o sistema permite também a instalação de plotters) para produção de cartas em papel ou qualquer outro tipo de saída de resultados impressos. Nos casos de instalação com segmento de controlo fixo, o acesso a este equipamento é previsto estar acessível através de rede. Este segmento permite configurações de forma a publicar a informação operacional considerada pertinente num Website devidamente configurado (por exemplo, posições das linhas de fogo e posições dos meios de combate envolvidos).

Assim, torna possível que qualquer utilizador, usando um browser, tenha acesso à mais recente informação disponível sobre cada situação operacional (exemplo o CDOS). De referir que o Segmento de Controlo no presente caso foi instalado numa viatura, (figuras 12 e 13). O segmento de comunicações assenta no suporte de comunicações rádio GPRS. No caso particular de Mação, a instalação possibilita ainda que o Segmento Móvel possa receber ou ter acesso a informações enviadas ou publicadas pelo Segmento de Controlo, não se limitando a PDAs mas sendo também extensível a Tablet PC's.

**Figura 12 - Segmento de Controlo**



**Figura 13 - idem**



Fonte: Fotos de Henrique Ribeiro. Viatura do Serviço Municipal de Mação.

O Segmento de Comunicações é constituído por infra-estrutura de comunicações móveis sem fios de GPRS, que utiliza a rede móvel dum operador móvel de telecomunicações.

- O segmento móvel é composto pelos seguintes elementos:

- Personal Digital Assistant (PDA) ou Tablet PC ou Laptop;
- Receptor GPS;
- Software dedicado PLogP;
- Adaptação de hardware PLogP;
- COM ou SEM ArcPAD® (ESRI);
- Extensões PLogP ao ArcPAD® (ESRI), no caso de usar este software.

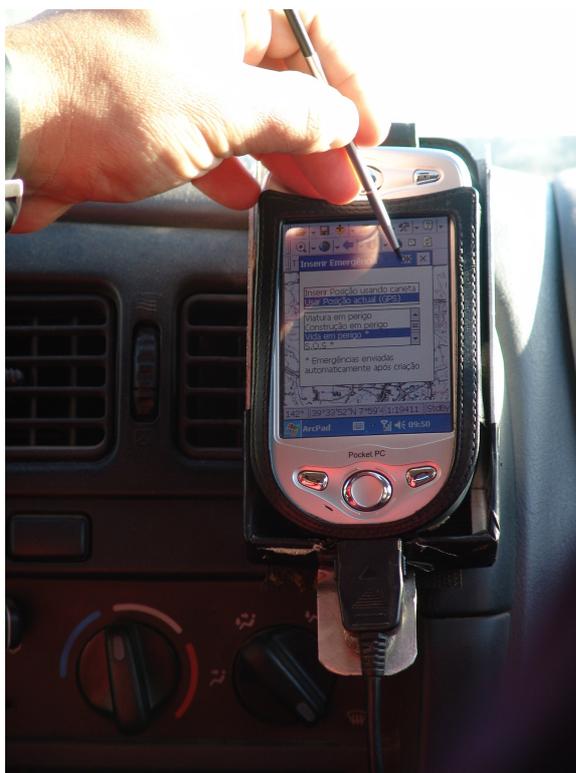
A unidade móvel é designada por Track Tool – Fire Portable (TFP) (ou TFP-ArcPad uma vez que faz uso do software ArcPAD); o ArcPAD da ESRI possibilita, neste caso, a utilização de várias funções de SIG de bolso no terminal móvel (por exemplo, visualização de cartografia e posição GPS), bem como, a recolha inteligente de dados, nomeadamente o posicionamento de linhas de fogo e o planeamento de acções de combate a incêndios. Independentemente de usar ou não o ArcPAD, a unidade TFP funciona como um localizador georeferenciado do veículo ou indivíduo que o transporta, como um emissor de mensagens de conteúdo pré-programado e permite também realizar a navegação por visualização da cartografia da área.

Embora tivesse sido possível, como opção, a utilização de terminais móveis não inteligentes, que se limitariam apenas à transmissão da informação de posição e de alguma informação base relativa ao veículo, acabou por se considerar que este tipo de terminal não cumpria algumas funções importantes, como por exemplo a localização de linhas de fogo ou a versatilidade de configurações, o que poderia também ter impacto directo na segurança do pessoal envolvido no combate ao incêndio.

Este tipo de terminal foi considerado apenas como segunda opção nas unidades móveis. Nos casos em que seja possível prescindir das funcionalidades dos terminais móveis

inteligentes (PDA ou TabletPC), esta opção poderá ser considerada porquanto reduz significativamente os custos.

**Figura 14 - Segmento móvel**



**Figura 15 - idem**



Fonte: Serviço Municipal de Protecção Civil de Mação, fotos Henrique Ribeiro

#### - Segmento de Comunicações:

Este segmento está incorporado na extensão Track Tool – Fire da PLogP para o SIG ArcView da ESRI. Neste caso, necessita apenas de contar com a existência dum servidor Web acessível pela Internet. Na versão concebida para apoiar o nível de decisão estratégico, o segmento de comunicações é composto por um pacote de software criado pela PLogP especificamente para o efeito.

Importa dizer que, embora tipicamente sejam utilizadas uma ou mais das redes de serviço móvel terrestre que suportem transmissão de dados (GPRS), no caso de longas distâncias, também é possível outro tipo de comunicações sem fios (ex., Bluetooth ou Wi-Fi) se for o

caso de uso para curtas distâncias. O sistema permite ainda a utilização de sistemas de rádio VHF ou UHF, ou no caso de inexistência de cobertura GPRS, poderá ser também equacionado o recurso a GSM/SMS.

### **2.5.1 Síntese das capacidades funcionais e dos benefícios**

Os segmentos acima descritos utilizados nas múltiplas configurações, possibilitam as seguintes funções básicas da solução Track Tool - Fire e consequentes benefícios:

- Localização de veículos (terrestres ou aéreos) ou pessoas;
- Posicionamento de linhas de fogo, de contra-fogo (pedido de autorização ou execução), de aceiros, entre outras linhas de interesse no combate a incêndios florestais;
- Levantamento expedito de estradões e caminhos florestais, com indicação do estado do piso e adequabilidade para veículos de bombeiros;
- Capacidade de permitir a navegação assistida por cartografia digital aos utilizadores das estações móveis;
- Envio e recepção de mensagens pré-programadas ou de texto livre entre a estação de controlo e as unidades móveis (emergências, ocorrências, pontos notáveis,...);
- Manutenção de históricos de posições das linhas de fogo e de localização de todos os veículos;
- Definição e disseminação das localizações de todos os pontos de apoio logístico às forças empenhadas no combate ao incêndio;
- Planeamento, visualização e disseminação dos locais de lançamento de água ou outros produtos pelos meios aéreos;

- Gestão e acompanhamento dos incêndios e suas linhas de fogo;
- Utilização primária de GPRS, com possibilidade de recurso a outros sistemas de comunicações;
- Integração com todos os produtos da plataforma SIG ESRI;
- Elevada portabilidade de todos os segmentos da solução, podendo no entanto alguns componentes serem mantidos fixos;
- Possibilidade de utilização “fora da época” para manutenção da actualidade da informação do SIG, com recolha de dados em tempo diferido;
- Interface amigável para edição e controlo de qualidade dos dados da base de dados do SIG. Isto abarca todas as funções de manuseamento de dados próprias do SIG e as que são adicionadas pela extensão Track Tool – Fire;
- Interface universal (*Browser*) para disseminação interactiva da situação operacional. Este conjunto de funções é possibilitado pela estação de controlo e por um servidor Web coadjuvado pelo ArcIMS da ESRI, permitindo a qualquer utilizador com acesso ver o estado actualizado do incêndio;
- Produção de mapas em formato papel. Existe uma capacidade intrínseca da plataforma ArcGIS para suportar esta funcionalidade, desde que esteja disponível uma impressora ou plotter adequada na rede do utilizador;
- Criação de ecrãs interactivos através da ligação e sobreposição de mapas, cartas, desenhos, fotografias e outros tipos de ficheiros. Estas são funções comuns dos SIG, requerendo apenas algum treino do utilizador para consultas a bases de dados, usando as relações nelas estabelecidas, e para importação de dados;
- Criação de mapas com dados adicionais sobrepostos;

- Acesso e visualização de dados de outras bases de dados. A plataforma ArcGIS é *aberta*, no sentido em que suporta a maioria de formatos e padrões de transferência de dados e de interoperabilidade de bases de dados;
- Projecção e transformação de dados geográficos;
- Execução de diferentes tipos de análise avançada de dados espaciais e convencionais, usando ou não a componente espacial dos dados;
- Execução de diferentes tipos de simbologia e de visualização de dados;
- Geração de relatórios com mapas e gráficos embebidos;
- Capacidade de importação dos dados georeferenciados que já existam no projecto;

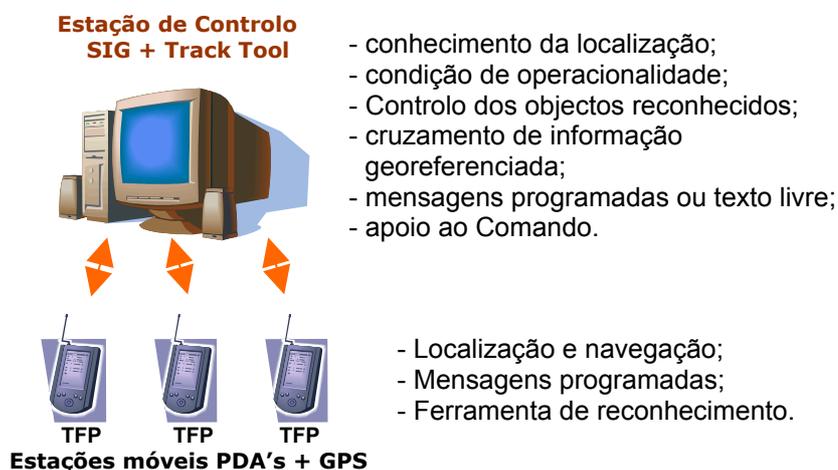
Finalmente, a utilização de um módulo designado por Tracking and Mission Analysis / Auditing, (acompanhamento da evolução de dados) torna possível a correlação entre os dados de posicionamento dos meios operacionais e a evolução das frentes de fogo. Isto torna possível a validação operacional dos meios afectos ao combate; caso se pretenda que esta análise seja apoiada por ferramentas automáticas de exploração de dados.

Importa salientar a possibilidade de exportar qualquer dos layers criados com esta aplicação, para a extensão ArcScene e permitir a visualização do cenário onde ocorre o incêndio em 3D. Os autores desta aplicação, que apenas haviam previsto a visualização na extensão ArcMap, consideraram este conceito um contributo importante.

### **2.5.2 Exemplo da arquitectura com a configuração básica para um nível de decisão**

Os segmentos do Track Tool – Fire podem assumir diferentes configurações e assegurar o apoio a diferentes níveis de decisão. Assim, são apresentados de seguida alguns cenários possíveis para a sua implementação efectiva, com uma descrição das capacidades de cada solução.

**Figura 16 – Configuração com um nível de decisão**



Fonte: Adaptado de PlogP

Nesta configuração, os móveis equipados com TFP comunicam periodicamente a sua posição, bem como quaisquer mensagens de tipos pré-programados (sejam elas de emergências, ocorrências, pontos conspícuos, etc.), fazem o reconhecimento de estradões florestais, aceiros e outras linhas, e possibilitam a navegação assistida por cartografia digital. A Estação de Controlo funciona num ambiente SIG, controlando o estado dos móveis e dos objectos recebidos do campo, recebendo e enviando mensagens pré-estabelecidas ou de texto livre, podendo fazer o cruzamento da informação recebida com outra informação georreferenciada existente em gabinete (mapas de combustibilidades, de riscos, de condições meteo, entre outras), sendo a plataforma ideal para o apoio ao processo de tomada de decisões na estrutura das operações de Comando e Controlo (CC).

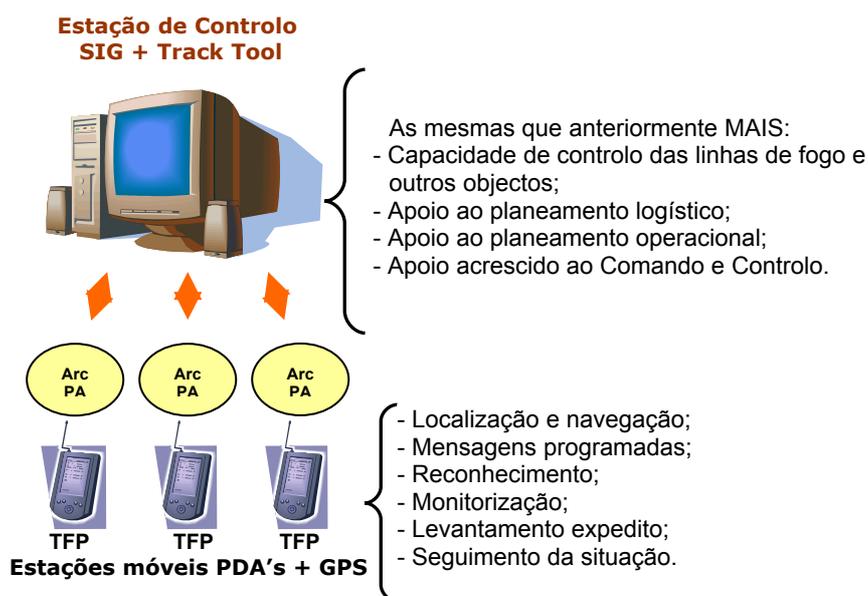
### 2.5.3 Configuração avançada com um nível de decisão

Nesta configuração, os móveis equipados com TFP funcionam como indicado no exemplo anterior. Os móveis equipados com TFP-ArcPAD, para além das funções do TFP simples, podem adquirir e transmitir o posicionamento das linhas de fogo e de outros objectos pertinentes à acção de combate às chamas, tais como a posição de contra-fogos.

A Estação de Controlo funciona também do mesmo modo, mas tem a possibilidade de, face à qualidade e quantidade de informação recebida dos TFP-ArcPad, construir uma imagem muito clara, da situação operacional e contribuir, fulcralmente, para um processo óptimo de

tomada de decisão. Acresce ainda, a capacidade de criar outros objectos tais como a localização dos pontos de largada de águas, misturas ou pós químicos por via aérea ou ainda a localização dos pontos de apoio logístico (abastecimento de água, comida, combustíveis, etc.) e de transmitir estes elementos para os TFP-ArcPad no TO. Para que esta última função seja possível torna-se necessária a existência de um servidor ESRI ArcIMS na rede ou na Internet, ao qual a Estação de Controlo possa passar actualizações da situação operacional. Se não se desejar a função de passagem da situação operacional para os TFP-ArcPad, pode ser omitido o ESRI ArcIMS, mantendo todas as outras funções.

**Figura 17 - Configuração avançada com um nível de decisão**



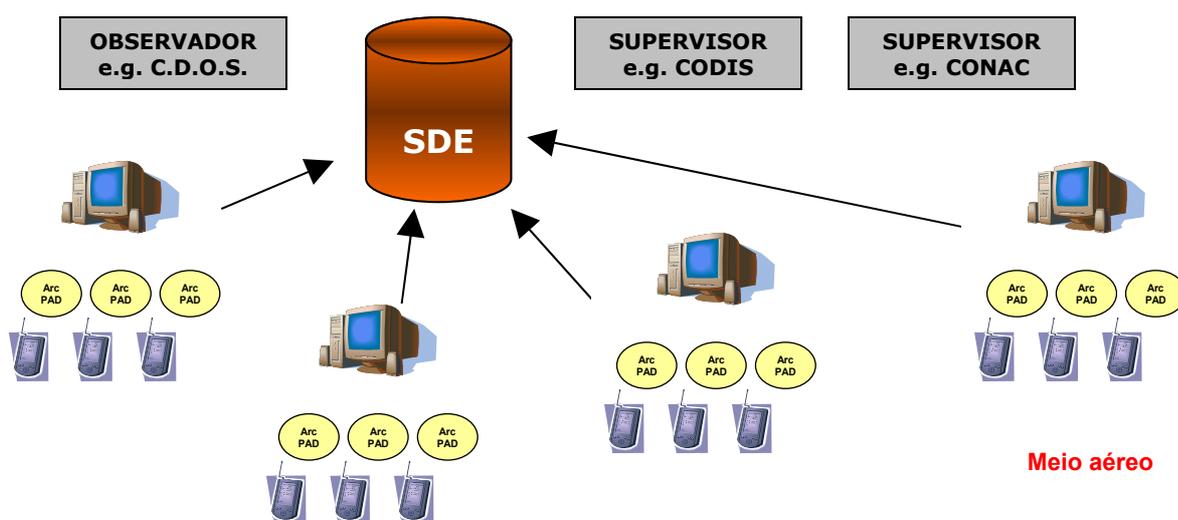
Fonte: Adaptado de PlogP

#### 2.5.4 Configuração avançada com dois ou mais níveis de decisão

Na configuração exemplificada na figura 15, existem várias células de Comando e Controlo num nível tático-operacional, tendo todos os componentes, em cada uma delas, as funcionalidades descritas nas subsecções anteriores. Note-se que algumas destas células podem, inclusivamente, ter os seus controladores – ou só os TFP-ArcPAD – instalados em meios aéreos. No entanto, as estações de controlo partilham a localização das suas bases

de dados num servidor central localizado numa rede comum ou na Internet. Deste modo, torna-se possível alimentar o visualizador da situação operacional a um nível superior, estratégico (Supervisores ou Observadores). O Observador (por exemplo o Comando Distrital de Operações de Socorro CDOS) pode utilizar um simples browser ligado ao ArcIMS, sem capacidade de intervenção mas na posse de todos os elementos essenciais. De forma muito mais interessante, o nível superior de supervisão ou de decisão pode ser constituído por Estações de Controlo que, em qualquer instante, assumem o Comando e Controlo de uma ou mais das operações que estão a decorrer a um nível inferior, sendo esta transferência do controlo operacional para níveis superiores efectuada segundo as regras próprias da hierarquia estabelecida. Esta hierarquia pode ser continuada para o número de níveis que se queira implementar. Para que a configuração com a possibilidade de existência de uma ou mais Estações de Controlo a diferentes níveis seja, possível torna-se necessária a existência de um servidor ESRI ArcSDE na rede ou na Internet, que as várias Estações de Controlo possam utilizar para arquivo das suas bases de dados de situação operacional. Mantém-se ainda o requisito ArcIMS enunciado anteriormente caso se deseje dispor da possibilidade de consulta da situação operacional via web browser a partir de qualquer local com acesso à Internet.

**Figura 18 - Configuração avançada com dois ou mais níveis de decisão**



Fonte: Adaptado de PlogP

### 3. Arquitectura de um SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais

A arquitectura do SIG segue a generalidade do quadro institucional base, cujas componentes principais se inserem nos seguintes domínios: meios humanos, informação georreferenciada, hardware e software, orientados para um objectivo.

Figura 19 – Quadro das componentes do SIG



Adaptado de Rui Pedro Julião, 2001

Cada domínio refere-se a uma componente importante sem a qual o sistema nunca poderá funcionar como refere (David Maguire, 1991), por um lado, os meios humanos para operarem o sistema, uma vez que por mais simples e intuitivo que possa ser a exploração do software e hardware envolvidos, serão sempre necessárias pessoas com formação

adequada. Por outro a informação georreferenciada que é a essência dos conteúdos do SIG e, finalmente, as componentes hardware e software, suportes das plataformas e aplicações que integram o SIG. O hardware e software correspondem às TIG integradas no SIG, uma vez que se inserem no conjunto de instrumentos que vão lidar com a informação geográfica, neste caso referentes à informação geográfica relacionada com o TO. Assim as TIG constituem-se como um sistema capaz de desenhar, editar e visualizar a informação gráfica e/ou cartográfica, possibilitando também o processo de pesquisa, análise e representação temática. A figura que se segue descreve a utilização das TIG.

**Figura 20 – Utilização das TIG**



Adaptado de Rui Pedro Julião, 2001

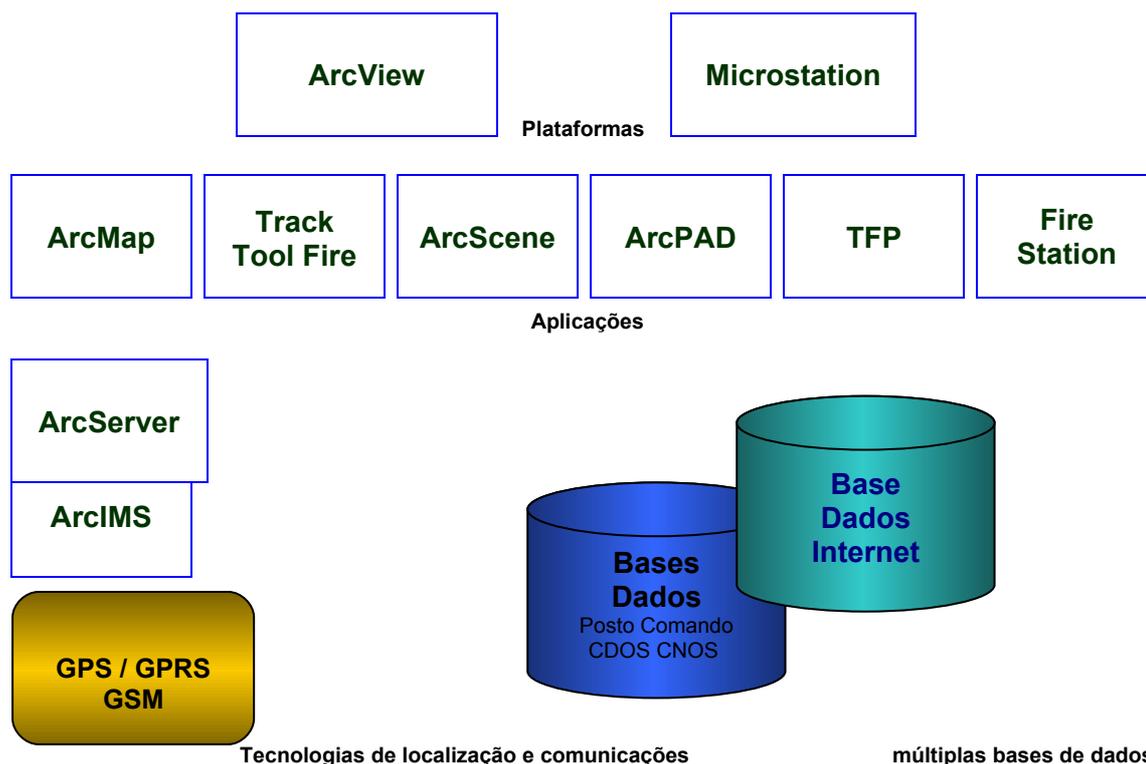
No sistema que se apresenta, toma-se em conta a seguinte estrutura de software SIG e CAD, para construir a arquitectura:

- Plataformas<sup>18</sup> SIG e CAD;
- aplicações;

<sup>18</sup> Designação do software para suporte de sistemas operativos ou outros, onde se incluem os aplicativos executáveis SIG e CAD entre outras, destinados a auxiliarem o usuário na realização de determinadas tarefas no computador. <http://www.dicweb.com/>, 2006-06-21.

- bases de dados múltiplas.

**Figura 21 – Arquitectura do SIG**



A arquitectura conta ainda com as tecnologias de aquisição e integração compostas pelos sistemas de comunicações, que permitem a transmissão dos dados para a base de dados no servidor na Internet.

No início deste trabalho apresentou-se um quadro com as questões chave do COS para as quais se pretendia responder com o SIG. No quadro seguinte cruza-se a capacidade de cada uma das tecnologias mencionadas anteriormente, com o domínio ou tipo de informação, pretendida para as respostas. As respostas correspondem essencialmente às capacidades de disponibilizar informação, sendo o resultado directamente relacionado com a decisão e subsequentes acções.

#### **Quadro 5 – Demonstração das soluções tecnológicas para as questões do COS**

TECNOLOGIAS APLICAÇÕES	DOMÍNIO DE INFORMAÇÃO	RESULTADO / DECISÃO /ACÇÃO			
		Visualizar	Identificar	Determinar	Outra
<b>ArcScene – ESRI</b> Com ortofoto e modelo digital do terreno	<b>Topografia</b> <b>Relevo</b>	2D/3D Relevo/locais de risco	Ameaças dificuldades	Caminhos de fuga Estratégia Tática	Estratégia Tática
<b>ArcMap – ESRI+</b> <b>Track Tool - PlogP</b>	<b>Coberto vegetal</b>	Distribuição, densidade e continuidade do combustível.	Tipologia do combustível	Estratégia Tática	Histórico de incêndio
<b>ArcMap – ESRI+</b> <b>Track Tool - PlogP</b> <b>TFP c/ArcPAD</b> <b>GPS / GPRS / GSM</b> <b>FireStation</b> <b>Micro Station</b>	<b>Linha (s) perímetro de fogo</b>	Localização, dinâmica do incêndio. Intensidade.	Áreas de refúgio Obstáculos	Estratégia Tática	Predição de progressão do fogo.
<b>ArcMap – ESRI+</b> <b>Track Tool - PlogP</b> <b>TFP c/ArcPAD</b> <b>GPS / GPRS / GSM</b>	<b>Meios a operarem no terreno</b>	Localização	Ameaças	Condição Operacional	Segurança
<b>ArcMap – ESRI+</b> <b>Track Tool - PlogP</b> <b>TFP c/ArcPAD</b> <b>GPS / GPRS / GSM</b>	<b>Corta Fogos</b> <b>Acessos/ Aceiros</b>	Localização	Linhas de contenção	Infra estruturas de combate	
<b>ArcMap – ESRI+</b> <b>Track Tool – PlogP</b> <b>PremFire</b>	<b>Logísticas</b> <b>Infra-estruturas</b>	Localização	Tipo	Condição Operacional	Cartografia do risco de incêndio
<p><b>Transversal</b></p> <p><b>Declaração de situações de risco eminente, e a emissão de pedidos de socorro e resposta.</b></p> <p><b>Envio de ordens de operações, mensagem texto.</b></p> <p><b>Nota: O envio de dados recorre a um operador GSM<sup>19</sup>, utilizando o GPRS.</b></p>					

Fonte: Autor

### 3.1 Configuração do hardware e software nos postos de comando e supervisores

<sup>19</sup> GSM, Global System for Mobile Communications

Cada um dos elementos da estrutura do SIG é dotado equipado com o hardware e sistema operativo que reúna os requisitos mínimos para suporte das aplicações. Nesta perspectiva os postos de comando ou dos supervisores deverão reunir pelo menos os seguintes requisitos.

#### Hardware:

- Computador Pessoal (Desktop/Laptop/Tablet PC ou Workstation), Pentium (1,5 GHz);
- 512 MB RAM;
- Windows NT 4.0 with Service Pack 6 (ou) Windows 2000, (ou) Windows XP Home Edition ou Professional;
- acesso à Internet;
- impressora ou plotter;
- equipamentos GPS; GSM / GPRS.

#### Software:

- ArcView 9.1, com as aplicações: ArcCatalog; ArcMap; ArcScene;
- extensões ArcGIS: Publisher; Spatial Analyst; Tracking Analyst;
- extensão Track Tool – Fire (PlogP), para ArcGIS; Software de processamento de comunicações PlogP; Software SIG dedicado PlogP;
- Microstation;

- aplicação FireStation.

### 3.1.1 Configuração dos postos móveis

Hardware:

- Personal Digital Assistant (PDA) ou Tablet PC ou Laptop;
- receptor GPS;
- equipamento GSM / GPRS
- adaptação de hardware PlogP;

Software:

- Windows mobile 2005
- Opção, aplicação ArcPAD® (ESRI);
- software GIS dedicado PLogP;
- extensões PLogP para ArcPAD® (ESRI), no caso de se usar este software.

### 3.1.2 Valências do software e aplicações integradas no SIG

As TIG quando integradas no SIG, apresentam valências específicas. Uma é a plataforma do SIG, outra viabiliza a aquisição da informação em tempo real, outra procede ao seu envio para uma base de dados num servidor na Internet. Esta articulação é a trave mestra da arquitectura do SIG.

A complementaridade entre elas justifica-se na perspectiva da obtenção do resultado final, ou seja a possibilidade de visualizar o cenário numa imagem 3D, cruzando toda a panóplia de informação que vai sendo carregada na base de dados.

No quadro seguinte explica-se em síntese alguns dos contributos do software para o sistema.

#### Quadro 6 – Síntese dos contributos de software para o SIG

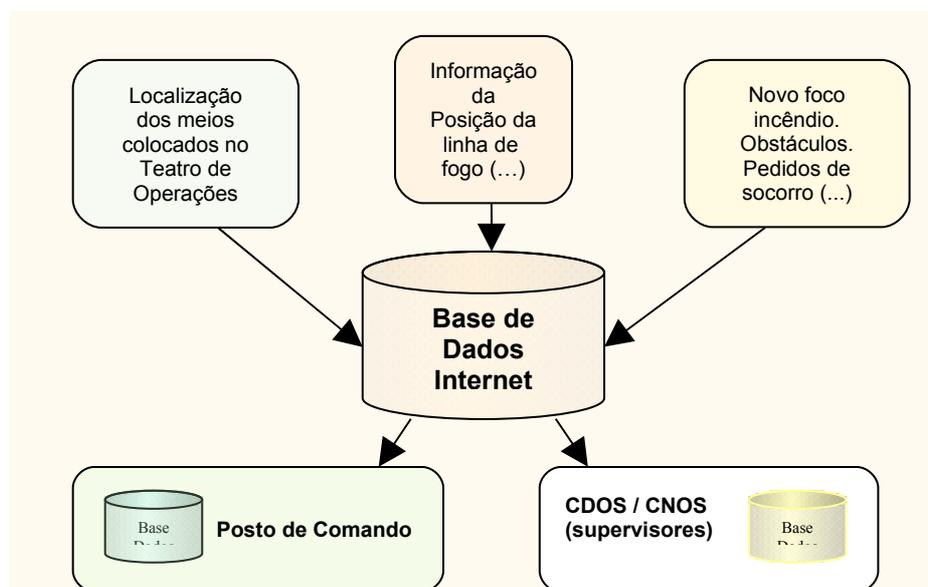
<b>ArcScene - ESRI</b>	Permite visualizar em 3D, as informações que estão a ser trabalhadas no ArcMap, inserindo-as sobre um ortofoto carregado no ArcScene, com os dados altimétricos de um Modelo Digital de Terreno. Integra no SIG o conceito de visualização 3D proposto.
<b>ArcMap - ESRI</b>	Esta extensão, suporta a cartografia digital em 2D, sobre a qual a aplicação Track Tool Fire – PlogP, carrega a informação adquirida pelos postos móveis dispersos no terreno do TO, e que se encontram alojadas numa base de dados de um servidor na Internet.
<b>ArcPAD</b>	Software GIS móvel da ESRI que é utilizado nos postos móveis em PDA, para suporte da cartografia e aquisição de dados.
<b>Track Tool Fire -PlogP</b>	Esta aplicação possibilita nos equipamentos móveis (e.g. PDA) a aquisição de dados e a gestão dos pacotes de informação a transmitir para a base de dados. Têm aplicação em simultâneo no posto de comando, para manipulação da informação carregada da base de dados.
<b>GPS</b>	A tecnologia GPS adquire a informação de localização, quer seja a do próprio posto móvel, ou a posição de um objecto seleccionado na cartografia pelo operador, para ser adicionada na aplicação TFP, que a transforma em mensagem.
<b>GPRS</b>	O protocolo GPRS encaminha a mensagem através de um operador de GSM disponível para uma base de dados num servidor na Internet.
<b>FireStation</b>	Este sistema modela o comportamento do fogo em topografia complexa, disponibilizando a previsão de evolução do incêndio. Estes dados podem estar disponibilizados na base de dados do posto de comando.
<b>PremFire</b>	Este sistema produz a carta diária de risco dinâmico de incêndio florestal, disponibilizando a informação para a base de dados.

Fonte: Autor

#### 4. Fontes, fluxos de informação, demonstração e bases de dados

A base de dados no servidor na Internet recebe a informação que é adquirida e transmitida a partir dos meios que estão posicionados no terreno (postos móveis), disponibilizando-a para o Posto de Comando ou para um supervisor, conforme se representa na figura 18.

**Figura 22 - Fluxos de informação**



Fonte: Autor

Por sua vez os postos de comando e os supervisores possuem uma base de dados própria, onde podem ser carregadas um conjunto de informações recolhidas previamente como por exemplo:

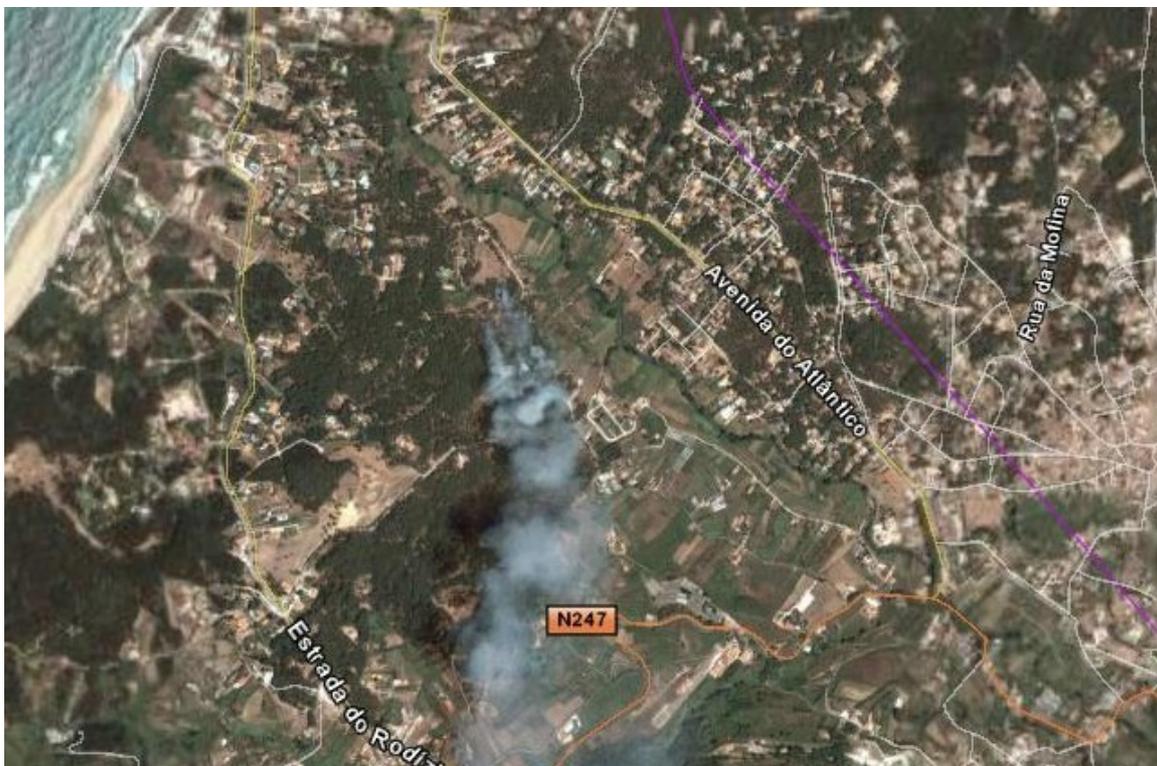
- Cartografia (risco de incêndio, combustíveis), ortofoto, modelo digital de terreno;
- edificado, infra-estruturas e equipamentos de apoio ao combate;
- rede viária, aceiros, estradões, ferrovias (...);
- património cultural, património institucional;
- linhas de água, pontos de água para abastecimento, zonas perigosas;

- outras (...).

#### 4.1 Demonstração da visualização 2D/3D

Quando comparada com a visualização 2D, a 3D favorece a percepção da situação por parte do COS. É dessa forma mais intuitiva possibilitando-lhe de facto, conhecer tanto quanto possível, a exacta realidade do que se passa no terreno, transmitindo-lhe uma visualização adequada das áreas de incêndio, da sua possível progressão e da exacta localização dos meios e equipas de combate, terrestres ou aéreos. As imagens que se seguem demonstram o conceito, assim como alguns aspectos relevantes da arquitectura do GIS. O fumo do incêndio é visível na imagem, embora isso não passe de uma feliz coincidência que favorece a representação.

**Figura 23 - Um cenário de incêndio florestal, imagem em 2D**



Fonte: Google Earth

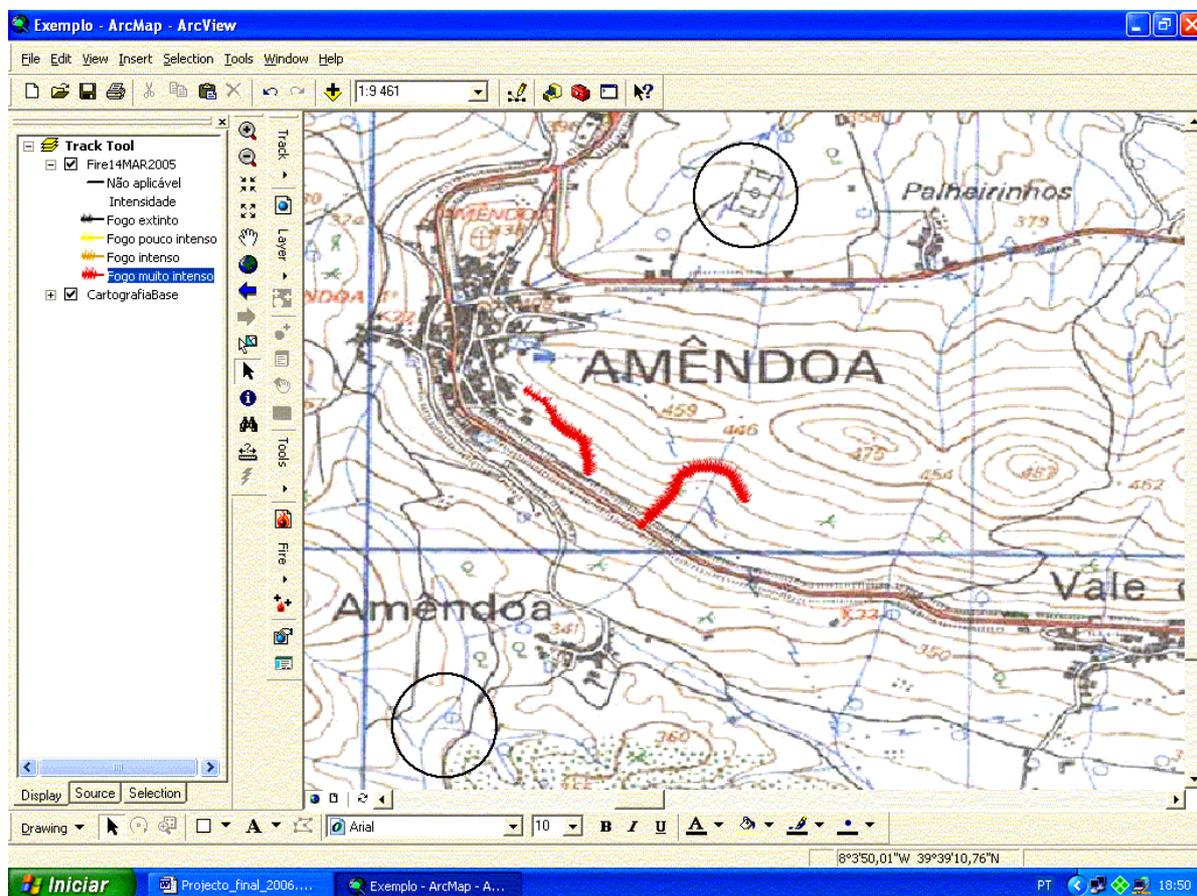
**Figura 24 – O mesmo cenário em 3D**





na figura 21. Começa-se então por mostrar a imagem do ArcMap, com a barra da aplicação Track Tool Fire aberta, com uma carta militar que mostra a evolução dum incêndio florestal. Pode observar-se duas frentes de incêndio activas com a classificação muito intensas, e dois pontos georeferenciados, representando o local do posto de comando e uma zona de concentração e reserva de meios. Estes dados foram descarregados do servidor na Internet para onde os postos móveis as enviam em tempo real.

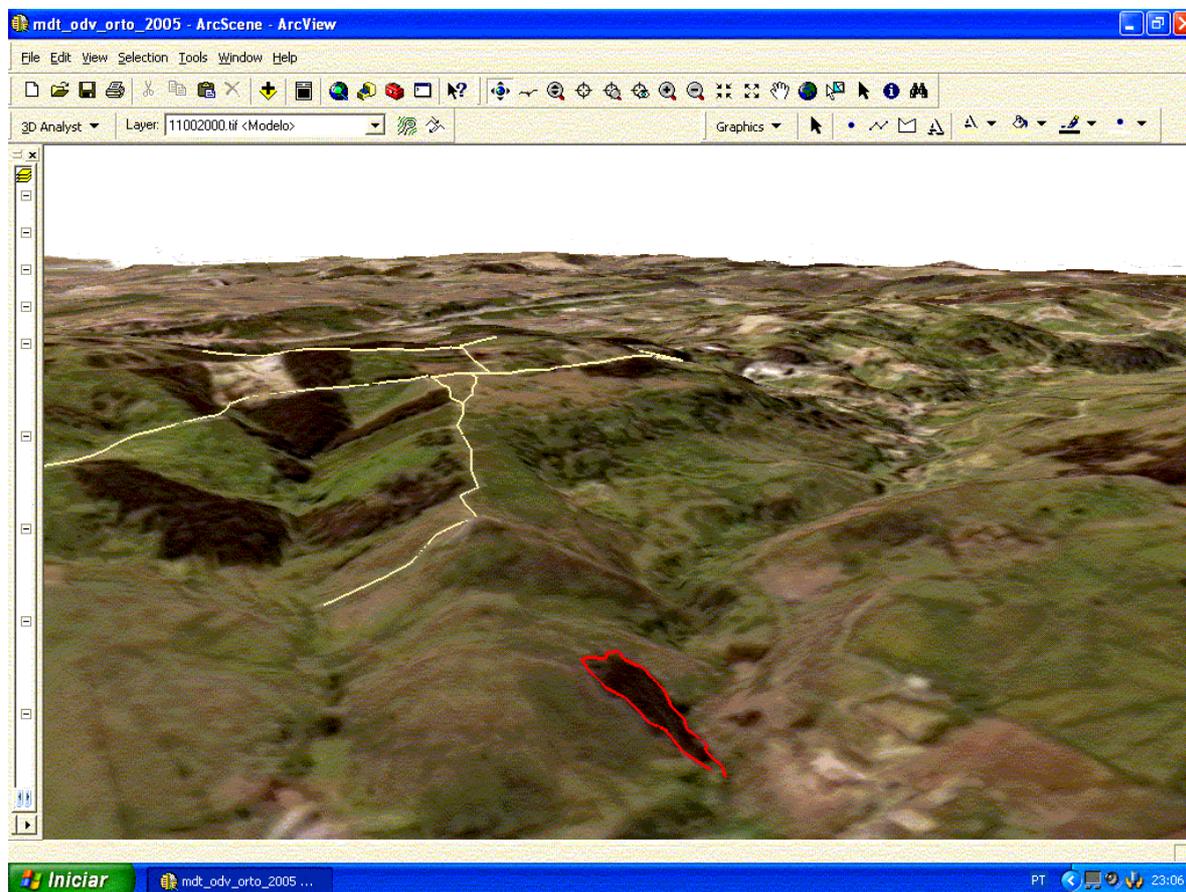
**Figura 27 – ArcMap com carta militar**



Fonte: Imagem do Sistema instalado em Mação, PlogP

Também nesta forma de visualização a envolvente à zona do incêndio é perceptível, sendo possível complementar este desempenho com o recurso a uma ortofoto. No entanto o potencial não pára por aí. Com o recurso a outra extensão (ArcScene) passaremos a dispor da perspectiva 3D e, o contexto fornecido passa a mostrar as particularidades inerentes ao acidentado do terreno, como se demonstra de seguida com uma imagem do ArcScene.

**Figura 28 – Perspectiva do TO em 3D, com o ArcScene**



Fonte: Google Earth

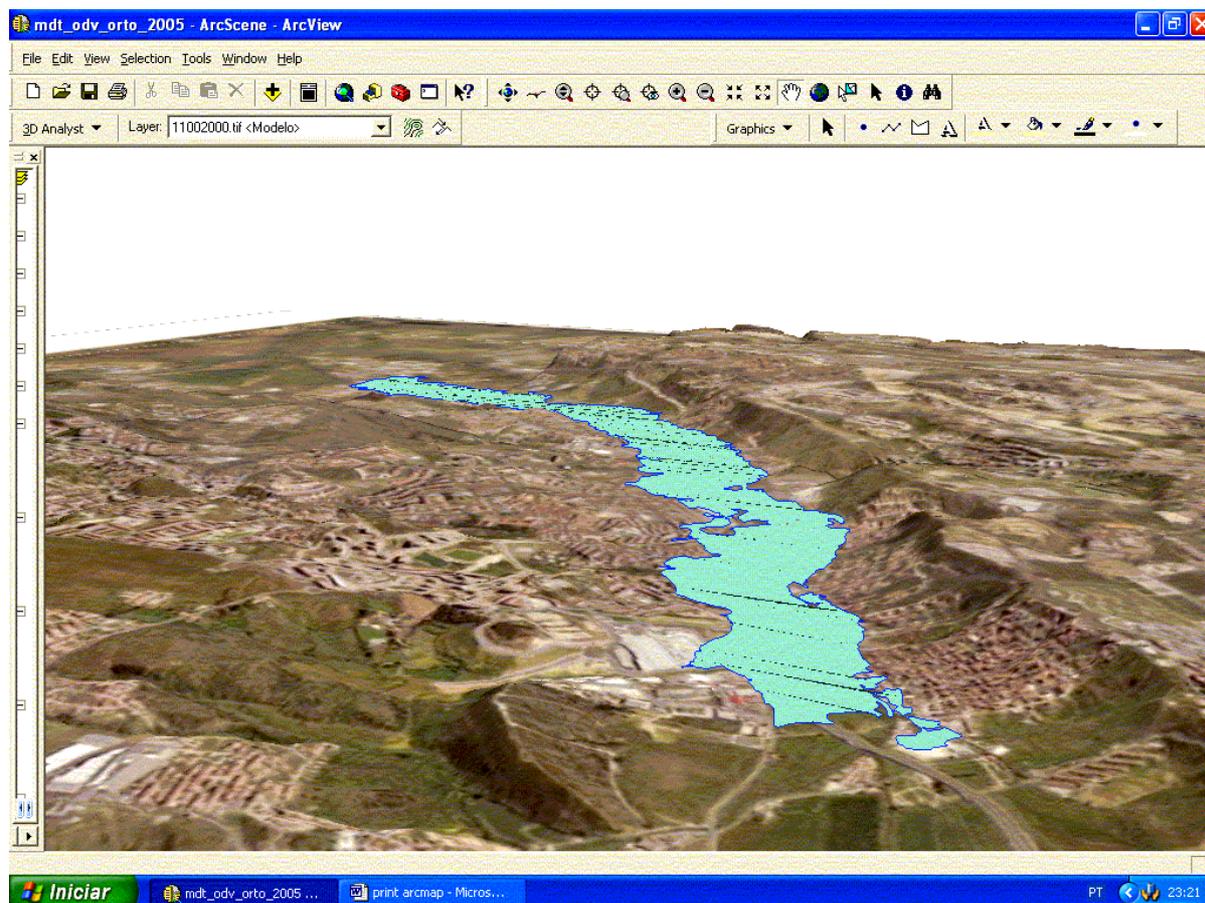
Na imagem vê-se um incêndio nascente que se propaga pela falda de uma encosta. Nas cumeadas são visíveis estradões, observando-se também formações do tipo vale encaixado, com manchas de vegetação de varias tipologias. É neste tipo de cenários que a inserção da localização e movimentação do dispositivo de combate em tempo real, enriquecida com dados previamente recolhidos no terreno conforme já referidos, e.g. o tipo de combustível, densidade e continuidade, podem servir de apoio às decisões do COS. Poder-se-á dizer também, que o COS não necessita de conhecer o território, podendo essa função ser desempenhada por alguém de fora da zona, que haja sido mobilizado em reforço dos recursos locais e, outra vantagem é que pode conhecer as condições específicas do território onde vai operar, sem que nunca lá tenha estado, com evidente qualidade, sem o constrangimento de, por exemplo, ser de noite.

#### 4.1.1 Outros tipos de operações onde esta arquitectura pode ser utilizada

Foi dito no início que este tipo de arquitectura não se esgota no apoio à decisão no combate aos incêndios florestais. Uma ferramenta com estas características adapta-se a outros TO, os exemplos que se mostram em seguida demonstram-no. Na primeira imagem observa-se um vale inundado por uma cheia, o que permite conhecido o fenómeno determinar as zonas atingidas, planear previamente a intervenção e apoiar a decisão em eventuais operações de socorro.

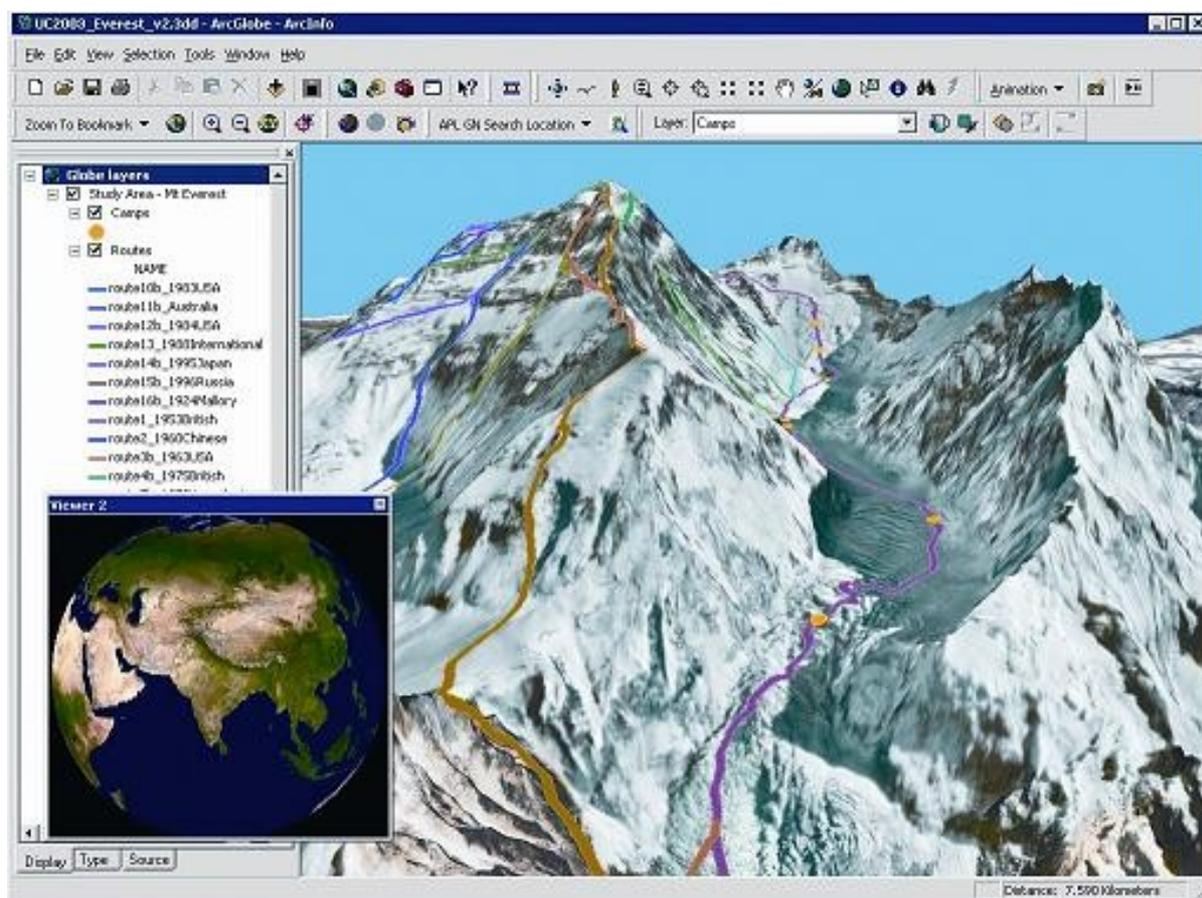
Na segunda imagem o cenário coloca-nos num TO de salvamento em montanha, o que permitiria o acompanhamento das operações de socorro em tempo real, quaisquer que fossem as condições de visibilidade no exterior.

**Figura 29 – Vale inundado**



Fonte: Google Earth

**Figura 30 – Operações de socorro em montanha**



Fonte: Imagem gentilmente cedida pela ESRI Portugal

## 5. Breve análise dos resultados obtidos

Recorda-se aqui, que o objectivo deste trabalho de investigação era, sabendo-se que já existem tecnologias necessárias para a criação de um SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais e, considerando o facto que algumas dessas tecnologias já se encontrarem instaladas, embora de forma avulsa, e que por isso não integram num SIG único o conjunto das suas capacidades, conseguir dar um contributo desenhando a conceptualização de uma arquitectura de um SIG. Conjugando esta arquitectura com os potenciais das aplicações disponíveis, poder-se-á permitir produzir os output necessários para o COS conhecer de facto, tanto quanto possível, a exacta realidade do que se passa no terreno, transmitindo-lhe uma visualização adequada das áreas de incêndio, da sua possível progressão e da exacta localização dos meios e equipas de combate, terrestres ou

aéreos. Ao mesmo tempo, considerar a introdução do conceito, da visualização em 3D, para que, com um breve olhar, o COS pudesse adquirir a informação que necessita, para tirar o melhor do SIG para a tomada de decisão.

De facto, como se procurou demonstrar, a arquitectura conseguida responde às questões de partida, (quadro 5) parecendo cumprir por isso o objectivo proposto. Um aspecto positivo resultou do facto dos cenários exportados para o ArcScene poderem ser “sobrevoados”, dando uma componente dinâmica de análise visual do TO, idêntica à que se conseguiria com um voo real. No entanto, surgiram também alguns constrangimentos. Por exemplo, a biblioteca de objectos gráficos, que poderiam ser associados visualmente ao conjunto de representações dos meios, recursos e estruturas do TO, de molde a facilitar a leitura do TO não estava presente na aplicação com a diversidade necessária, isto é, era útil dispor de objectos facilmente relacionáveis com as viaturas de combate entre outros. Por outro lado, as bases de dados do posto de comando exigem um trabalho de campo prévio, e em permanente actualização. Constatou-se também, o inconveniente do modelo de propagação do fogo, correr numa plataforma diferente da que suporta o SIG. Contudo os responsáveis científicos que produziram a aplicação, informaram estar a trabalhar com o objectivo da aplicação correr noutras plataformas, sem a necessidade de exportação. Como se depreende estas questões poderão ser objecto de novas investigações e trabalho futuro.

## Conclusões / Considerações finais

Em Portugal tem-se observado uma constante e rápida mudança da estrutura institucional da protecção civil, na procura duma resposta cada vez mais eficaz e eficiente para flagelos como o dos incêndios florestais. Simultaneamente, a constante evolução das tecnologias sugeriu aos responsáveis políticos e técnicos, o desafio de promoverem o desenvolvimento de instrumentos de análise, e diagnóstico, que possam servir apoio à tomada de decisões. Esta política permite dar aos COS o suporte técnico e científico para fazerem face à dinâmica cada vez mais exigente das operações de socorro em emergência e protecção civil, numa sociedade em crescimento, onde os riscos naturais e tecnológicos se apresentam como ameaças ao desenvolvimento na medida em que o impacte que produzem quando ocorrem, reflecte-se com maior ou menor significado na perda de capitais, e.g. natural, humano, económico, (...).

Pode considerar-se que os impactes da ocorrência de eventos associados aos fenómenos de risco naturais, como é o caso dos incêndios florestais, têm consequências directas no espaço e no tempo, o que poderá afectar tudo o que estrutura, num dado momento, o território, originando consequências no tempo mais ou menos extensas e gravosas para a sociedade. Sendo assim, é legítimo afirmar, que estes fenómenos têm uma forte componente geográfica e, é por isso, que os geógrafos e a geografia podem dar contributos importantes e fundamentais nos vários aspectos, quer seja ao nível do planeamento quer ao nível dos processos de apoio à decisão.

As técnicas da geografia potenciadas pelas novas tecnologias têm sido aplicadas com significativos ganhos de eficiência nas mais variadas áreas da actividade humana. A sociedade actual afirma-se como uma Sociedade de Informação, sendo esta afirmação nos dias de hoje, um aspecto geralmente aceite como fundamental e estruturante de toda a actividade humana, o que se pode ilustrar com a seguinte citação: “Assim os sistemas da sociedade, humanos ou organizacionais, são basicamente pensados como sistemas de informação e é precisamente neste âmbito que a Informação Geográfica pode ter um papel chave” (Julião R.P., 2001: pág. 22).

A Informação geográfica é um conceito não limitado apenas à informação cartográfica. Em sentido lato, ele pode ser compreendido como englobando todo o tipo de dados que se podem representar cartograficamente e, susceptíveis de serem usados em processos de análise espacial. Na prática, engloba toda a informação qualitativa ou quantitativamente georreferenciável, o que é na verdade a maior parte da informação que existe. Assim a Sociedade de Informação, surge também como uma Sociedade de Informação Geográfica. **(Julião R.P., 2001)**

O título deste trabalho de fim de curso, **Contributos para um SIG de apoio à decisão no combate aos incêndios florestais**, teve como objectivo centralizar a investigação na demonstração, de que as TIG, podem integrar-se numa arquitectura que responda às questões de quem comanda as operações de combate aos fogos na floresta, para alicerçar as suas decisões. De facto, é hoje reconhecido, de maneira generalizada, o potencial de um SIG nas mais variadas áreas científicas e, apesar de existirem domínios onde essa utilização é menos abrangente, outros há onde a sua aplicação é muito significativa, como será o caso do apoio à decisão no combate aos incêndios florestais.

Por isso, no decurso desta investigação, procurou-se fundamentar a necessidade de um SIG para ajudar nas operações de luta contra os fogos na floresta. Para tal procedeu-se a uma análise e enquadramento teórico do problema, nomeadamente no domínio da estrutura das operações de combate, e das informações necessárias para apoiar a decisão do COS e, de algumas das aplicações desenvolvidas recentemente pela comunidade científica portuguesa, bem como da plataforma do SIG e tecnologias complementares.

O objectivo principal foi o dar contributos para a conceptualização de uma arquitectura de um SIG para o apoio à decisão no combate aos incêndios florestais, utilizando para o efeito, recursos tecnológicos inovadores como as TIG e, demonstrar, que com a sua integração num SIG, ao invés de uma utilização em aplicações avulso, poder-se-ia contribuir decisivamente para a melhoria qualitativa do processo de decisão e gestão de operações de emergência. Para além do contributo para a integração das TIG num SIG, com os ganhos de sinergia possíveis, foi também apresentado o conceito de visualização em 3D como método para otimizar a percepção da informação vital de um TO por parte do COS.

Paralelamente ao objectivo deste trabalho, está o facto de se pretender contribuir para a divulgação e discussão da necessidade de implementar na prática este tipo de SIG, nos corpos de bombeiros e centros de comando, bem como para estimular a investigação para o desenvolvimento metodológico ao nível deste tipo de ferramentas operacionais, suportadas por um SIG. Por outro lado, divulgar a capacidade dos geógrafos para desenvolverem trabalho numa área temática pluridisciplinar, como é a protecção e socorro, através das componentes tecnológicas e na conceptualização de modelos de planeamento de operações de emergência apoiados em SIG.

O grande envolvimento e interesse das empresas e dos cientistas nesta temática ficou demonstrado. Quer pela diversidade de novas aplicações, quer pela forma como responderam ao apoio que lhes foi sendo solicitado, durante o tempo em que se desenvolveu esta investigação. Foi possível constatar esta situação, na sequência dos contactos estabelecidos com as instituições e empresas: Serviço Municipal de protecção Civil da Câmara Municipal de Mação, Coordenação da Licenciatura de Ciências do Mar da Universidade Lusófona, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI), Critical Software SA, Cotec Portugal, Associação Empresarial para a Inovação, PlogP Consultoria e Serviços de Sistemas e Tecnologias de Informação e ESRI Portugal.

Estes contactos possibilitaram uma boa perspectiva do estado da arte particularmente em Portugal, para além de que gentilmente foram cedidos materiais incluindo software e aplicações de algumas das TIG mencionadas ao longo do estudo.

A metodologia do trabalho utilizou também para uma melhor percepção da problemática, a realização de duas reuniões de trabalho, com cerca de trinta presenças entre comandantes de bombeiros e técnicos de protecção civil municipais. Esses encontros foram levados a efeito, em áreas com significativa incidência de incêndios florestais, Torres Vedras e Malveira. Nestas reuniões foi apresentado o objectivo e o caso de Mação onde é utilizado o MacFire, de seguida introduziu-se a hipótese da arquitectura integrando as várias TIG e o conceito de visualização em 3D, seguido de uma reflexão e debate, onde os intervenientes avaliaram as diferentes perspectivas e respostas da arquitectura e do conceito introduzido.

Finalmente é importante referir, que um SIG com esta conceptualização terá exigências do ponto de vista da formação de técnicos, que sejam capazes de efectuar o trabalho de campo e de operarem o sistema. Esta necessidade incide especialmente no apoio directo aos postos de comando, aos COS e centros de supervisão e, se por um lado o mercado tem capacidade para operacionalizar a arquitectura do SIG, as universidades têm pelo outro, especial apetência para a formação dos técnicos nestas áreas.

Acredita-se por isso que se abrem oportunidades em sectores de investigação, quer seja aos níveis do método, das tecnologias e dos próprios conteúdos. Será interessante explorar a integração de outras tecnologias como o APRS e, desenvolver os modelos de predição de evolução do fogo. No ponto de vista da tecnologia a evolução poderá no futuro sugerir novos e mais processos de aquisição de dados em tempo real. Quanto aos conteúdos seria interessante desenvolver formas de uniformização dos dados de maneira a que a sua integração nas plataformas fosse universal.

Termina-se com a convicção da abertura de uma área de oportunidades excelente para a geografia e para os geógrafos, numa sociedade cujas actividades apontam uma crescente necessidade de Sistemas de Informação Geográfica

## Bibliografia

Autoridade Nacional para os Incêndios Florestais (2005 Outubro) *Relatório Final*, Volume I

Câmara Municipal de Mação, (2005), *Mação Florestal*, Gabinete Florestal.

Castro, C.F., et al (2002), *Combate a Incêndios Florestais*, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra.

Catry, Filipe Xavier (1998), *Projecto do modelo geofogo, para predição da evolução dos incêndios*. Recuperado em 2006, Fevereiro 12, de <http://geofogo.igeo.pt>

COTEC, Associação Empresarial p/ Desenvolvimento (2005) *Apoio à prevenção e combate de incêndios florestais com base na cartografia do risco e da perigosidade dos incêndios e em modelos de comportamento de fogos florestais*. Recuperado em 2005. Dezembro 2 de <http://www.cotec.pt/COTEC/Redacao/2005/40/ApoioPrevencaoCombateIncendiosFlorestais.htm>

Fernandes, Ana Duarte, et al (2004 Janeiro), *Detecção Remota*, Lidel, edições técnicas, Lda., Lisboa

COTEC Portugal (2005 Novembro), *Incêndios Florestais Resultados e Conclusões*, Lisboa.

Gaspar, Joaquim Alves., (Janeiro 2004), *Dicionário de Ciências Cartográficas*, Lidel, edições técnicas, Lda., Lisboa

Julião, R.P. (2001 Outubro), *Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional*, Contributos Metodológicos para a definição de Modelos de Apoio à Decisão em Desenvolvimento Regional, Dissertação de Doutoramento no ramo de Geografia e Planeamento Regional, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.

Longley, Paul A., et al (1998), *Geographic Information Systems and Science* (Reprinted October 2002), ESRI Press.

Lopes, AMG., Cruz, MG and Viegas, D.X. (1998), *FireStation An Integrated System for the Simulation of Wind Flow and Fire Spread over Complex Terrain*, II International Conference on Fire and Forest Meteorology, Volume 1, pp. 741 a 754, Luso Coimbra.

Lourenço, L. et al (2001). *Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipa de primeira Intervenção*. Escola Nacional de Bombeiros, Ranholas Sintra.

MAI Gabinete do Ministro (2003 Outubro), *Livro Branco dos Incêndios Florestais Ocorridos no Verão de 2003*.

Maguire, D.J., (1991), *An Overview and definition of GIS*, in Maguire, David J., Goodchild, Michael., Rind, David W., editors, *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. New York, London: Longman Scientific & Technical, pp, 9-20.

Matos, J.L., (2001 Março), *Fundamentos de Informação Geográfica*, 2ª edição, Lidel, edições técnicas, Lda., Lisboa.

Matos, J.L., et al, (2004), *Cartografia e Geodesia*, Actas da III Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lidel, Edições Técnicas Lda., Lisboa.

Rebelo, F. (2003), *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Estudos e reflexões (2.ª ed. revista e aumentada). Imprensa da Universidade de Coimbra.

Rodrigues, A. (2005 Junho), *Um contributo para a arquitectura de um Sistema de Informação Geográfica para a Gestão de Operações nos Incêndios Florestais*, 15.º GeoForum, Centro de Estudos de Geografia e Desenvolvimento, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa. Recuperado em 2005, Novembro 12, de: <[http://ceged.ulusofona.pt/GeoForum\\_files/APLICACAO\\_DE\\_UM\\_SIG\\_NOS\\_FOGOS\\_FLORESTAIS.pdf](http://ceged.ulusofona.pt/GeoForum_files/APLICACAO_DE_UM_SIG_NOS_FOGOS_FLORESTAIS.pdf)>

Rothermel, R.C. (1972), *A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels*, USDA Forest Service Research Paper.

Wikipédia (2006-05-23), [http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Posicionamento\\_Global](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Posicionamento_Global)

Zeiler, M., (1999), *Modelling Our World*. The ESRI Guide to Geodatabase Design, ESRI Press, California.