

ESCOLHA DE LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE TORRES DE DETECÇÃO DE INCÊNDIO COM AUXÍLIO DO SIG¹

Gilciano Saraiva Nogueira², Guido Assunção Ribeiro³, Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro³ e Evandro Pereira Silva⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi realizar um teste metodológico para avaliar as potencialidades de um sistema de informações geográficas e suas rotinas no planejamento de distribuição de torres de incêndio e na determinação do número ótimo de torres para visualização de uma área de estudo. A área estudada foi de 441,81 ha, em Belo Oriente-MG, compreendendo povoamentos de eucalipto, áreas de preservação permanente e reserva legal. Foram utilizados os temas vetoriais de uso do solo, recursos hídricos, malha viária e elevação. O processamento dos dados e das imagens e a produção dos mapas temáticos foram feitos no ArcView versão 3.1. Produziu-se um mapa de relevo interpolado e criou-se um tema de pontos, indicando os locais de instalação das torres. Foram escolhidos, inicialmente, oito pontos com base na proximidade de estradas e nos pontos mais elevados do terreno. A altura de cada torre foi fixada em 30 m. Utilizando a função *Visibility* do ArcView, pôde-se determinar a visibilidade da área a partir de cada ponto. A torre 1 apresentou a maior porcentagem de visibilidade (66,1%). Como a área estudada era pequena, decidiu-se pela instalação somente desta torre. Concluiu-se que a metodologia utilizada pode ser aplicada de maneira eficiente na determinação do número de torres necessárias e na confirmação ou não de locais previamente determinados para instalação das torres. Assim, com a utilização do sistema de informações geográficas aumenta-se a eficiência do sistema de vigilância e minimizam-se os custos com a instalação de torres.

Palavras-chave: Torres de detecção de incêndios, incêndios florestais e SIG.

INSTALLATION OF FIRE DETECTION TOWERS USING THE GIS SYSTEM

ABSTRACT - *The objective of this paper was to apply a GIS test to evaluate the distribution and placement of fire detection towers. The study area comprised 441.81 ha of forest stands owned by the Celulose Nipo-Brasileira – CENIBRA. Vector data (land use, streams, roads and contours) digitized in IDRISI were imported into ArcView 3.1. A digital elevation model with a resolution of 30 m was interpolated from the contour data. A point theme indicating the potential locations of 8 fire towers was visually created based on the elevation and the proximity of existing roads. The height of each tower was set to 30 m. The Visibility function of ArcView allowed to determine area visibility from each point. Tower 1 presented the highest visibility (66.1%). Since the study area was small, it was recommended to install only this tower. The methodology showed to be an efficient and feasible way to determine the ideal number of towers and the best places to install them. This procedure reduces the costs and improves the overall performance of fire prevention systems.*

Key words: Fire detection towers, forest fires, GIS.

¹ Recebido para publicação em 29.1.2001.

Aceito para publicação em 20.6.2002.

² Doutorando em Ciência Florestal, Dep. de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36571-000 Viçosa-MG; ³ Prof. do Dep. de Engenharia Florestal da UFV; ⁴ Mestrando em Ciência Florestal, Dep. de Engenharia Florestal da UFV.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de grandes incêndios florestais é motivo de preocupação dos manejadores florestais e tomadores de decisão no Brasil e em outros países do mundo. Os incêndios ocorrem quando alguns fatores associados à combustão e à propagação do fogo tornam-se favoráveis à ignição e ao espalhamento das chamas. Esses fatores, principalmente os climáticos e o tipo físico do material combustível, variam ao longo do tempo e do espaço, trazendo inquietações aos responsáveis pelos serviços de proteção das empresas que trabalham diretamente com plantios comerciais, unidades de conservação, áreas de preservação permanente etc.

Entretanto, não basta que os fatores diretamente associados à ocorrência dos incêndios florestais estejam favoráveis. Para que um incêndio ocorra é necessária a chama inicial para dar início ao processo da combustão. Assim, qualquer ação para prevenção dos incêndios florestais deve buscar a eliminação de suas causas. Dentre os vários procedimentos utilizados para redução das causas dos incêndios, a vigilância ou a fiscalização é imprescindível em qualquer planejamento de proteção florestal. De acordo com Soares (1985), a melhor forma de combater um incêndio florestal é através de sua prevenção.

Uma vigilância eficiente é a primeira etapa para o sucesso do serviço de combate, pois quanto mais cedo o foco for detectado menor será a frente do incêndio e, conseqüentemente, menor a estrutura a ser empregada para debelá-lo (Soares, 1985). Como concebido na prática, após detectado um incêndio, a preocupação principal passa a ser o tempo para o primeiro ataque. Além de serem utilizadas para detecção dos focos iniciais de fogo, as torres de incêndio ou torres de observação servem também para fiscalização da área, coibindo a ação dos agentes causadores de incêndios, principalmente de origem humana (Ribeiro, 1989). Entretanto, as torres representam uma parte significativa do orçamento do sistema de prevenção de uma área ou região, o que exige um planejamento cuidadoso, visando a utilização do menor número de torres para cobrir a maior área possível. Os critérios geralmente utilizados para escolha dos locais para instalação das torres são o relevo, as vias de acesso, a altitude dos pontos mais destacados dentro da área, a formação vegetal, a visibilidade e a importância da área a ser protegida. Nesse sentido, os sistemas de informações geográficas (SIG) constituem excelente ferramenta, por

permitir a combinação das mais variadas informações, conjugando a quantidade ideal de torres com a área máxima a ser visualizada.

Segundo Aronoff (1989), o SIG é um sistema com base computacional que usa procedimentos para armazenar e manipular dados georreferenciados, com base na seguinte estrutura: a) entrada de dados (*input*); b) gerenciamento de dados (armazenamento e recuperação de dados); c) manipulação e análise; e d) produção (*output*). Existem vários estudos que envolvem o SIG na prevenção e no combate aos incêndios florestais. Segundo Van Wagtenonk (1990), o SIG foi utilizado em pesquisa e manejo de incêndios florestais no Parque Nacional de Yosemite, EUA, com vários objetivos, podendo-se citar: comparar dados históricos sobre a incidência de fogo de acordo com a topografia e com o tipo de vegetação; analisar a incidência de raios; e analisar o regime de fogo com base no clima, na vegetação, no material combustível e na topografia. Green (1996) apresentou um SIG denominado FIRE!TM, que integra dados espaciais de material combustível e topografia com dados temporais, direção do vento e umidade do material combustível, para prever o comportamento dos incêndios florestais no espaço e no tempo.

O objetivo do presente trabalho foi realizar um teste metodológico para avaliar as potencialidades de um sistema de informações geográficas e suas rotinas no planejamento de distribuição de torres de detecção de incêndios florestais e na determinação do número ótimo de torres para visualização de uma área de estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de 441,81 ha da Celulose Nipo-Brasileira S.A. – CENIBRA, compreendendo reserva legal da propriedade, preservação permanente e plantio comercial de eucalipto. Embora seja uma área pequena para comportar uma torre de incêndios, decidiu-se pela sua utilização por agilizar o processamento nos diversos testes realizados e pelo fato de o objetivo principal do trabalho ser a avaliação das potencialidades de um SIG no planejamento da instalação das torres. Foram utilizados os temas vetoriais de uso do solo, recursos hídricos, malha viária e curvas de nível. A digitalização foi feita no IDRISI, utilizando um mapa na escala 1:10.000, com curvas de nível equidistantes de 10 m, a partir das quais foi gerado um *grid* de elevação, com uma resolução de 30 x 30 m. Esses temas foram

exportados para o ArcView 3.1, onde foram efetuados o processamento dos dados e das imagens e a produção dos mapas temáticos.

A partir do tema de elevação foi produzido, inicialmente, um mapa de relevo interpolado (Modelo Digital de Elevação - MDE). Posteriormente criou-se um tema de pontos, indicando oito locais para instalação das torres, tendo por base os seguintes critérios: proximidade de estradas e pontos mais altos do terreno.

De posse do modelo digital de elevação e do tema de pontos, utilizou-se a função *Visibility* do ArcView para determinar a visibilidade de cada ponto. Esta função indica o número de células ou localizações que podem ser vistas por pontos específicos. A sintaxe da função é:

aGrid.Visibility (aFTab, aPrj, cellObserved)

em que

aGrid: é o grid representando o relevo da área de estudos;

aFTab: é a tabela de atributos do tema de pontos ou de linhas representando os pontos de observação;

aPrj: define a projeção do mapa; e

cellObserved: se **cellObserved** for *TRUE*, a tabela do *grid* produzido conterá, para cada célula, informações se ela poderá ou não ser vista por cada ponto de observação. Se **cellObserved** for *FALSE*, o *grid* produzido indicará o número de pontos de observação que poderá visualizar uma dada célula.

A função *Visibility* permite controlar a análise de visibilidade de cada ponto, por meio de parâmetros específicos. Para isto, basta criar um novo campo (coluna) na tabela de atributos do tema de pontos (ou linhas). O título de cada coluna indica as especificações: SPOT (elevação dos pontos), OFFSETA (altura dos pontos), OFFSETB (altura dos pontos a serem observados), AZIMUTH1 e AZIMUTH2 (ângulos – azimutes, definindo um setor horizontal), VERT1 e VERT2 (ângulos definindo um setor vertical) e RADIUS1 e RADIUS2 (raios de visão). Para o propósito deste estudo especificou-se somente a altura das torres, utilizando o campo OFFSETA, com a altura fixada em 30 m.

Com base nas informações geradas pela função *Visibility*, pôde-se determinar a porcentagem de células visíveis pela torre e decidir quanto à melhor localização e ao número de torres a serem instaladas na área de estudo.

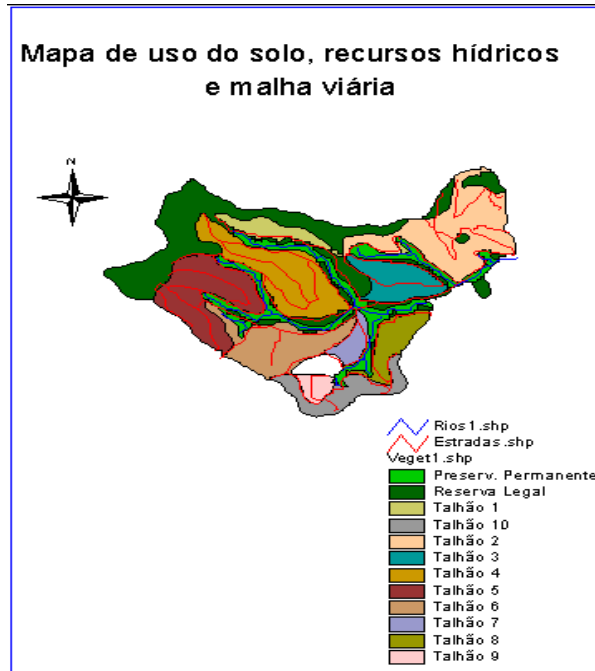
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de uso do solo indicando a área de preservação permanente, reserva legal da propriedade, talhões de eucalipto, recursos hídricos e malha viária é apresentado na Figura 1A e o mapa de declividade, na Figura 1B. Observa-se que a área apresenta uma declividade bastante acentuada. Com o tema de elevação ativado e utilizando a opção *Surface/Interpolate Grid* do ArcView, produziu-se o modelo digital de elevação (MDE) da área. Após criar um tema de pontos, foram selecionados, com o *mouse*, os possíveis locais de instalação das torres de acordo com os critérios: proximidade de estradas e pontos mais altos do terreno. Simulou-se a instalação de oito torres. A Figura 2 mostra o MDE da área de estudo e as suas localizações. A Figura 3A mostra os atributos do tema de pontos. Nessa figura, o campo ID identifica as oito torres e o campo OFFSETA foi preenchido com o número 30, o que indica que a altura de todas as torres foi especificada em 30 m.

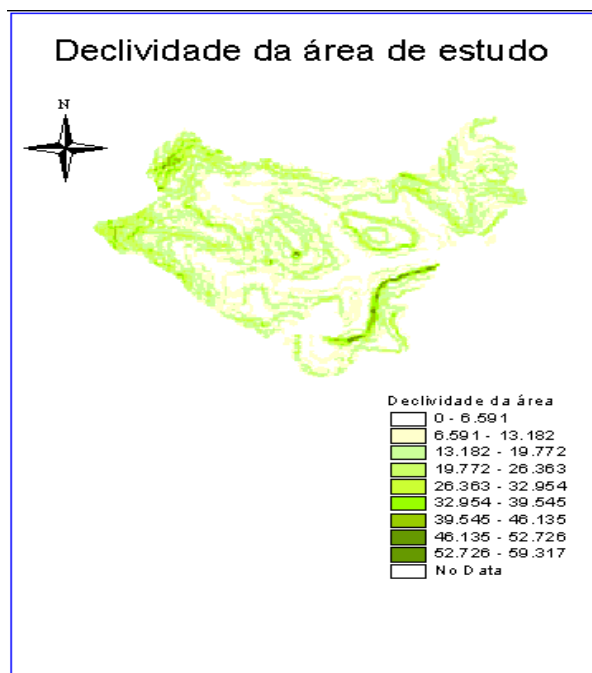
A função *Visibility* não está diretamente disponibilizada na interface gráfica (botões) do ArcView, e como o tema de pontos é vetorial as opções *Map Calculator* e *Map Query* não podem ser utilizadas. Assim, a função *Visibility* foi executada através de um *script*, apresentado na Figura 3B. Observa-se que a opção *TRUE* foi empregada na sintaxe. Após executar o *script* foi produzido um *grid*, indicando o número de células que poderá ser visto de cada torre. A Figura 4 mostra parte da tabela de atributos e o *grid* produzido.

O campo *Count* na tabela de atributos (Figura 4) indica o número de células visto exclusivamente pela combinação de torres indicadas na linha, tendo-se por base o total de pontos de observação. Os campos OBSn (n = 1, ... , 8) estão relacionados com as torres. Analisando a Figura 4, observa-se que a primeira linha da tabela (Value = 0) indica que 309 células não são vistas por nenhuma torre; a segunda linha (Value = 1) indica que 116 células são vistas somente pela torre 1; e a oitava linha (Value = 7) indica que 44 células são vistas somente pelas torres 1, 2 e 3 ao mesmo tempo. Nessa figura são mostradas apenas as primeiras 23 combinações.

Ao selecionar uma linha na tabela de atributos, as respectivas células visíveis são mostradas com a cor amarela no grid. O número total de células da área é 18.253, das quais 309 não são vistas de nenhuma torre (linha 1 da tabela de atributos). Assim, as oito torres propiciam



(A)



(B)

Figura 1 – Mapa de uso do solo, recursos hídricos, malha viária (A) e a declividade da área de estudo (B).

Figure 1 – Map of soil use, water resources, roads (A) and declivity of study area (B).

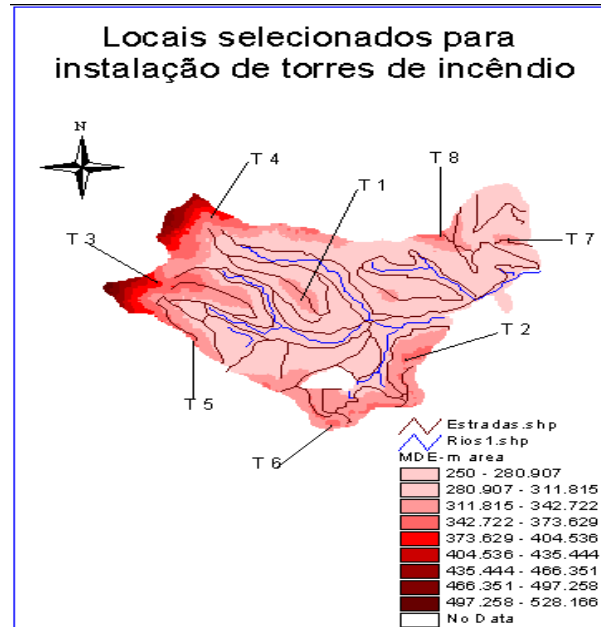


Figura 2 – Modelo Digital de Elevação – MDE da área de estudo e os locais selecionados para instalação de torres de incêndio.

Figure 2 – Digital Elevation Model – DEM of the study area and sites selected for the installation of fire towers.

uma visibilidade de 98,3% da área de estudo, entretanto a instalação das oito torres não seria economicamente viável, tendo em vista o tamanho da área. Para subsidiar a decisão foi totalizado o número de células visíveis individualmente pelas torres, conforme mostrado na Figura 5. Observa-se que a torre 1 visualiza o maior número de células (12.072 células), o que corresponde a 66,1% da área. As outras torres apresentaram as seguintes porcentagens de visibilidade: torre 2 (64,8%), torre 3 (57,2%), torre 4 (42,0%), torre 5 (53,0%), torre 6 (45,4%), torre 7 (46,3%), torre 8 (56,0%). A Figura 6 mostra os atributos e o *grid* gerado pela função *Visibility*, considerando apenas a torre 1, onde a área amarela corresponde às 12.072 células visíveis.

Segundo Soares (1985), cada torre pode cobrir uma área entre 8.000 e 15.000 ha, dependendo principalmente da topografia, e é praticamente impossível obter uma cobertura de 100%. O autor estima que uma visibilidade de 70 a 80% da área pode ser considerada satisfatória. Essa afirmação pode ser confirmada no presente estudo, visto que em uma área pequena (441,81 ha) a simulação com oito torres de 30 m proporcionou uma visibilidade de 98,3%. Desta forma, pode-se inferir que somente a

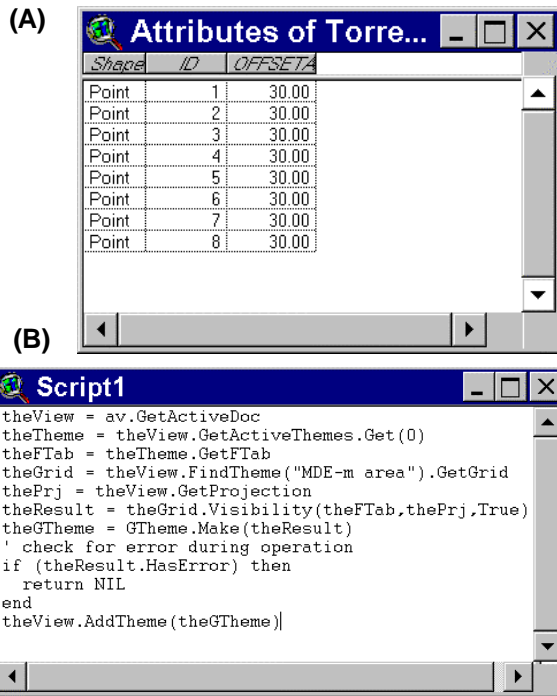


Figura 3 – Tabela de atributos do tema de pontos - Torres.apr - (A) e o Script utilizado para executar a função Visibility (B).

Figure 3 – Point theme table - torres.apr - (A) and script used to implement the visibility function (B).

instalação da torre 1, localizada na parte central do terreno, a uma altitude de 330 m, é suficiente para a fiscalização da área, por ter apresentado a maior porcentagem de visibilidade.

Com base no princípio da observação triangular é aconselhável a instalação de no mínimo duas torres, com visibilidade comum. A título de exemplo, foi simulada a instalação de uma segunda torre. Observando a Figura 5, nota-se que a torre que visualiza um maior número de células depois da torre 1 é a torre 2 (64,8% de visibilidade).

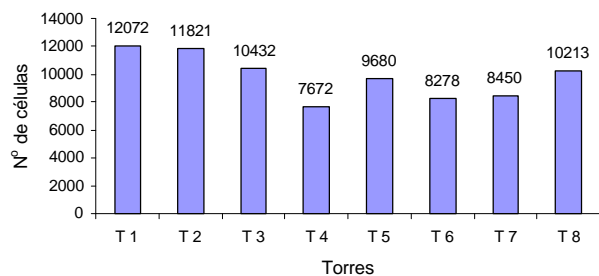


Figura 5 – Número de células visíveis de cada uma das oito torres.

Figure 5 – Number of visible cells from each one of the 8 towers.

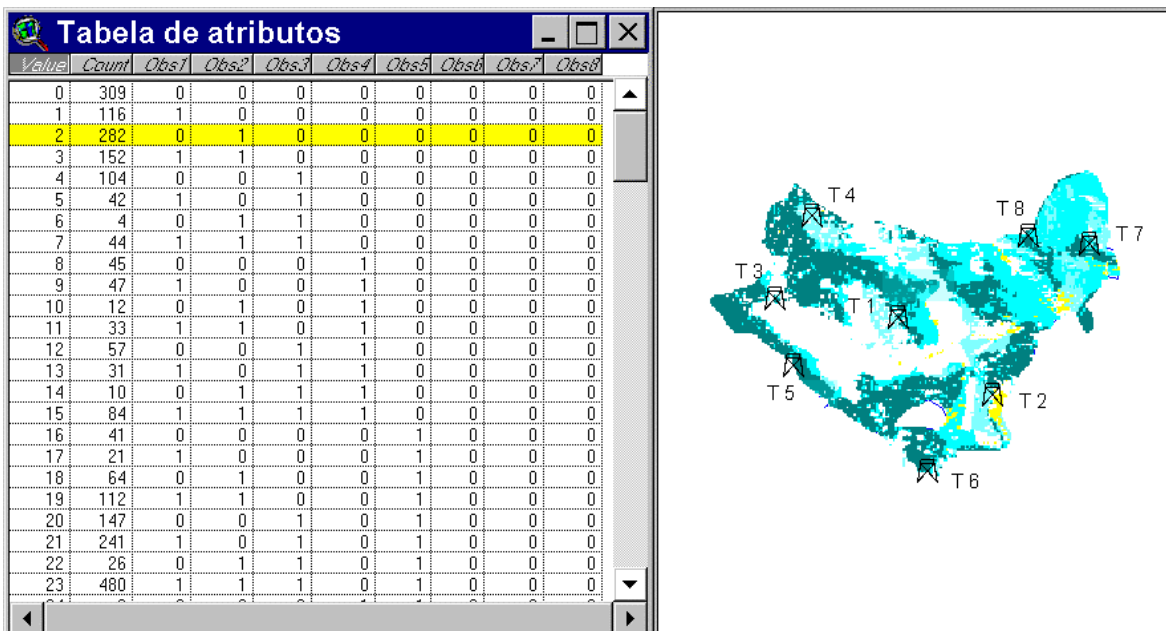


Figura 4 – Grid produzido pela função Visibility com a respectiva tabela de atributos.

Figure 4 – Grid produced by the visibility function and its respective attribute table.

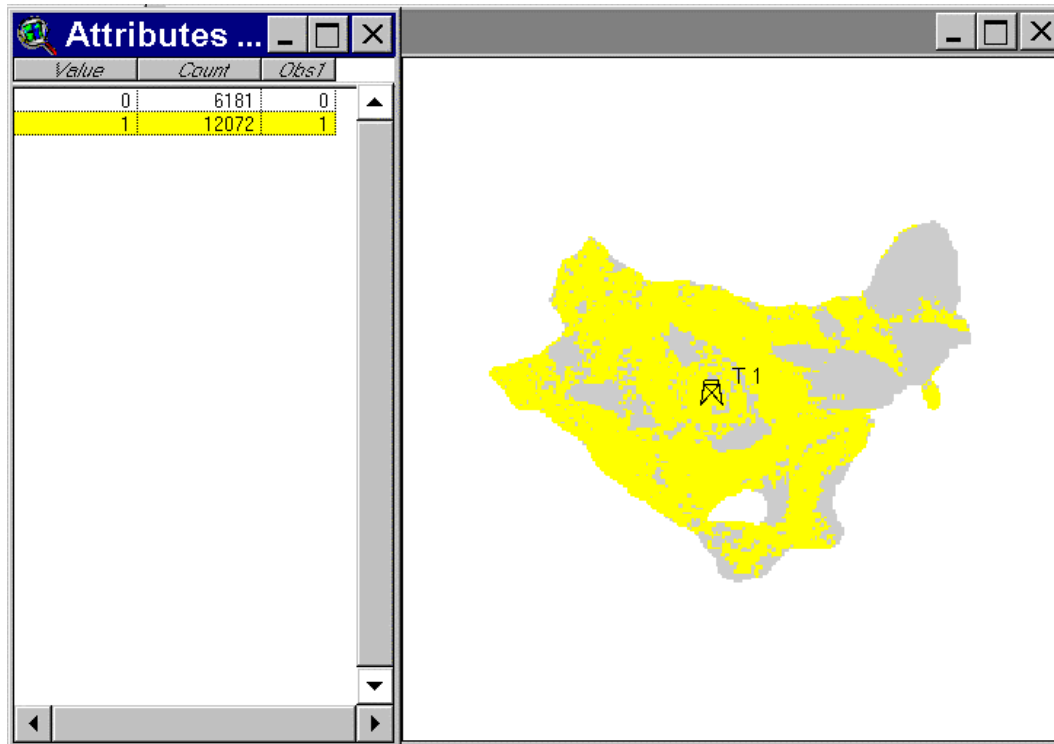


Figura 6 – Grid mostrando as células visíveis e não visíveis pela torre 2.
Figure 6 – Grid showing tower 2 visible and non visible cells.

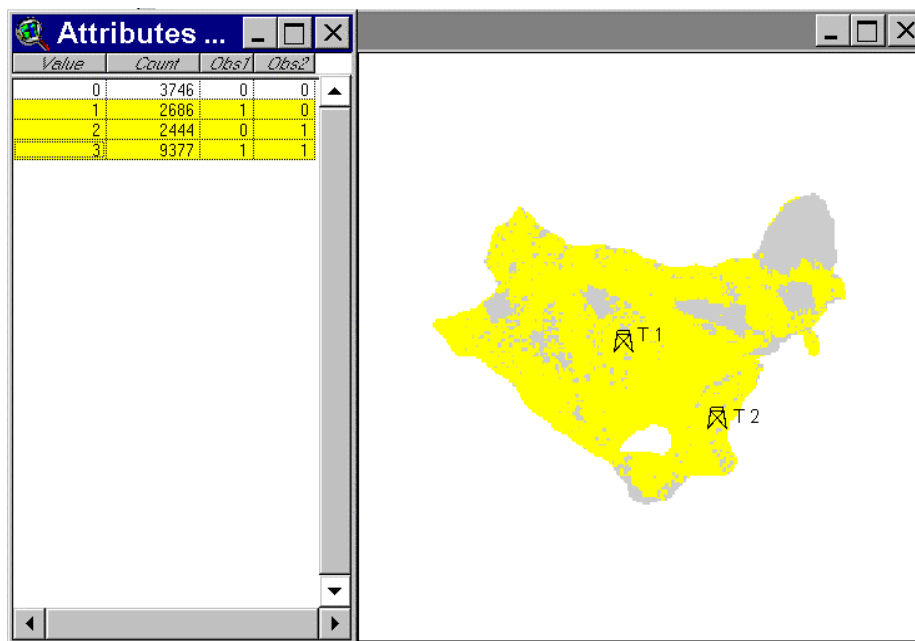


Figura 7 – Células visíveis (coloração amarela) e não visíveis pelas torres 1 e 2.
Figure 7 – Visible cells (yellow coloration) and non visible cells from towers 1 and 2.

A Figura 7 mostra a tabela de atributos e o *grid* gerado pela função *Visibility*, considerando a instalação das torres 1 e 2. Estas torres proporcionam uma visibilidade de 79,5% (14.507 células visíveis) da área de estudo. A área visível é diferenciada no *grid* pela coloração amarela (Figura 7). A instalação das duas torres proporcionou um ganho de 13,5% de visibilidade. Neste estudo este ganho não se justifica, pois a área que não é visível da torre 1 (194,4 ha) pode ser fiscalizada por outros meios como patrulhamento motorizado, por montaria ou a pé. Entretanto, a torre 2 pode ser instalada desde que a área adicional (13,5%) tenha alguma importância estratégica, que exista recursos disponíveis ou que a segunda torre faça parte do sistema integrado de proteção contra incêndios juntamente com outras empresas ou instituições da região.

Cabe ressaltar que neste estudo a localização das torres de incêndio foi em função da proximidade de estradas e de pontos mais altos do terreno, porém esta localização pode depender de outros critérios, como topografia, condições climáticas, material combustível e tipo de vegetação. Foi especificada uma altura de 30 m para todas as torres, entretanto em uma análise mais detalhada outras especificações poderão ser feitas, por exemplo alturas diferentes para cada torre, alturas dos pontos a serem observados, ângulos horizontais (azimutes), ângulos verticais e raio de visão.

4. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada pode ser aplicada de maneira eficiente na determinação do número necessário de torres, permitindo definir, previamente, a instalação de torres em um ou mais pontos. Dessa forma, garante-se maior cobertura de visão da área a partir de locais potenciais, definidos com base em critérios preestabelecidos. Os resultados confirmam a importância dos sistemas de informação geográficas na prevenção e no combate aos incêndios, aumentando a eficiência do sistema de vigilância e otimizando os custos com a instalação de torres.

Para a área estudada recomenda-se instalar apenas a torre 1, localizada na parte central do terreno, a uma altitude de 330 m. A partir deste ponto tem-se a garantia de que 66,1% da área pode ser visualizada, ou seja, este é o ponto que possibilita visualizar o maior percentual possível da área, utilizando-se apenas uma torre. Na prática, o restante da área não-visível deste ponto poderá ser fiscalizado por outros meios, como patrulhamento motorizado, por meio de montaria ou até mesmo a pé.

A localização das torres de incêndio pode depender de outros critérios, além da proximidade de estradas e dos pontos mais altos do terreno, por exemplo da topografia, das condições climáticas, do material combustível e do tipo de vegetação, que também podem ser analisados pelos sistemas de informações geográficas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective.** Ottawa: WDL Publications, 1989. 294 p.
- GREEN, K. et al. Fire!TM Using GIS to predict fire behavior. **Journal of Forestry**, v. 93, n. 5, p. 21-25, 1996.
- RIBEIRO, G. A. **Um sistema de prevenção de incêndios para a microrregião de Viçosa.** Viçosa, MG: 1989. 103 p. (Relatório Técnico).
- SOARES, R. V. **Incêndios florestais – controle e uso do fogo.** Curitiba: Fundação de Pesquisa florestal do Paraná, 1985. 213 p.
- PARAFINA, S. **Using GIS to produce fire control maps.** In: MORAIN, S.; BAROS, S. L. (Ed.). **Raster imagery in geographic information systems.** Santa Fé: OnWord Press, 1996. p. 462-468.
- Van WAGTENDONK, J. W. GIS applications in fire management and research. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1990, Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: 1990. p. 212-214.