

# EPICENTER TEAM DESCRIPTION PAPER

ABEL CORRÊA\*, ALESSANDRO D. VECCHIA\*, ANDERSON R. TAVARES\*, CRISTIANO GALAFASSI\*,  
GABRIEL DE O. RAMOS\*, LUIZ H. D. SOUZA\*, RICARDO GRUNITZKI\*, ANA L. C. BAZZAN\*

*\*Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre, RS, Brasil*

Emails: `acorreia@inf.ufrgs.br`, `advecchia@inf.ufrgs.br`, `artavares@inf.ufrgs.br`,  
`cgalafassi@inf.ufrgs.br`, `goramos@inf.ufrgs.br`, `lhdsouza@inf.ufrgs.br`,  
`rgrunitzki@inf.ufrgs.br`, `bazzan@inf.ufrgs.br`

**Abstract**— This work presents the methodology proposed by the team Epicenter for the multiagent simulator RoboCup Rescue. The methodology is centered in map setorization, agents allocation in sectors, roads priorities-based routing, and firefighting supported by a neural network. Besides, priority queues are used for rescuing civilians, where we try to estimate whether the buried civilian has chances of surviving or not, aiming to increase the number of rescued civilians.

**Resumo**— O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a metodologia proposta pela equipe Epicenter para o simulador multiagente Robocup Rescue. A metodologia está centrada em técnicas de setorização, de alocação dos agentes aos setores, roteamento com base na priorização de limpeza das vias e no controle e combate a incêndios, apoiado por uma rede neural. Além disso, são utilizadas filas de prioridade para o resgate de civis onde se busca estimar se o agente soterrado tem chance de sobreviver, visando aumentar o número de civis resgatados.

## 1 Introdução

Operações de resgate em situações de desastre (como terremotos, inundações, furacões, entre outros) são uma séria questão social. Essas operações envolvem diversos agentes (policiais, bombeiros, paramédicos, entre outros) em um ambiente hostil: construções desabam, ruas ficam bloqueadas, fornecimento de água e eletricidade fica comprometido e meios de comunicação operam com limitações, tornando escassas e imprecisas as informações sobre o problema.

Situações assim requerem sistemas que possam criar planos robustos, dinâmicos e inteligentes de busca e resgate que auxiliem o esforço humano. Tendo isso em vista, o simulador de desastres RoboCup Rescue (Kitano, 2000) provê um ambiente para programação de times de agentes virtuais para promover pesquisa e desenvolvimento no campo de coordenação em sistemas multiagente. No simulador, times de bombeiros, paramédicos e policiais devem se coordenar para minimizar os problemas causados em uma cidade por um terremoto.

Este artigo apresenta a metodologia adotada pela equipe Epicenter para programação dos times de agentes, com foco na divisão do mapa em setores, na alocação de agentes em setores e em métodos para cálculo de rotas, que consideram os setores determinados no mapa.

Os agentes são modelados com base em estratégias gerais e específicas. As estratégias ge-

rais definem o comportamento comum dos agentes, como por exemplo, os métodos de locomoção, exploração, setorização e distribuição dos agentes nos setores. As estratégias específicas descrevem como cada grupo de agentes (ambulâncias, bombeiros e policiais) irá atuar.

Na Seção 2 são apresentadas as estratégias gerais: setorização (Seção 2.1), alocação dos agentes (Seção 2.2), roteamento (Seção 2.3), exploração (Seção 2.4) e comunicação (Seção 2.5). Em seguida, na Seção 3 são descritas as estratégias específicas de cada grupo de agentes: ambulâncias (Seção 3.1), bombeiros (Seção 3.2) e policiais (Seção 3.3). Ao final, na Seção 4 são discutidas as considerações finais acerca das estratégias implementadas.

## 2 Estratégia Geral

Nesta seção são discutidas as estratégias genéricas aplicadas a todos os agentes. Inicialmente é abordado o processo de setorização (Seção 2.1), que tem por objetivo delimitar os setores nos quais os agentes serão alocados (Seção 2.2) com base na importância dos setores. Outro papel importante da setorização se relaciona com a técnica de roteamento (Seção 2.3), a qual busca traçar rotas priorizando a expectativa do estado da via em relação à distância. Espera-se que a priorização da limpeza de determinadas vias faça com que, em geral, os agentes se desloquem mais rapidamente, se comparado com o caminho mais curto, devido a trechos bloqueados.

## 2.1 Setorização

A setorização consiste em dividir o mapa em quatro setores. Devido ao tempo gasto para realizar essa tarefa, ela é realizada no pré-processamento, de modo que os agentes possam acessar essa informação quando a simulação é iniciada.

Para delimitar os setores, selecionam-se 4 pontos: Norte, Sul, Leste e Oeste. Em seguida, obtém-se os nós do grafo do mapa mais próximos a esses pontos. Por fim, utiliza-se o método de busca em largura para traçar 2 rotas: de Norte a Sul e de Leste a Oeste. Essas rotas, denominadas vias principais, aparecem destacadas no mapa de Kobe, na Figura 1.

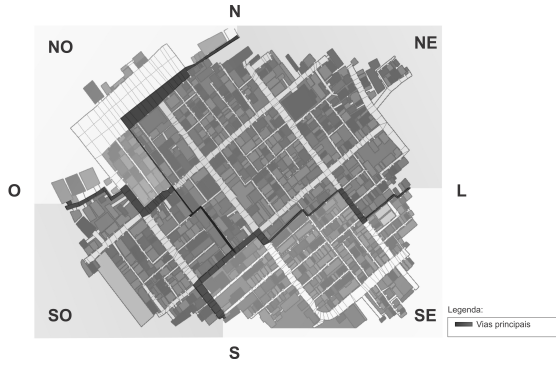


Figura 1: Vias principais no mapa Kobe.

Após a identificação dos limites de cada área, aloca-se cada entidade (ruas, construções, refúgios, hidrantes e postos de combustíveis) a seus respectivos setores. Os agentes também serão alocados proporcionalmente aos setores, conforme descrito na Seção 2.2.

## 2.2 Alocação dos Agentes

Dada a divisão do mapa em setores, é necessário alocar adequadamente os agentes de acordo com a importância de cada setor. A alocação dos agentes é realizada na etapa de pré-processamento e também durante a simulação. A alocação durante a simulação é relevante porque a importância de um setor pode mudar durante a simulação devido ao aparecimento ou desaparecimento de problemas.

Cada setor possui uma importância para cada tipo de agente (ambulâncias, bombeiros ou policiais). A importância de um setor para um tipo de agente é um valor numérico atribuído de acordo com os problemas daquele setor com os quais os agentes daquele tipo têm que lidar. Em seguida, a quantidade de agentes de cada tipo é calculada para cada setor, com base na importância do setor em relação aos demais.

Durante a etapa de pré-processamento, existem apenas informações estáticas sobre o ambiente

(como a localização de refúgios, prédios, postos de combustível e hidrantes, por exemplo). Nessa etapa, cada tipo de agente calcula a importância de um setor da seguinte forma:

- **Bombeiros:** quantidade de construções e quantidade de postos de combustível. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde há maior potencial de propagação de incêndios;
- **Policiais:** quantidade de refúgios e hidrantes. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde recursos estratégicos estão posicionados;
- **Ambulâncias:** quantidade de construções. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde há maior probabilidade de haver civis soterrados e supõe-se que esta probabilidade aumente com o número de construções de um setor.

Durante a simulação, os agentes coletam informações sobre os problemas do ambiente (bloqueios, incêndios e civis feridos). Assim, cada agente calcula a importância de um setor da seguinte forma:

- **Bombeiros:** quantidade de postos de combustível e quantidade de prédios em chamas. Onde há mais incêndios, mais bombeiros devem ser alocados, além disso, os postos de combustível devem ser protegidos.
- **Policiais:** quantidade de bloqueios em vias estratégicas. Atribui-se maior importância a setores onde recursos estratégicos (como refúgios e hidrantes) estão bloqueados.
- **Ambulâncias:** quantidade de civis soterrados. Atribui-se maior importância a setores onde há maior número de civis soterrados.

O cálculo do percentual de agentes de cada tipo que deve estar em cada setor é descrito a seguir. Seja  $S$  o conjunto de setores do mapa,  $a_s$ ,  $b_s$  e  $p_s$  o valor numérico que representa a importância de cada setor  $s$  para as ambulâncias, bombeiros e policiais, respectivamente. O percentual de agentes que deve estar em cada setor é proporcional à importância de um setor em relação ao somatório das importâncias de todos os setores. A Eq. 1 formaliza o cálculo do percentual de agentes em cada setor.

$$\begin{aligned} \%ambulancias_s &= \frac{a_s}{\sum_{s \in S} a_s} \\ \%bombeiros_s &= \frac{b_s}{\sum_{s \in S} b_s} \\ \%policiais_s &= \frac{p_s}{\sum_{s \in S} p_s} \end{aligned} \quad (1)$$

O cálculo descrito na Eq. 1 é feito pelas centrais, de acordo com as informações que os agentes repassaram a elas. Após o cálculo, as centrais notificam os agentes que devem mudar de setor para que o percentual calculado de agentes em cada setor seja obtido.

### 2.3 Roteamento

O roteamento utilizado consiste em montar as rotas com base na divisão hierárquica das vias. Neste sentido, as vias principais (Norte-Sul e Leste-Oeste) podem ser utilizadas neste processo. Na setorização identificam-se os limites dos setores como sendo duas rotas (Norte-Sul e Leste-Oeste). Uma vez que elas sempre irão se encontrar em algum ponto, podem levar um agente de um setor para outro. As vias secundárias, por sua vez, são o conjunto de rotas que conectam os refúgios e postos de combustível ao ponto mais próximo das vias principais.

O objetivo do roteamento é fazer com que os agentes utilizem as vias que tenham maior probabilidade de estarem limpas, que correspondem às vias principais e secundárias (detalhes desta etapa serão descritos na seção 3.3). Desse modo, sempre que um agente precisar de se locomover, ele dará preferência às vias principais e secundárias.

A Figura 2 mostra o exemplo de um bombeiro que, durante o combate a um incêndio, precisa se deslocar até um refúgio para reabastecer. Pode-se verificar que, mesmo que exista um caminho mais curto sem utilizar as vias principais, a rota dele é definida de modo que percorra o menor caminho até algum ponto das vias principais, se desloque através destas até o mais ponto mais próximo do refúgio (ainda nas vias principais) e então chegue ao refúgio.

Vale ressaltar que, sempre que um agente encontrar um bloqueio, ele irá recalculá-la rota. Se existir um bloqueio enquanto ele tenta chegar às vias principais, ele irá recalculá-la rota até que encontre um caminho válido. Se houver um bloqueio na via principal (o que ocorrerá com frequência no início da simulação), será calculado o caminho mais curto entre seu ponto atual e o destino, ignorando as vias principais.

### 2.4 Exploração

A exploração consiste em fazer com que os agentes procurem por acontecimentos, de modo que possam comunicar o ocorrido aos demais. Para explorar o ambiente, cada agente irá armazenar o número de vezes que passou por determinado nó do grafo. Sempre que o agente chegar ao seu destino e não tiver tarefas prioritárias, ele deve sortear um nó aleatório (dentro do setor a qual

está alocado), de modo que os nós menos visitados tenham prioridade de escolha.

A rota calculada para exploração é diferente da rota calculada para o deslocamento dos agentes. Na exploração é importante que os agentes visitem periodicamente os nós do mapa. Sendo assim, a rota calculada para exploração é sempre a mais curta entre a origem e o destino do agente. Vale lembrar que a rota é calculada através do algoritmo de busca em largura.

Além disso, assim como no processo de deslocamento, sempre que o agente encontrar um bloqueio, ele deve refazer sua rota, considerando o bloqueio da via. Desse modo, espera-se que o agente desvie o bloqueio e chegue ao seu destino.

### 2.5 Comunicação

O processo de comunicação é realizado com base duas variáveis principais: o número de canais disponíveis e a existência de centrais.

Quando estiverem disponíveis três ou mais canais e centrais, cada grupo de agentes irá se comunicar em um canal específico, enquanto que as centrais irão classificar e, eventualmente, repassar as informações pertinentes para cada canal. Caso os policiais identifiquem um foco de incêndio e civis soterrados, eles devem comunicar para a central, a qual deve comunicar sobre o incêndio no canal dos bombeiros e sobre os civis no canal das ambulâncias.

Contudo, em ambientes sem centrais, os agentes devem repassar as informações pertinentes a cada grupo de agentes para seus respectivos canais. Desse modo, se um agente bombeiro identificar um civil soterrado ele pode repassar essa informação para o canal das ambulâncias.

Além disso, os agentes podem se comunicar por voz com outros agentes dentro do seu raio de alcance. Isso é realizado porque, em dados momentos, informações não podem ser repassadas imediatamente por rádio. Logo, comunicação por voz serve como uma alternativa viável.

## 3 Estratégias Específicas

Esta seção apresenta a modelagem dos agentes da equipe Epicenter. De modo geral, os agentes de pelotão (ambulâncias, bombeiros e policiais) são implementados com uma máquina de estados e uma fila de atividades. Cada agente preenche a fila com diferentes atividades, este processo é descrito a seguir.

### 3.1 Ambulâncias

A função desta classe de agentes é realizar o resgate de civis. Assim, a prioridade das ativida-

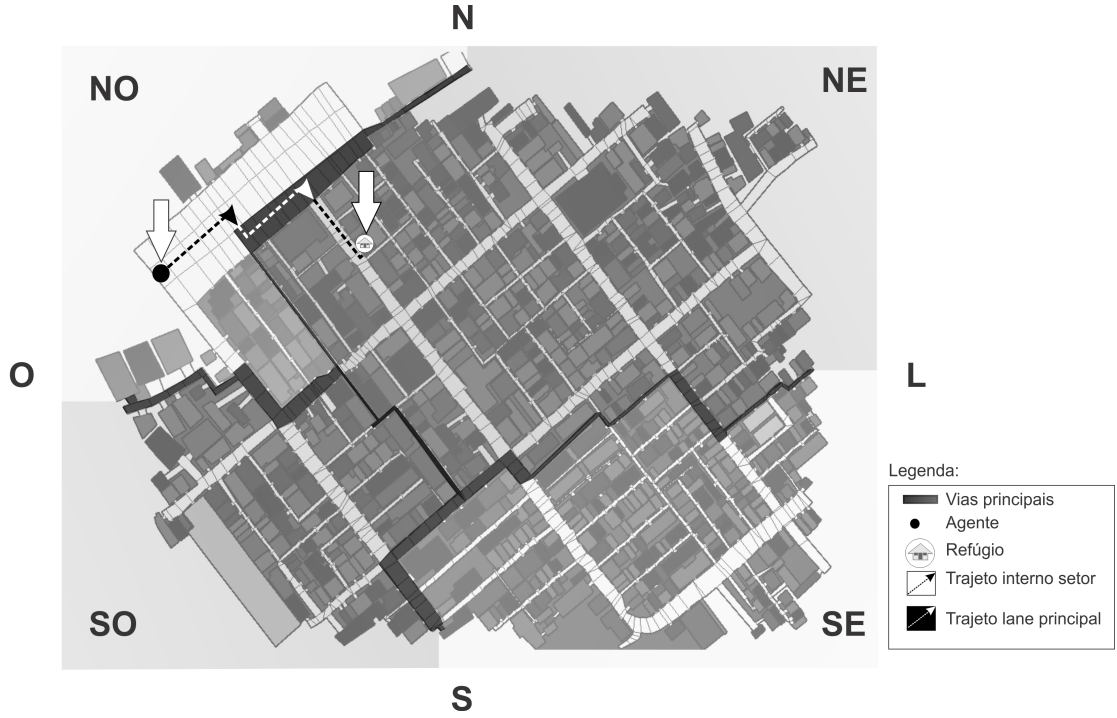


Figura 2: Rota de um agente até um refúgio.

des destes agentes é definida com base no tipo de agente soterrado e o tempo esperado de vida do agente. Sempre que um civil for identificado, a informação repassada é o tipo do agente (ambulância, bombeiro, policial ou civil), sua localização, o quão soterrado está e seu tempo de vida.

Com base nessa lista, a prioridade de resgate segue o critério de tipo de agente e, em seguida, o tempo estimado para seu resgate. Prioritariamente, busca-se resgatar ambulâncias, bombeiros, policiais e civis, nesta ordem. Quando houver mais de um agente do mesmo tipo (situação comum no caso dos civis), o critério de desempate será o tempo estimado para o resgate do agente ( $t_i$ ). A Eq. 2 mostra a função utilizada para estimar o tempo de resgate de um agente  $i$ , onde  $hp_i$  é sua energia,  $dm_i$  é seu dano sofrido (em cada passo de tempo),  $resc_i$  é o tempo estimado para retirá-lo dos escombros e  $dist_i$  é a distância (em passos de tempo), da ambulância em relação ao agente  $i$  e do agente em relação ao refúgio mais próximo.

$$t_i = \frac{hp_i}{dm_i} - (resc_i + dist_i) \quad (2)$$

Essa equação gera um número positivo, equivalente ao tempo estimado de vida que o agente  $i$  tem (relação de  $hp_i$  e  $dm_i$ ), menos o tempo necessário para a ambulância chegar até o mesmo, resgatá-lo e levá-lo para o refúgio mais próximo.

### 3.2 Bombeiros

Os bombeiros são os agentes responsáveis por combater incêndios. Possuem em sua concepção listas de tarefas ordenadas por prioridades. Tais listas são atualizadas através de suas percepções do ambiente e também por meio de informações recebidas dos demais agentes, seja por canais de rádio ou voz. As listas de tarefas são ordenadas de acordo com dois fatores: a quantidade de civis na construção e a intensidade do fogo.

É dada prioridade máxima a incêndios com a maior quantidade de civis dentro. Em seguida, caso não hajam civis, são priorizados incêndios pequenos. Esta medida impede que o fogo se alastre para as demais construções. Caso o incêndio esteja em um estágio avançado e o bombeiro considere não ser viável apagá-lo, então este irá controlar o fogo dos prédios vizinhos, evitando assim que o incêndio se propague. A avaliação da viabilidade de apagar um incêndio ou não é dada por meio de uma rede neural artificial (RNA). Esta rede recebe informações da construção em chamas como dados de entrada, retornando o tempo necessário para a construção queimar completamente.

Para construir a rede, foram desenvolvidos bombeiros observadores responsáveis capturar informações de construções em chamas em exercícios simulados em diferentes mapas. Estas informações são compostas por: *area*, *temperature* e *fieriness*, além do tempo total gasto para a construção queimar completamente. Cerca de 1300 instâncias foram utilizadas para gerar o arquivo de treinamento da rede. Em seguida treinou-se uma RNA *multi layer perceptron*. A topologia da

rede pode ser observada na Figura 3.

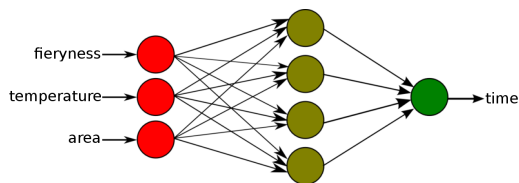


Figura 3: Topologia da rede neural.

Como pode ser observado, a rede possui três camadas. A entrada da rede é composta pelas três variáveis citadas anteriormente:

- *Fieryness*: representa a intensidade do fogo: *heating, burning e inferno*, representados respectivamente por 1, 2 e 3;
- *Temperature*: refere-se ao aquecimento da construção e é representada por um número inteiro;
- *Area*: refere-se à área total construída considerando a quantidade de andares da construção, representada por um inteiro positivo.

Por fim, a RNA produz a saída *time*, que representa um valor inteiro, correspondente ao número de passos de tempo que a construção vai levar para queimar completamente.

### 3.3 Policiais

A função principal desta classe de agente é realizar a limpeza das vias obstruídas. Por este motivo, estes agentes são os responsáveis por garantir a disponibilidade das vias principais e secundárias, além de liberar as demais vias e atender a chamados. Com base na demanda, os agentes foram separados em três grupos, considerando a prioridade das tarefas a serem executadas:

- Grupo 1: responsável por limpar as vias principais. Assim que as vias principais são limpas, os agentes realizam outras atividades, como atender solicitações, limpar vias secundárias e demais.
- Grupo 2: responsável por limpar as vias secundárias. Assim que as vias secundárias forem limpas, esses agentes atendem a chamados, limpam as demais vias e, por fim, verificam o estado das vias principais e secundárias.
- Grupo 3: responsável por limpar as demais vias. Estes agentes têm a função de limpar as vias que não se classificaram como primárias ou secundárias. Quando as demais vias forem limpas, eles atendem a chamados e verificam as vias principais e secundárias.

Apesar de todos os agentes estarem alocados em setores, os agentes do Grupo 1 devem limpar as vias principais, que ficam nos limites entre os setores. Enquanto realizam essa atividade, eles podem se deslocar entre todos os setores. Quando a tarefa principal é concluída, eles retornam ao setor que foram alocados e priorizam outras atividades.

Por fim, os agentes do Grupo 2 e 3 atuam nos setores que foram alocados. Eles podem sair de lá para atender chamados urgentes ou para verificar as vias principais.

### 3.4 Centrais

As centrais possuem diversas funções: realizar o recálculo da importância dos setores, realocação dos agentes e comunicação. Conforme comentado anteriormente, as centrais recalculam a importância dos setores periodicamente, uma vez que a descoberta de novas ocorrências alteram os pesos previamente calculados. Com base no recálculo, as centrais podem realocar os agentes, uma vez que elas possuem a lista de agentes de cada setor.

Além disso, outra importante função das centrais é disseminar a informação pertinente a cada classe de agentes. Devido à capacidade de comunicação das centrais, elas repassam as informações específicas para cada central, liberando essa atividade dos agentes e buscando evitar a sobrecarga de informações nos canais.

## 4 Considerações Finais

O presente trabalho descreveu a metodologia adotada pela equipe Epicenter para o simulador multiagente Robocup Rescue. O foco do trabalho está centrado em três atividades principais: setorização e alocação dos agentes, roteamento e prioridade de limpeza e controle de incêndios.

Espera-se que a setorização e alocação dos agentes permita que todo mapa seja monitorado, identificando rapidamente novos focos de incêndio e civis soterrados, permitindo que ações sejam tomadas o mais rápido possível. Além disso, o roteamento, juntamente com a prioridade de limpeza das vias, permite que exista uma rota de deslocamento sempre limpa. Isso faz com que os agentes não percam tempo para chegar a refúgios e hidrantes devido a vias bloqueadas. Por fim, a estratégia de combate a incêndios está baseada na classificação dos focos de incêndio, permitindo que os bombeiros controlem a expansão do incêndio em vez de tentar combater um foco que dificilmente será eliminado.

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi parcialmente financiado com recursos das agências CNPq, FAPERGS e CAPES.

## **Referências**

Kitano, H. (2000). Robocup rescue: A grand challenge for multi-agent systems, *Proc. of the 4th International Conference on MultiAgent Systems*, Los Alamitos, IEEE Computer Society, Boston, USA, pp. 5–12.