

Modelagem de Ambientes Ribeirinhos para Jogos Militares

GUSTAVO HENRIQUE SOARES DE OLIVEIRA LYRIO¹

DIOGO VIEIRA ANDRADE¹

ROBERTO DE BEAUCLAIR SEIXAS^{1,2}

¹PUC-Rio–Pontifícia Universidade Católica
TECGRAF–Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica
Rua Marquês de São Vicente 225, 22453-900 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
glyrio,diogo,tron@tecgraf.puc-rio.br

²IMPA–Instituto de Matemática Pura e Aplicada
VISGRAF–Laboratório de Visualização e Computação Gráfica
Estrada Dona Castorina 110, 22460-320 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
tron@impa.br

Abstract. This work presents a riverine environment combat simulation system model, providing a way to evaluate Brazilian Marines behaviors, actions, and decisions made in a military riverine operation.

Keywords: Riverine Operations, Warfare Games, Military Modeling and Simulation.

1 Introdução

Treinar um Fuzileiro Naval é extremamente complexo. O fuzileiro precisa estar apto a planejar e executar operações militares de diferentes tipos. Simulações por computador têm um importante papel neste treinamento pois fornecem um meio através do qual o aluno pode realizar diversos exercícios a custos mínimos, já que não há consumo de combustíveis, munições e armamentos.

Além disso, as operações planejadas podem ser testadas quantas vezes forem necessárias, sem que haja o desgaste das tropas no terreno. É possível, inclusive, testar-se exaustivamente o planejamento de uma determinada operação, avaliando as diversas possibilidades de inimigo, para posteriormente empregar efetivamente as forças, seja em uma situação real de treinamento ou de combate⁶.

Diferentes operações são realizadas pelos Fuzileiros Navais e, dentre elas, destaca-se pela sua complexidade a Operação Ribeirinha (OpRib). Tal complexidade é devida principalmente a variedade de regiões que se enquadram no conceito de região ribeirinha e a suas características, tais como visibilidade reduzida, limitadas linhas de comunicação terrestre e extensa superfície hídrica que constitui a principal via de transporte local. Além disso, as variações de marés e regimes de cheias afetam consideravelmente a trafegabilidade dessas hidrovias⁷.

Com o objetivo de ilustrar uma Operação Ribeirinha, segue abaixo um exemplo fictício de situação:

“Um grupo guerrilheiro originário do país

A instalou-se na região B sobrepujando a autoridade de seu governo e intimidando a população local. Agora, fornecem narcóticos aos demais países do continente, principalmente através do rio C. Pressões internacionais exigem que o governo do país coíba as ações dos guerrilheiros.”

Este trabalho busca detalhar a modelagem de uma ferramenta de simulação de combate em áreas ribeirinhas, independente de suas diferenças, de modo que se possa avaliar o comportamento dos fuzileiros e as ações e decisões tomadas durante uma OpRib.

2 Modelagem

Para exercer controle sobre um ambiente ribeirinho as forças navais devem ser capazes de movimentar-se com eficiência ao longo do terreno e através dos rios deparando-se com obstáculos naturais e artificiais, animais peçonhentos e doenças endêmicas característica deste tipo de ambiente. Engajando e executando apoios de fogos sobre o inimigo, bem como lançando tarefas de engenharia e inibindo o crescimento de focos de guerrilhas internos e externos ao país e do narcotráfico, muito presente nas regiões de fronteira ao mesmo tempo em que interagem com a população local¹.

2.1 Terreno

Existem duas áreas ribeirinhas no Brasil com um grande contraste de características entre elas: a Amazônia e o Pantanal.

Na Amazônia, o equilíbrio entre a floresta e a sua mata fechada e bem variada, dificulta a visibilidade em terra e impossibilita o apoio aéreo e o uso de carros de combate e transporte de tropa. A rica hidrografia, com a mais densa bacia fluvial do mundo, faz com que as operações ribeirinhas realizadas na região amazônica concentrem-se principalmente nos rios com as aeronaves fazendo apenas vôos de reconhecimento. Incursões terrestres ocorrem apenas depois de verificada alguma anomalia (aumento significativo no número de construções, pistas de pouso clandestinas, etc.) na região e confirmada a necessidade de uma inspeção.

O Pantanal é a maior extensão úmida contínua do planeta constituindo-se em uma imensa planície de áreas alagáveis em época de cheia. Ao contrário da região amazônica, onde as condições do terreno são constantes ao longo de todo o ano, o Pantanal se transforma ao longo dos períodos de seca e cheia. Essa transformação é tão intensa a ponto de rios deixarem de ser navegáveis e áreas alagadas tornarem-se extensas planícies. Nas operações ribeirinhas no pantanal o emprego de carros de combate e transporte de tropas, bem como o de apoio aéreo, é consideravelmente maior.

A solução adotada para a modelagem de terrenos tão diferentes foi simples. Basta uma imagem de satélite, um algoritmo de quantização (corte mediano por exemplo) e determinar o número de diferentes tipos de terreno que gostaríamos de utilizar na simulação. Aplicamos então, o algoritmo de quantização sobre a imagem reduzindo o número de cores para o número de tipos de terreno desejados (p.ex. solo, vegetação, estradas, etc.). Para cada cor presente na nova paleta de cores atribui-se um tipo de terreno (Figura 1) e suas características (permissividade, mobilidade, propagação de ruído, etc.), através de um arquivo de configuração, de modo que essas características possam ser testadas na própria simulação e alteradas sem maiores problemas, adequando os valores das características dos tipos de terreno a realidade.

Com essa simples solução conseguimos modelar efeitos complexos como a influência da vegetação sobre a visibilidade de um elemento de combate, a dificuldade de locomoção em um terreno alagadiço, dentre outros.

2.2 Rios

Os rios têm papel crucial numa operação ribeirinha e são facilmente identificáveis através da técnica de classificação de terreno descrita acima, devido à predominância da cor azul na imagem. Porém, para que exerçam corretamente o seu papel é necessária a modelagem da corrente. Para isso criamos segmentos de reta orientados que seguem o leito do rio e atribuímos uma velocidade para a corrente. Quando um elemento se desloca ao longo do rio, verificamos em que segmento ele se situa



Figura 1: Exemplo de Imagens de Satélite quantificada com 4 tipos distintos de terreno: mata aberta (verde claro), mata fechada (verde escuro), clareira (amarelo) e rio (azul)

e se está movendo-se a favor ou contra a corrente do rio determinando se a velocidade deve ou não ser acrescida.

2.3 Movimento

Um movimento é formado por um conjunto de um ou mais tramos (segmentos de reta que possuem coordenadas inicial e final). Quando um elemento se movimenta, determinamos o tempo pelo qual vai se movimentar, sua direção é voltada para a direção do tramo e então utilizamos um algoritmo de caminhamento para determinar quais pixels estão presentes no caminho que o elemento vai percorrer. Cada pixel determina a velocidade do elemento naquela posição e, se em algum momento a velocidade for igual a zero então o movimento foi interrompido pelo terreno, isto é, um elemento terrestre chegou por exemplo à margem do rio, à base de uma montanha, etc. Quando um elemento conclui um tramo (atinge a posição final), sua posição é alterada para as coordenadas iniciais do próximo tramo, eliminando possíveis erros de aproximação, e o tramo terminado é removido.

2.4 Detecção dos Elementos de Combate

Utilizamos um modelo probabilístico para a detecção. Para cada par de elementos de combate inimigos (o fato de dois elementos amigos se detectarem ou não é irrelevante para o jogo), verifica-se utilizando o mesmo algoritmo de caminhamento usado para o movimento, os pixels presentes entre os elementos de combate. Cada pixel agora altera a probabilidade de um elemento ser de-

tectado através da permissividade. O produtório das probabilidades de detecção determina a probabilidade de um elemento de combate ser detectado⁴.

Como a visibilidade numa OpRib é reduzida, a detecção torna-se o fator determinante para a possibilidade de um confronto entre dois elementos de combate. Isso ocorre porque quando um elemento detecta o inimigo esse inimigo já está dentro do alcance de suas armas a bastante tempo. Assim, podemos identificar um engajamento possível para todo elemento de combate que for detectado.

2.5 Engajamento

A rotina de engajamento é seguramente uma das mais complexas do sistema. Durante um engajamento é preciso saber quais armamentos estão sendo utilizados, a quantidade de munição que será gasta, a letalidade de cada armamento com o tipo de munição usada (algumas munições não apresentam letalidade como granadas fumígenas por exemplo), quais tiros foram bem sucedidos, baixas que foram imputadas sobre o inimigo e etc.

Para esta modelagem ocorre uma ausência de informação muito grande. Não foi possível encontrar um modelo matemático que definisse o resultado de um combate entre uma força convencional (Fuzileiros Navais), com treinamento militar adequado, e uma força não convencional (guerrilha, narcotraficantes, etc.) de forma satisfatória, isto é, determinando o número de baixas em cada força.

Frederick Lanchester, estabeleceu um sistema de equações diferenciais, que buscam traduzir as perdas sofridas em uma batalha. Tais equações surgem do princípio de que os danos impostos a uma das forças é proporcional ao número de elementos da outra.

$$\frac{dx}{dt} = -aY$$

$$\frac{dY}{dt} = -bX$$

onde a é o coeficiente de eficácia da força Y e b o da força X .

A dificuldade maior do modelo de Lanchester reside no fato de não se conhecerem os valores de a e b , pois estes, entre outros fatores, dependem da natureza e características das armas envolvidas, da capacidade de reação dos elementos, do grau de eficiência do comando, coordenação, controle e comunicações³.

Uma boa forma de começar a definir um modelo de engajamento é determinar a forma como serão calculados os poderes de combate (PCA), ou seja, o poder de fogo de cada elemento de combate. Para esse cálculo adotamos a

seguinte fórmula:

$$PCA = \sum_{i=0}^{\text{armamento}} (qtde(i) \times cad(i) \times let(i))$$

onde $qtde$ é a quantidade de armamentos, cad é a cadência do armamento e let é a letalidade do armamento com determinada munição.

Sabemos que a razão entre os poderes de combate de uma força convencional e uma guerrilha deve ser de 10 : 1, ou seja, é necessário que a força convencional tenha um poder de combate 10 vezes maior do que a guerrilha⁸.

Adaptando as equações de Lanchester obtêm-se as seguintes fórmulas para o cálculo de baixas na guerrilha e na força convencional respectivamente:

$$\frac{dx}{dt} = -gxy$$

$$\frac{dy}{dt} = -cx$$

Desenvolvendo

$$\frac{dy}{dx} = \frac{c}{gy}$$

e integrando

$$gy^2(t) = 2cx(t) + M$$

temos que

$$M = gy_0^2 - 2cx_0$$

onde x é o efetivo da guerrilha, y é o efetivo de combatentes da força convencional, g é a constante que define a eficiência de um guerrilheiro e c é a constante que define a eficiência de um combatente convencional.

Se $M < 0$, então a força de guerrilha vence. Se $M > 0$, a Força de Fuzileiros vence. Se $M = 0$, ocorre um empate das forças oponentes.

Para valores usuais de c e g , conclui-se que:

$$\frac{y}{x} \approx \sqrt{\frac{2c}{gx}}$$

$$y \approx 10x$$

Resolvendo as equações adequadamente, obtêm-se as baixas e as perdas de material, durante o engajamento entre a força convencional e o guerrilheiro.

2.6 Apoio de Fogo

O Apoio de Fogo consiste em realizar uma seqüência de fogos em região identificada por coordenadas. Esses fogos podem ser feitos por navios, aeronaves ou elementos terrestres. Quando o apoio de fogo é realizado por aeronave é denominado Apoio Aéreo Aproximado.

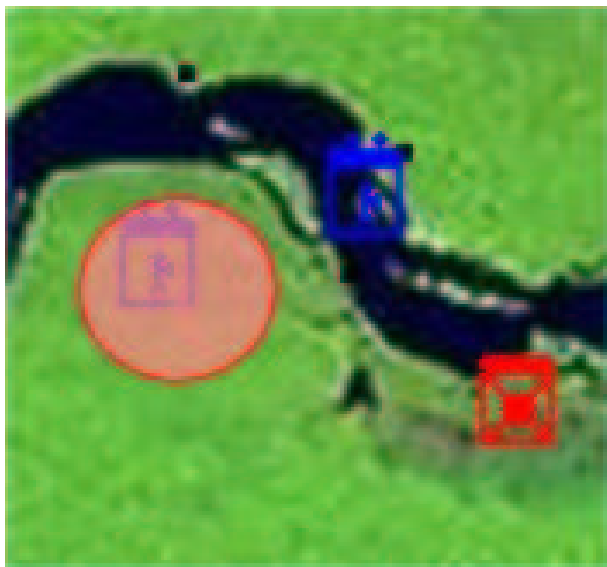


Figura 2: Apoio de fogo (círculo vermelho) realizado por um fuzileiro (em vermelho) sobre guerrilheiro (dentro do círculo)

Para o seu cálculo verifica-se se o alvo se encontra no alcance do armamento. E caso afirmativo calcula-se uma distribuição normal do tiro em relação ao alvo. Calcula-se então a percentagem do alvo que foi atingido calculando as devidas baixas e perdas de material (Figura 2).

2.7 Apoio Aéreo

O Apoio Aéreo consiste em utilizar aeronaves (helicópteros ou aviões) para realizar tarefas de apoio à missão. Estas tarefas podem ser tanto de logística ou reconhecimento, quanto de ataque a alvos pré-determinados. Embora na Amazônia a vegetação praticamente impossibilite o uso de Apoio Aéreo, seu emprego na região do Pantanal é perfeitamente viável. Para realizar um apoio aéreo, o jogador deve determinar a aeronave a ser utilizada, a rota a ser seguida (Figura 3) e determinar o tipo do apoio aéreo.

Tratando-se de um apoio aéreo logístico os suprimentos solicitados são subtraídos dos navios fornecedores e somados à aeronave transportadora. É inserido então um movimento para a aeronave seguindo a rota entrada pelo jogador. Ao passar pelo local de destino do apoio aéreo os materiais são descontados da aeronave e dispostos no terreno. Com a aproximação de um elemento de combate os materiais são removidos do terreno e incorporados ao elemento.

O caso de um ataque aéreo, visando o apoio a unidades terrestres ou navais, é bem semelhante ao anterior. Porém ao atingir o local de destino (posição do alvo) é

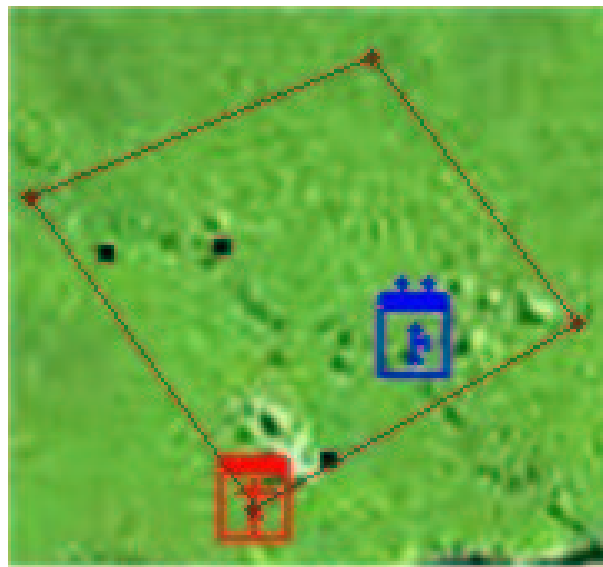


Figura 3: Tramos de um reconhecimento aéreo (linhas marrons) realizado por fuzileiro (em vermelho) sobre região contendo 3 localidades não identificadas (quadrados pretos).

inserido um apoio de fogo (item 2.6).

Sendo um apoio aéreo de reconhecimento o algoritmo de detecção (item 2.4) encarrega-se de calcular os elementos avistados pela aeronave.

2.8 Patrulha

O comportamento de patrulha é amplamente usado nas operações ribeirinhas. Existem dois tipos distintos de patrulha: reconhecimento ou combate. Esses comportamentos são bem distintos.

Uma patrulha de reconhecimento percorre uma área definida no terreno e ao avistar um inimigo informa sua posição, não tomando nenhuma ação ofensiva e evitando o confronto a qualquer custo. A patrulha de combate, também percorre uma área do terreno porém, ao avistar um inimigo, o persegue até que este tenha sido eliminado ou até que a perseguição não seja mais possível. A perseguição será interrompida quando o inimigo deixar de ser visível ou o elemento não puder se movimentar devido ao terreno.

Caso o inimigo seja avistado com alguma antecedência, a patrulha de combate pode optar por armar uma emboscada, camuflando-se na mata e aguardando o inimigo. A emboscada é amplamente utilizada no combate de guerrilha e aumenta consideravelmente o poder de combate de um elemento, uma vez que se utiliza do fator surpresa. O guerrilheiro tem por característica evitar o confronto direto com forças convencionais e, frequentemente, prepara emboscadas causando algumas baixas na

força inimiga e retirando-se do local rapidamente. Tais baixas retardam o avanço da tropa e diminuem sua moral e motivação.

A cada passo, o elemento de combate em patrulha testa se algum inimigo foi avistado e conforme o tipo da patrulha adota um determinado comportamento. O modelo de agentes mostrou-se bastante eficiente para essa implementação².

2.9 Tarefas de Engenharia e Obstáculos no Terreno

As tarefas de engenharia (tarefeng) e os obstáculos no terreno (OT) tem um importante papel em uma operação ribeirinha, porque é bastante comum encontrar em um cenário de combate ribeirinho minas, armadilhas de selva, pontes improvisadas e etc.

A implementação desses obstáculos deve ser feita de modo a alterar a mobilidade do elemento de combate sobre o terreno. Adotou-se que um elemento de combate ao encontrar um campo minado deve ter sua velocidade reduzida para zero e sofrer baixas. Um elemento de combate que atravessa um rio, por uma ponte lançada como tarefa de engenharia, tem sua velocidade mantida apesar de estar sobre a água. Uma forma conveniente de implementar tais obstáculos é alterar a imagem de satélite. Se desejamos construir uma ponte sobre um rio, basta pintar os pixels referentes a ponte com a cor referente ao terreno que possui a mobilidade desejada para a ponte (Figura 4). Porém se desejamos lançar um campo minado sobre uma área basta pintar os pixels daquela área com uma cor cuja velocidade seja zero.

2.10 Bloqueio Fluvial e Corredor de Trânsito

O bloqueio fluvial é a interdição de um determinado trecho do rio para o trânsito ribeirinho de modo a se poder realizar inspeções nas embarcações que passam por esse trecho, buscando e apreendendo contrabandos e garantindo a segurança das instalações militares (base de operações aéreas, base de operações terrestres) e navios situados naquela região. Em uma das margens do rio no qual o bloqueio fluvial foi lançado se estabelece um corredor de trânsito (Figura 5). Um corredor de trânsito é uma área do bloqueio fluvial onde é permitido o trânsito das embarcações ribeirinhas.

2.11 Doenças Endêmicas

O ambiente ribeirinho é bastante propício a proliferação de insetos nocivos, animais venenosos e doenças endêmicas. Considerar esses fatores é importante para aproximar a simulação da realidade e aumentar a relevância de se precaver.

Uma forma eficiente de modelagem é utilizar um modelo probabilístico de contaminação e baixas por

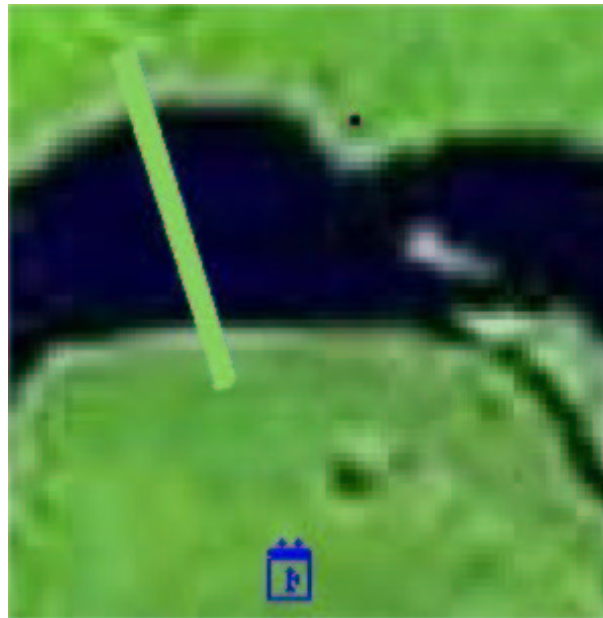


Figura 4: Ponte (linha azul) lançada sobre o rio por guerrilheiro (em azul na parte inferior da figura).

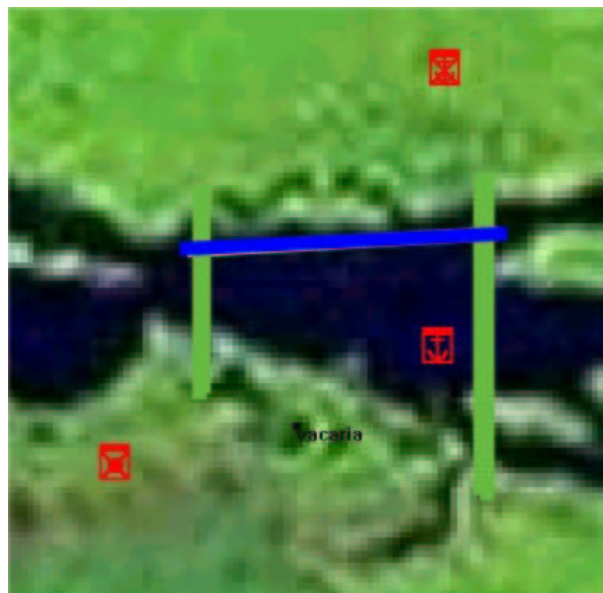


Figura 5: Bloqueio Fluvial e Corredor de Trânsito modelados por Tarefa de Engenharia (amarelo) e OTs (magenta)

doenças endêmicas ou animais venenosos em uma área definida no terreno. Essa probabilidade deve ser pequena uma vez que os efetivos dos elementos de combate em uma operação ribeirinha são reduzidos e baixas frequências devido a doenças tornariam as operações / simulações inviáveis.

2.12 Mergulhadores

Os Mergulhadores de Combate (MECs) são elementos extremamente perigosos em uma operação ribeirinha. Um único MEC é capaz de ser infiltrado próximo a seu objetivo por aeronaves, veículos terrestres, lanchas e navios. Empregando equipamentos de mergulho absolutamente silenciosos e discretos, uma vez que não desprendem bolhas (circuito fechado), os MEC aproximam-se de seus objetivos sem serem percebidos. Essa característica lhes permite obter a iniciativa das ações e surpreender o inimigo causando danos a navios, implantando explosivos ou até serem utilizados em operações de resgate.

Os explosivos são modelados por tarefa de engenharia que ao ser executada insere um apoio de fogo sobre sua posição após o tempo escolhido, simulando um temporizador.

2.13 População Ribeirinha

Como os rios constituem a principal via de comunicação em ambientes ribeirinhos, o trânsito da população local utilizando embarcações regionais, traineiras, barcos de pesca e canoas é bastante intenso. Também é comum o fluxo da população ao longo de trilhas e picadas existentes entre localidades (fazendas, plantações, portos, vilarejos e etc.). A interação com essa população é o grande diferencial do jogo de operação ribeirinha. Os guerrilheiros são facilmente confundidos com a população local, que além de constituir a melhor forma de camuflagem para a guerrilha, também pode ser convencida a trabalhar a seu favor, por aliciamento ou através de instigação contra o governo local devido as precárias condições de vida na região, transportando armamentos ou sendo treinada de modo a aumentar o efetivo guerrilheiro.

Embarcações regionais podem carregar armamentos, narcóticos, ou até guerrilheiros armados de uma localidade para outra. Durante uma operação ribeirinha os Fuzileiros Navais procuram realizar trabalhos de assistência social a população local de modo a amenizar a influência da guerrilha.

Uma modelagem adequada do tráfego ribeirinho é um grande passo para uma boa simulação.

A forma de simular esse tráfego ribeirinho é fazer com que constantemente durante o jogo, elementos neutros sejam criados e transitem de uma localidade para outra. Uma localidade pode estar ocupada por guerrilheiros, por Fuzileiros Navais ou simplesmente estar desocupada.

Se um elemento ribeirinho chega a uma localidade ocupada pela guerrilha sua inclinação para a guerrilha aumenta, já se o elemento atinge uma localidade ocupada pelos Fuzileiros Navais, sua inclinação para a guerrilha diminui. Quando a inclinação de um elemento neutro atinge 100% este se torna um guerrilheiro.

2.14 Dejetos no Rio

É comum encontrar, descendo os rios que compõe os ambientes ribeirinhos, camalotes, galhadas, arbustos e etc. Tais dejetos constituem uma ótima oportunidade de camuflagem para elementos de combate, armamentos e narcóticos.

Os dejetos devem ser criados pelo sistema esporadicamente durante o jogo com um movimento associado ao longo da corrente do rio. Deve ser possível camuflar um elemento de combate no dejetos, bem como armamentos e narcóticos.

3 Arquitetura e Implementação

O Sistema de Simulação de Operações Ribeirinhas é um jogo que simula uma situação de conflito em tempo real. O Sistema é composto basicamente por 3 módulos ilustrados na Figura 6, a saber:

- módulo de execução – o núcleo (engine) do Sistema.
- módulo de interface – como o usuário irá interagir com o Sistema.
- módulo de persistência – como as informações serão armazenadas, recuperadas, consultadas por usuários em outras máquinas, de forma síncrona.

O módulo de execução foi desenvolvido em C++ usando a biblioteca DBGraf⁹ e é onde todos os cálculos da simulação serão efetivamente feitos, ou seja movimento, engajamento, detecção e etc são executados através de ciclos de ações. Para cada possível ação há um ciclo onde os dados do módulo de persistência são armazenados em tabelas hash de objetos necessários a ação, modificados e inseridos novamente no módulo de persistência.

O módulo de interface foi desenvolvido em Lua¹¹ utilizando as bibliotecas IUP¹² e DBLua¹⁰ para implementação da interface e comunicação com o módulo de persistência respectivamente. Há nesse módulo três tipos distintos de arquivos: arquivos de interface, arquivos de ação e arquivos de comunicação com a base de dados.

Os arquivos de interface contém apenas a declaração dos elementos que compõe a interface e sua ligação com as respectivas ações. Os arquivos de ação contém as ações, propriamente ditas, atribuídas a cada elemento de interface (p. e. ação ao clicar em um determinado botão).



Figura 6: Módulos do Sistema

Os arquivos de comunicação com a base de dados apresentam as funções que obtêm os dados da base e os retornam armazenados em tabelas Lua.

O módulo de interface apresenta ao usuário a maneira de entrar com os dados necessários as ações e visualizar as respostas do sistema e o andamento do jogo.

O módulo de persistência é o local onde todas as informações são armazenadas. Todas as ações entradas pelo módulo de interface são guardadas neste módulo, assim como todas as alterações nos dados, calculadas pelo módulo de execução. Deste modo, o módulo de persistência funciona não apenas como um armazenador de dados (que é sua função original), mas como camada de conexão entre os módulos de execução e de interface.

Pela Figura 6, pode-se perceber que o sistema de persistência tem um papel totalmente passivo no programa. Ele apenas serve para consultas, atualização e inserção de dados, que é o papel de qualquer banco de dados existente.

3.1 Modularização

A utilização de uma arquitetura orientada a objeto, constitui uma solução modular adequada. O Objeto mais importante, que realiza todas as ações do usuário, é o Elemento de Combate.

O Elemento de Combate (Figura 7) é um Objeto capaz de concentrar um conjunto qualquer de pessoal e material disponível na Marinha, cujas características estejam descritas no banco de dados do sistema. Em suma, é uma abstração para qualquer contingente que realizará uma das ações possíveis.

Assim, o Objeto Elemento de Combate possui métodos que são justamente as funções básicas do módulo de execução, além de conter todos os atributos contidos no banco necessários para a execução das funções.

Para cada tipo básico de elemento de combate (naval, terrestre ou aéreo) será derivada uma classe a partir da classe básica. O uso do polimorfismo é bem natural nesta situação, tendo em vista que irá limitar certas ações aos seus grupos de elementos específicos. Por exemplo, apenas elementos aéreos poderão realizar Apoio Aéreo, elementos terrestres poderão ser desembarcados em terra ou realizar tarefas de engenharia.

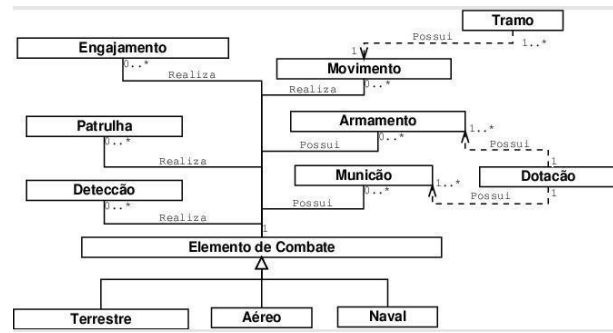


Figura 7: Diagrama de Classes do Elemento de Combate

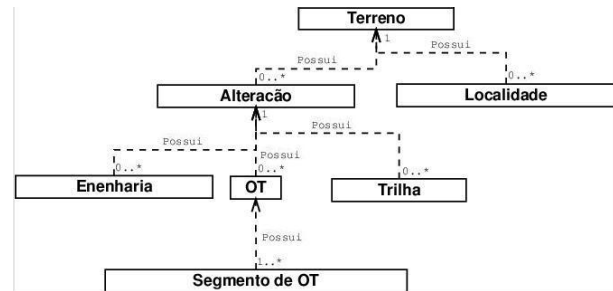


Figura 8: Diagrama de Classes de Terreno

O Terreno é outra classe fundamental do programa (Figura 8). O Terreno conterá todas as informações sobre a área de operação em termos de vegetação, altitudes, tipo de solo. Com essas informações, cada elemento de combate saberá calcular sua visibilidade, trafegabilidade, velocidade no terreno, etc. Ele terá influência direta em duas das funções básicas do programa: movimento e detecção. A proposta para o terreno é, deixar o elemento de combate calcular sua trafegabilidade e visibilidade no terreno.

4 Conclusão

Os jogos de computador são um instrumento importante de ensino e avaliação de conhecimentos, principalmente os que procuram simular condições reais de uma operação militar, de forma a treinarem oficiais a tomarem decisões em situações complexas.

A modelagem descrita, prevê em um sistema único o mapeamento de características reais inerentes a dois tipos de terreno como o Pantanal e a Amazônia que, apesar de sua distinção, são classificados como ribeirinhos, aumentando o nível de realismo da simulação.

A principal vantagem da arquitetura proposta é que o sistema fica dividido em três módulos independentes, assim o desenvolvimento, a manutenção e a atualização de um determinado módulo não implica em nenhuma modificação nos demais, facilitando a evolução do sistema.

Em um país pacífico como o Brasil, os jogos didáticos constituem parte imprescindível na formação dos oficiais e praças fuzileiros navais fornecendo um meio de avaliar e aperfeiçoar seu treinamento. Os computadores ampliaram as possibilidades de simulação dos jogos didáticos e vem sendo empregados com bastante sucesso ao longo de vários anos no Corpo de Fuzileiros Navais.

Agradecimentos

Ao Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil pelos conhecimentos compartilhados e pelos proveitosos anos de parceria.

Ao CC(FN) Rosendo e ao CT(FN) Pinto Homem, por todo apoio prestado para a concretização e viabilização deste projeto.

Referências

1. Ancker, C. J. Jr., and Gafarian, A.V., *Modern Combat Models: A Critique of their Foundations*, Operations Research Society of America, 1992.
2. Jaiswal, N.K., *Military Operations Research Quantitative Decision Making*, Kluwer Academic Publishers, 1994.
3. Coutinho, Lazaro., *Sobre a Teoria do Combate de Lanchester*, Monografia de Mestrado em Matemática, Universidade Federal Fluminense, 1982.
4. Seixas, R.B., Mediano, M., Gattass, M., *Efficient Line-of-Sight Algorithms for Real Terrain Data*, III Simpósio de Pesquisa Operacional e IV Simpósio de Logística da Marinha - SPOLM'99, 1999.
5. Seixas, R.B., Sá, A. M., Lauro, A., *Modelagem de Ferramenta de Apoio a Decisão Baseada em Grafos*, IV Simpósio de Pesquisa Operacional e V Simpósio de Logística da Marinha - SPOLM, 2001.
6. Seixas, R.B., Lauro, A., *A Decision-Making Tool to Military Planning Process Based in Dynamic-Cost Matrices*, Advanced Simulation Technologies Conference, Military, Government, and Aerospace Simulation, 2003.
7. SJD-2, *Sistema de Jogos Didáticos*, Centro de Jogos Didáticos do Centro de Instrução Alte. Sylvio de Camargo, Marinha do Brasil, Brasil, 2000.
8. Deitchman, S.J., *A Lanchester Model of Guerrilla Warfare*, Operations Research, Volume 10, pp. 818-827, 1962.
9. DBGraf, <http://www.tecgraf.puc-rio.br/dbgraf> (10/10/2003).

10. DBLua, <http://www.tecgraf.puc-rio.br/dblua> (10/10/2003).
11. Lua, <http://www.lua.org> (10/10/2003).
12. Iup, <http://www.tecgraf.puc-rio.br/iup> (10/10/2003).