

NsGraph: Manual do Usuário

versão 1.1

Alexandre Ádames Alves Pontes
Laboratório de Redes, Sistemas Distribuídos e Multimídia
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
alexandreadames@yahoo.com.br

29 de Maio de 2007

Lista de Figuras

Figura 1 : Visão da ferramenta NsGraph.....	5
Figura 2: Janela de configuração de simulação.....	8
Figura 3: Um cenário simples de simulação.....	8
Figura 4: Janela de configuração de nó.....	9
Figura 5: Script gerado pelo cenário simples.....	10
Figura 6: Execução do script através do NAM.....	10
Figura 7: Configuração de enlace, principal.....	11
Figura 8: Configuração do Monitor de fila.....	12
Figura 9: Configuração de enlace, Nam.....	12
Figura 10: Configuração de enlace, Falhas.....	13
Figura 11: Inserindo uma transmissão entre os nós	14
Figura 12: Janela de configuração de transmissão.....	15
Figura 13: Configure LossMonitor.....	16
Figura 14: Janela de configuração de roteamento.....	16
Figura 15: Roteamento dinâmico.....	17
Figura 16 : Sequência normal de transmissão.....	18
Figura 17: Nova sequencia de nós depois da queda do enlace.....	18
Figura 18: Divisão do tráfego no roteamento multiPath.....	19
Figura 19 : Topologia usado no roteamento multicast.....	20
Figura 20: Janela de configuração multicast.....	20
Figura 21: Roteamento Multicast no NAM.....	21
Figura 22: Numero de pacotes recebidos em LossMonitor.....	21
Figura 23: Inserindo um hub.....	22
Figura 24: Janela de configuração de hub.....	23
Figura 25: Visualização do Hub no NAM.....	23
Figura 26: Janela de configuração wireless.....	24
Figura 27: Cenário wireless.....	25
Figura 28: Janela de configuração de nó móvel.....	25
Figura 29: Visualização da simulação wireless.....	26
Figura 30: Topologia wireless-cum-wired.....	27
Figura 31: Visualização da simulação wireless-cum-wired.....	28
Figura 32: Janela de configuração do endereçamento avançado.....	28
Figura 33: Janelas de configuração de nós no endereçamento avançado.....	29

Sumário

1.Introdução.....	4
2.Instalação.....	4
3.Visão geral da ferramenta.....	4
4.Um exemplo de script básico.....	7
5.Configurando Enlaces.....	11
6.Inserindo transmissão.....	13
7.Roteamento.....	16
7.1Roteamento Unicast.....	17
7.2Roteamento Multicast.....	19
8.Inserindo e configurando Hubs.....	21
9.Simulação de redes sem fio.....	23
9.2Configurando Nós sem fio.....	25
10.Simulação de Redes Infra-estruturadas.....	26

1. Introdução

O NsGraph é uma ferramenta gráfica para modelagem e geração de scripts para o Network Simulator NS-2, através desta é possível realizar as seguintes tarefas do NS:

- Inserção de nós e enlaces;
- Configurar tráfego, alternando entre agentes UDP, TCP e derivados;
- Configurar geradores de tráfego CBR, Exponential e Pareto;
- Configurar aplicações FTP e Telnet;
- Simular roteamento unicast (roteamento dinâmico e por múltiplos caminhos);
- Simular roteamento multicast (configurar protocolos e escalonamento de grupos);
- Simulação de redes locais (inserção de objetos Hubs);
- Possibilita integração com as ferramentas NAM, Xgraph e TraceGraph;
- Possibilita execução do simulador da própria ferramenta;
- Simulação de redes sem fio (wireless);
- Criação de topologia sem fio com inserção de nós móveis;
- Inserir movimentação aos nós sem fio;
- Configurar protocolos sem fio;
- Simulação de redes infra-estruturada (wireless-cum-wired);
- Criação de topologia mista; e
- Inserção e configuração de Estações base (Access Points).

O NsGraph foi feito em java com auxílio da biblioteca gráfica Jgraph, assim para que a ferramenta possa funcionar é necessário baixar o *Java Runtime Enviroment* (JRE) em <http://java.sun.com>.

2. Instalação

A instalação do NsGraph é muito simples: todos os arquivos estão dispostos em um arquivo .zip, neste arquivo tem uma pasta chamada bin onde é possível encontrar um arquivo chamado NsGraph.jar que é uma espécie de executável java, basta então com o JRE java previamente instalado, abrir um terminal e escrever o seguinte comando:

```
java -jar NsGraph.jar
```

Além da pasta **bin**, o pacote vem com a pasta **java** onde é possível encontrar todos os arquivos .java usados nesta ferramenta, bem como o pacote **Jgraph** usado e as imagens usadas na ferramenta, ainda é possível encontrar a pasta **exemplos** com alguns arquivos .nsg (extensão de arquivos da ferramenta) e arquivos .tcl (arquivos de script usados na construção de simulação), uma pasta **doc** com uma API padrão java gerada pelo programa **javadoc** disponível no compilador e finalmente uma pasta **man** que contém este manual.

3. Visão geral da ferramenta

A ferramenta é composta de um ambiente gráfico de construção de simulação onde é possível planejar a simulação e configurar componentes de forma automatizada, uma figura da ferramenta é mostrada logo abaixo:

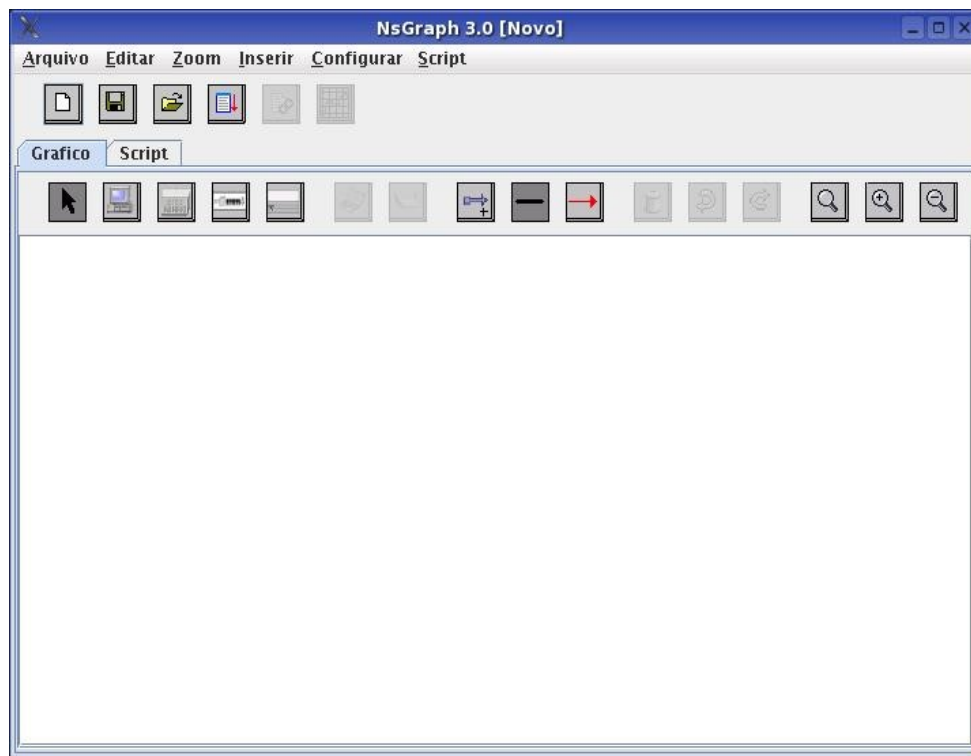


Figura 1 : Visão da ferramenta NsGraph

A **Figura 1** mostra a ferramenta NsGraph, nesta podemos distinguir a área de modelagem gráfica ao centro, os botões na barra de ferramentas de componentes com os botões **InserirNo**, **InserirHub**, **InserirSwitch**, **InserirRotador**, **InserirWno**, **Conexão**, **link**, **transmissão**, **delete**, **desfazer**, **refazer**, **zoom normal**, **zoom mais** e **zoom menos**, as abas de gráfico (modelagem gráfica) e a aba script (usada para visualizar e editar o script – opcional), os botões da barra de ferramenta geral, onde podemos ver os botões **Novo**, **Salvar**, **Abrir**, **Executar o NS**, e **Gerar script de simulação**, ainda é possível ver acima a barra de menus com **Arquivo**, **Editar**, **Zoom**, **Inserir**, **Configurar** e **Script**.

Os principais componentes com suas respectivas funções são descritos abaixo:



Seta: quando este objeto é selecionado, na área gráfica é possível: selecionar um ou vários componentes e arrastá-los para outros lugares.



No: quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido um nó na posição especificada.



Hub: quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido um hub na posição especificada.



Switch: quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido um switch na posição especificada.



Roteador: quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido um roteador na posição especificada.



Nó móvel: quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido um nó móvel na posição especificada. OBS: No início este botão está desabilitado, pois a configuração inicial é para redes cabeadas, para habilitar a simulação sem fio vá no menu **Configurar-> Configurar Simulação** e selecione o módulo wireless e este botão é habilitado.



Estação Base (Access Point): quando este objeto é selecionado basta clicar na área gráfica que será inserido uma estação base na posição especificada. OBS: No início este botão está desabilitado, pois a configuração inicial é para redes cabeadas, para habilitar a simulação com redes infra-estruturadas vá no menu **Configurar-> Configurar Simulação** e selecione o módulo wireless-cum-wired e este botão é habilitado.



Conexão on/off: quando este botão é acionado ele habilita ou desabilita qualquer tipo de conexão seja ela por enlace ou transmissão.



Enlace: quando é pressionado permite que possa conectar componentes no gráfico inserindo entre eles um enlace, não é possível conectar dois hubs diretamente devido ao fato de no Simulador não ser possível conectar diretamente duas LANs, também não é possível inserir mais de um enlace entre dois objetos pois já se trata de um enlace bidirecional.



Transmissão: quando é pressionado permite que possa conectar componentes no gráfico inserindo entre eles uma transmissão, uma transmissão é composta basicamente de três elementos: Agente de Transporte, Agente de Recebimento e Aplicação ou gerador de tráfego.



Delete: Permite remover componentes que foram selecionados no gráfico, é possível remove componentes no gráfico simplesmente selecionando-os e apertando a tecla “Delete” no teclado.



Desfazer: Permite desfazer uma ação que foi feita no gráfico.



Refazer: Permite refazer uma ação que foi feita no gráfico.



Zoom normal: Faz o gráfico voltar a escala normal de visualização.



Zoom mais: Faz o gráfico aumentar a escala de visualização.



Zoom menos: Faz o gráfico diminuir a escala de visualização.

Os botões da barra de ferramentas geral são:



Novo: Cria um ambiente novo de modelagem e visualização de script



Salvar: Salva o modelo gráfico em um arquivo de .nsg e o script em um arquivo .tcl



Abrir: Carrega para o gráfico um arquivo do tipo .nsg e para área de script um arquivo .tcl de mesmo nome



Gerar Script: Este botão gera o script de simulação baseado na modelagem gráfica.



Executar: Executa o Simulador baseado no script gerado, esta opção só é válida, portanto se um script tiver sido gerado.



Executar TraceGraph: Executa o aplicativo TraceGraph baseado no arquivo de rastreo gerado na simulação, esta opção é válida somente se o aplicativo TraceGraph estiver instalado no sistema e a simulação tiver gerado os arquivos de rastreo

4. Um exemplo de script básico

Nesta parte do manual será mostrado como criar um script de simulação básico, mostrando como configurar parâmetros gerais da simulação e criar um cenário simples de simulação.

Siga os passo abaixo:

Abra a ferramenta:

```
java -jar NsGraph.jar
```

Em seguida na barra de menus clique no menu **Configurar – Configurar Simulação** e irá se abrir a janela de configuração mostrada na **Figura 2**.

Nesta janela é possível configurar o nome do arquivo quando for salvá-lo em **Nome do arquivo nsgraph**, o nome do arquivo onde serão gerados os arquivos de rastreo (trace) em **Nome do arquivo trace**, o nome do arquivo onde serão gerados os arquivos de rastreo usados no NAM em **Nome do arquivo NAM** e o tempo total de simulação em **Tempo de Simulação**, ainda é possível alternar entre os módulos **wired** (Redes cabeadas), **wireless** (Redes sem fio) e **wireless-cum-wired** (Redes infra-estruturadas). Caso seja selecionado estes módulos o ambiente de modelagem será configurado de modo a permitir este tipo de simulação, algumas opções podem ser desabilitadas e outras habilitadas dependendo do módulo escolhido, e caso seja escolhido **wireless** ou **wireless-cum-wired**, o botão **configure** será habilitado, por fim basta clicar no botão **Aplicar** caso queira que os parâmetros sejam usados e **Cancel** caso queira cancelar a configuração feita.

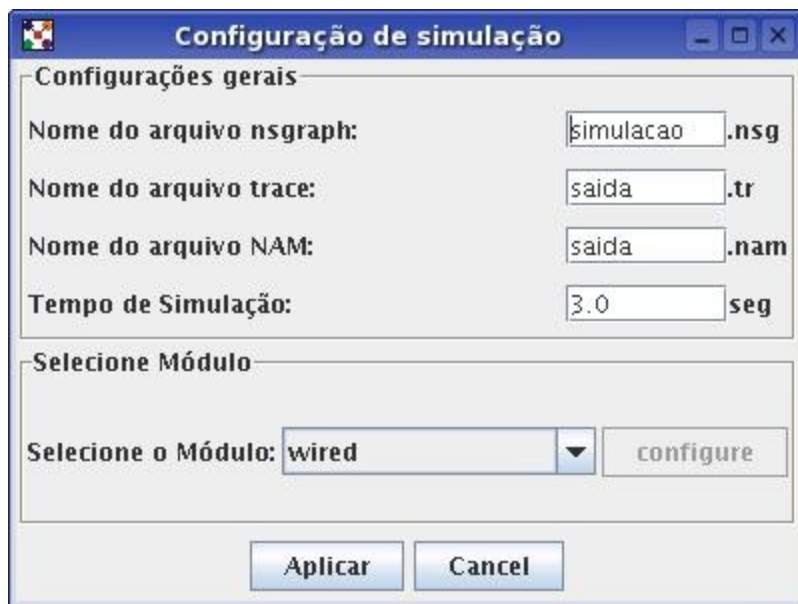



Figura 2: Janela de configuração de simulação

Depois de configurados os parâmetros gerais da simulação, o próximo passo é criar uma topologia simples, para isto clique no botão **No**  e este ficará mais escuro como se estivesse apertado em seguida clique no gráfico para inserir os nós, insira dois nós, em seguida arraste o mouse sobre o nó até que o mouse tome uma forma de cruz, aperte e leve até o outro nó para que se conecte os nós com um enlace, para configurar os componentes basta mover o mouse até um deles e clicar duas vezes com o botão esquerdo do mouse. Depois destas operações resultará na seguinte tela:

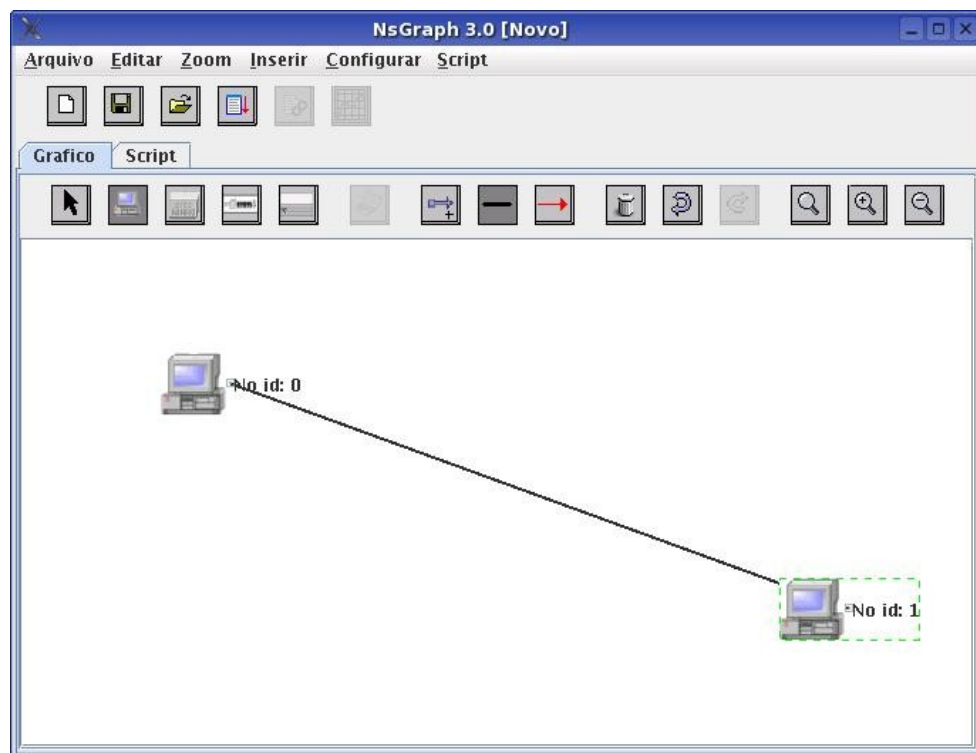


Figura 3: Um cenário simples de simulação

OBS: No NsGraph a conexão com enlaces é feita como descrito anteriormente se o botão


estiver apertado (padrão da ferramenta), caso contrário a ferramenta não poderá conectar os nós com enlaces e sim com transmissões conforme será visto adiante.

É possível configurar os nós, como dito anteriormente, para mudar alguns parâmetros. Para realizar esta configuração, leve o mouse até o nó e quando o mouse se tornar uma **mão** clique duas vezes com o botão esquerdo do mouse e a janela de configuração irá aparecer.

A **Figura 4** mostra esta janela, onde é possível mudar o nome do nó no script, adicionar um rótulo ao nó, mudar a forma de nó, mudar a cor do nó, estas configurações são válidas para a visualização no NAM. É possível inserir falhas no nó, para isso basta fazer: no campo **Início da Falha** preencha com o tempo quando a falha irá ocorrer e opcionalmente no campo **Fim da Falha** preencha o tempo em que a falha irá cessar e em seguida clique em no botão **Add**, é possível adicionar várias falhas em tempos distintos para isto basta repetir os passos acima. Ainda no nó é possível inserir marcações basta digitar no campo **Marque em** o início onde a falha irá ocorrer e no campo **Desmarque em** o tempo em que será desmarcado e opcionalmente dizer qual a forma da marcação e a cor, e clicar em **Add**, é possível inserir várias marcações no nó em tempos distintos bastando repetir os passos acima.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Configure este nó". A janela é dividida em três seções principais: "Geral", "Falhas" e "Marcações". Na seção "Geral", há campos para "Nome:" (contendo "n0") e "Label:" (contendo "no 0"), uma lista suspensa para "Forma:" (selecionado "círculo"), um botão "Escolha cor:" (contendo "cores") e um campo "Endereço:" com uma seta para baixo. Há também um botão "Atualizar". A seção "Falhas" contém campos para "Início da Falha:" e "Fim da Falha:", seguidos por um botão "Add". A seção "Marcações" contém campos para "Marque em:" e "Desmarque em:", uma lista suspensa para "Forma da Marcação:" (selecionado "círculo"), um botão "Cor da Marcação:" (contendo "cor") e um botão "Add". Na base da janela, há dois botões: "Concluido" e "Cancel".

Figura 4: Janela de configuração de nó

Se tudo foi configurado corretamente basta clicar no botão **Gerar Script**  e o programa irá exigir que seja salvo o projeto, se já tiver sido salvo a ferramenta irá gerar o script correspondente.

IMPORTANTE: O tempo de geração de script depende da complexidade do modelo gráfico, por isso para aumentar o desempenho da ferramenta é preferível que sempre o modelo seja salvo antes de gerar o script pois o tempo de salvar mais o tempo de gerar pode, dependendo da complexidade ser grande por isso sempre salve e depois aperte em Gerar Script ao invés de apertar em Gerar Script e depois salvar.

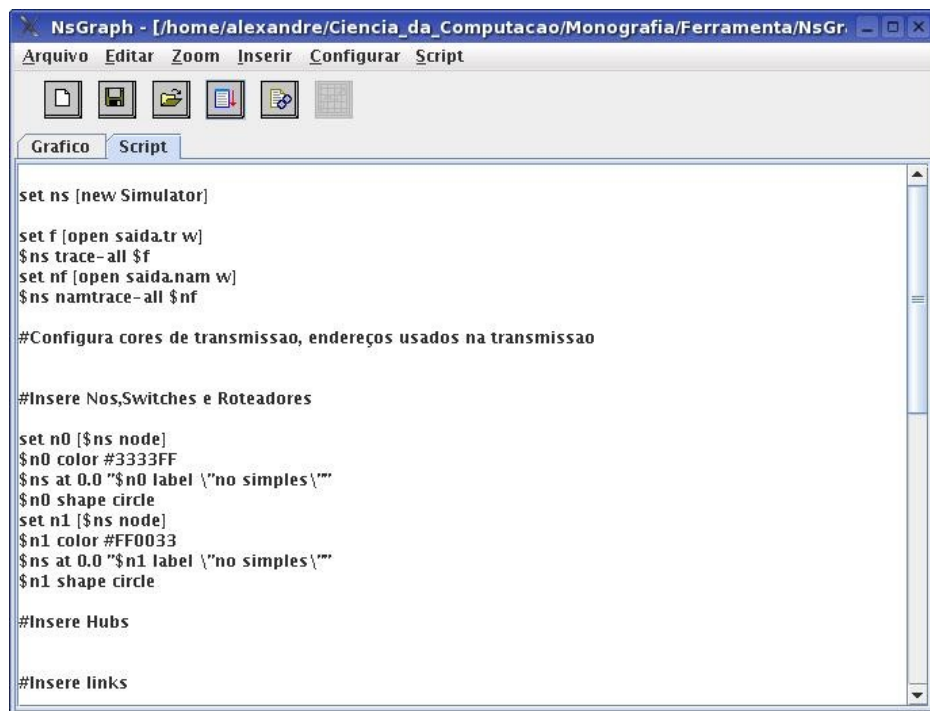


Figura 5: Script gerado pelo cenário simples

A **Figura 5** mostra um script gerado pela construção do cenário simples. Este script pode ser modificado na própria ferramenta e salvo e ao mesmo tempo executado, caso se deseje modificar algo na área gráfica novamente, basta clicar na aba Gráfico, realizar as modificações necessárias e clicar no botão Gerar Script novamente e será gerado outro script baseado na nova modelagem feita.

Depois de gerado o script a opção para executar o Simulador fica disponível assim basta clicar no botão executar NS/NAM. Se os passos estiverem corretos irá ser executado o simulador baseado no script gerado e será mostrado a janela do NAM como se segue:

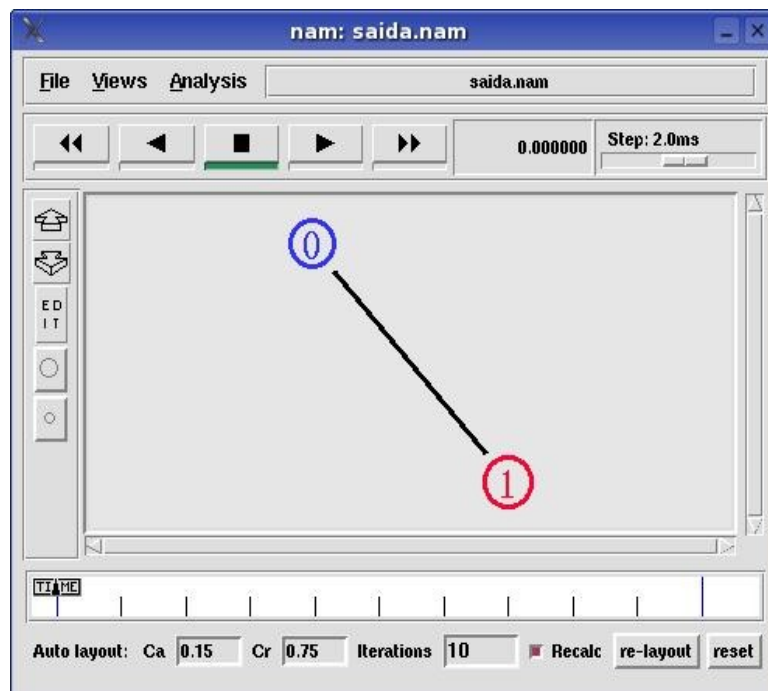


Figura 6: Execução do script através do NAM

A **Figura 6** mostra a tela do NAM gerada pelo script de simulação anteriormente gerado, esta

ferramenta possui amplo suporte ao NAM sendo possível configurar diversos parâmetros desta.

5. Configurando Enlaces

No script simples gerado anteriormente foi visto como criar uma topologia simples com dois nós conectados por um enlace, nesta seção será mostrado como configurar aspectos de um enlace criado na ferramenta, basicamente podemos configurar um enlace no NsGraph em três seções: **Principal**, **Nam**, **Falhas**. Na **Figura 7** a seguir é possível ver a tela de configuração de parâmetros principais do enlace:

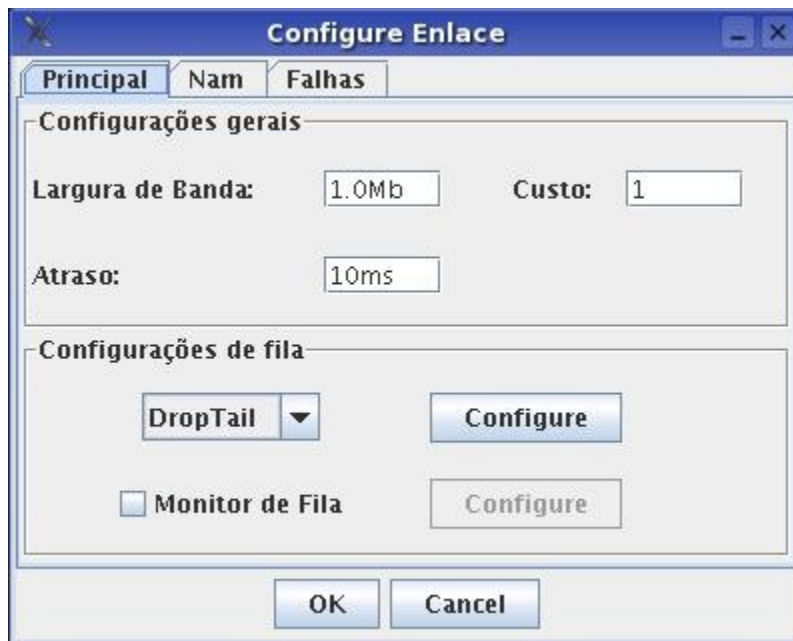


Figura 7: Configuração de enlace, principal

Nesta tela principal é possível configurar parâmetros comuns do enlace como **Largura de Banda** que pode ser expressa em Mb (Mega bits), MB (Mega Bytes), KB (Kilo Bytes), etc; **Atraso** que representa o atraso dos pacotes no enlace e pode ser expressa em ms (milissegundos), s (segundos), etc; **Custo** que representa o custo dos enalces no roteamento, por padrão é setado 1.

Ainda é possível configurar o tipo de fila usado nos enlaces e configurar os parâmetros de cada tipo de fila, para mais detalhes sobre os parâmetros dos tipos de filas existentes no NS consulte o NS Manual disponível em <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>.

É possível também adicionar um Monitor de Fila para monitoramento de parâmetros do enlace, para isto ser feito basta marcar a opção **Monitor de Fila** mostrada na **Figura 7**, se esta opção for marcada o botão **configure** será habilitado, caso este seja pressionado, será mostrada a janela de configuração do Monitor de Fila.

Nesta janela é possível setar o **Nome do Monitor de fila** usado no script de simulação, o **Início do Monitoramento** que representa o tempo onde o monitoramento se inicia e o **Fim do Monitoramento** que representa o tempo onde o monitoramento se encerra, a **Frequência de Monitoramento** que representa de quanto em quanto tempo, ou seja o intervalo entre monitoramentos e por fim **Arquivo de rastreo criado**, que representa o parâmetro usado no monitor de fila criado pelo objeto queue monitor usado. A **Figura 8** abaixo mostra a janela de configuração do Monitor de Fila.



Figura 8: Configuração do Monitor de fila

Ainda é possível dizer quais parâmetros serão monitorados, os quais podem ser: Tamanho da fila em bytes e/ou pacotes, Número de pacotes e/ou bytes que passaram no enlace, Número de pacotes e/ou bytes que partiram do enlace, Número de pacotes e/ou bytes que foram descartados na fila.

Ainda é possível plotar no Xgraph (um utilitário gráfico que vem junto com o pacote do simulador) estes parâmetros versus o tempo atual de simulação para tal é criado a parte um arquivo especial do parâmetro versus o tempo, cada execução do Xgraph é posta no final da simulação e executada junto com o simulador, caso esta opção tenha sido habilitada.

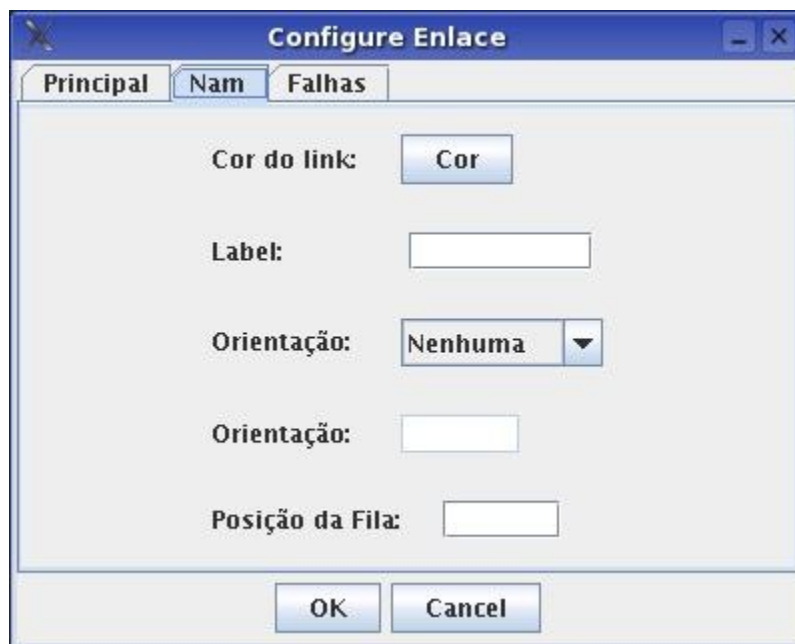


Figura 9: Configuração de enlace, Nam

A segunda forma de configurar um enlace é através de parâmetros pro NAM, a **Figura 9** acima ilustra a segunda aba na janela de configuração do enlace, a aba **Nam**:

Nesta aba é possível configurar parâmetros de visualização do enlace no Nam (utilitário de modelagem, geração de scripts e principalmente visualização de animações que vem junto com o pacote do simulador), é possível escolher a **Cor do link**, apertando o botão **Cor** uma caixa de diálogo irá aparecer com as opções de cores disponíveis, é possível adicionar um rótulo ou **label** ao enlace, é possível definir a **Orientação** do enlace por padrões predefinidos ou através do grau correspondente, e por fim é possível definir a **Posição da Fila** do enlace no Nam.

Na terceira e ultima aba da janela de configuração de enlace é possível adicionar falhas e/ou modelos de erros, a figura abaixo mostra a aba **Falhas**:




Figura 10: Configuração de enlace, Falhas

Nesta última, mas não menos importante aba, é possível inserir modelos de erros e/ou falhas, para inserir um modelo de erro, na caixa de seleção escolha um dos padrões de modelos de erros disponíveis na ferramenta, a ferramenta suporta atualmente dois modelos: **ErrorModel/Uniform** e o **SelectErrorModel**, é possível configurá-los, dizendo qual a unidade a ser usada se **packets** ou **bytes**, o parâmetro **rate** que quer dizer a frequência do erro, e adicionar uma variável randômica de geração de erros que também pode ser configurada, as variáveis disponíveis são: **Uniform**, **Constant**, **Exponential**, **HyperExponential** e **Pareto**. Para maiores informações sobre modelos de erros consulte o manual do simulador disponível em <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>.

É possível ainda simular quedas nos enlaces, no caso acima ocorrem uma espécie de “ruído” no enlace, neste caso seria uma falha como queda total, simulando assim uma perda permanente ou temporária de um enlace na rede, para simular este tipo de falha basta preencher o campo **Início da Falha** com o momento exato da falha e opcionalmente preencher o campo **Fim da Falha** com o tempo em que o enlace irá se recuperar, ou seja, será cessada a falha, por fim basta clicar em **add**, e a falha será adicionada, é possível inserir em diversos tempos quedas e recuperações sucessivas, basta repetir os passos acima especificando os tempos de queda e recuperação desejados.

6. Inserindo transmissão

Anteriormente foi visto como criar topologias, para isto basta inserir nós e enlaces arrumados da forma desejada, contudo é necessário que o simulador possa simular a transmissão entre os nós, no

estudo de redes os pacotes da aplicação são gerados pela camada de aplicação e estes pacotes podem trafegar graças a infra-estrutura criada pelas camadas inferiores, **a camada física, enlace e de rede** por exemplo, aqui veremos como configurar uma transmissão através da ferramenta, ao longo deste tópico veremos o uso das camadas pelo simulador e protocolos existentes, para inserir uma transmissão entre nós conectados por enlaces basta clicar no botão transmissão e  e este ficará mais escuro como se estivesse apertado, usando o cenário simples criado anteriormente, basta fazer semelhantemente ao enlace, quando o mouse estiver com a forma de cruz, basta segurar e arrastar do nó transmissor ao nó receptor.

Dica: As vezes desejamos colocar uma transmissão no lugar onde já existe um enlace e desta forma fica difícil distinguir entre ambos, para modificar isto, basta clicar sobre o enlace ou transmissão com o botão direito do mouse e redirecioná-lo arrastando com o botão esquerdo, para desfazer esta operação basta clicar com o botão direito novamente sob a região anteriormente clicada pela primeira vez com o botão direito

Se tudo foi feito de forma correta teremos um modelo como o que está abaixo:

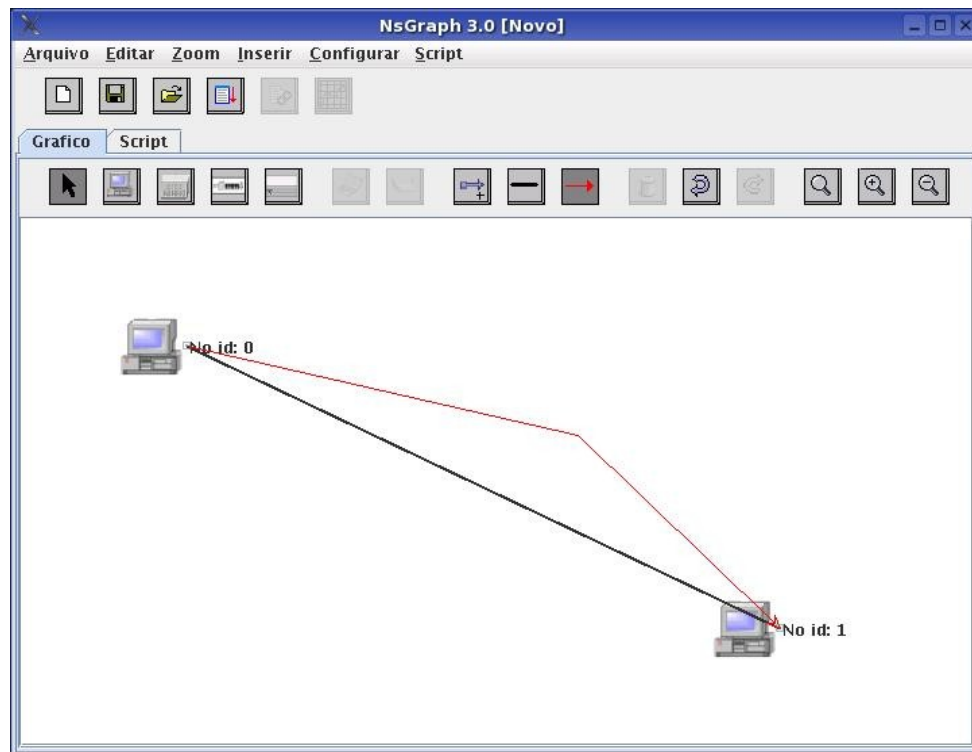


Figura 11: Inserindo uma transmissão entre os nós

Feito isto a transmissão é inserida entre os nós, sendo que o No id:0 é o transmissor e No id:1 é o receptor, para configurar esta transmissão basta clicar duas vezes com o botão esquerdo do mouse em cima dela e a janela a seguir será mostrada:



Figura 12: Janela de configuração de transmissão

A **Figura 12** mostra a janela de configuração da transmissão, no simulador para que a transmissão possa ser inserida é necessário que seja configurado o protocolo de transporte, na janela é possível fazer isto selecionando entre **UDP** e **TCP**, caso o protocolo seja UDP, na caixa de diálogo escolhe-se UDP como protocolo de transporte no transmissor e na parte de agente de recebimento escolhe-se entre o agente **null** ou **LossMonitor**; Caso o protocolo escolhido seja o TCP, é possível escolher dentre os agentes de transmissão, as variantes: **TCP Tahoe**, **TCP Reno**, **TCP NewReno**, **TCP Vegas**, **TCP Fack** e **TCP Sack1**, e no **Agente de Recebimento** é possível selecionar entre os agentes: **TCPSink**, **TCPSink/DACK**, **TCPSink/SACK1** e **TCPSink/SDACK**. Escolhido o protocolo usado, o agente de envio e o agente de recepção, o próximo passo é escolher a aplicação, na caixa de escolha, podemos alternar entre: **CBR**, **FTP**, **Telnet**, **Exponential** e **Pareto**. Sendo que as aplicações CBR, Exponential e Pareto são adequadas para o protocolo UDP e as demais FTP e Telnet para o protocolo TCP e variantes. Para cada agente e aplicação é possível configurá-los com parametros específicos do simulador para isto basta escolher o agente ou aplicação e clicar no botão **Configure**. Para informações de como configurar os agentes e aplicações consulte o manual do simulador disponível em <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>.

Na seção principal é possível configurar o escalonamento das transmissões, configurando o tempo de inicio, para isto basta colocar em **Inicia em** o tempo de inicio e em **e finaliza em** o tempo de termino da transmissão e clicar em **add**, é possível adicionar vários tempos de transmissão bastando repetir os passos acima. A parte de Multicast será explicada na seção **Roteamento** em seguida. Ainda nesta seção é possível configurar a cor da transmissão para isto basta clicar em **Cor da Transmissão** e escolher a cor desejada.

Na transmissão feita pelo protocolo UDP é possível realizar o monitoramento de alguns parâmetros através do agente **LossMonitor**, para isto basta selecionar na seção **Agente de Recebimento**

o agente **LossMonitor** e clicar em **Configure** e uma janela como a seguinte será mostrada:



Figura 13: Configure LossMonitor

A opção de monitoramento é facultativa, para realizar este monitoramento marque a opção **Monitorar?** E as opções de monitoramento serão abertas, é possível configurar o **Início do Monitoramento** que é o tempo onde o monitoramento irá iniciar, o **Fim do Monitoramento** que é o tempo do fim do monitoramento e a frequência de monitoramento, expressa como **Intervalo entre monitoramentos**, em seguida pode-se escolher os parâmetros a serem monitorados: **Numero de pacotes perdidos**, **Numero de pacotes recebidos**, **Numero de bytes recebidos**, **Tempo que o ultimo pacote foi recebido** e a **Sequencia de numero esperada do proximo pacote**. E todos estes parâmetros podem ser plotados no Xgraph semelhantemente ao Monitor de fila mostrado na **seção 5: Configurando Enlaces**.

7. Roteamento

No simulador podemos distinguir dois tipos de roteamento: *unicast* e *multicast*, o roteamento unicast é dito ponto-a-ponto, pois nele temos um transmissor e um receptor, o roteamento multicast é dito ponto-multiponto, pois neste temos um transmissor e vários receptores. O roteamento está implementado na camada de rede e é baseado nos enlaces entre os nós, portanto para ocorrer a transmissão é necessário saber por onde os pacotes gerados pela aplicação irão trafegar. O primeiro passo para configurar o roteamento é a escolha do tipo e do protocolo, para isto na ferramenta vá até o menu **Configurar -> Configurar roteamento**, e a seguinte janela de configuração irá aparecer:

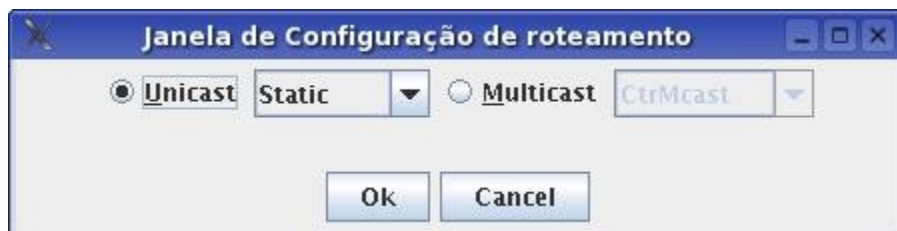


Figura 14: Janela de configuração de roteamento

A **Figura 14** mostra a janela de configuração de roteamento, nela é possível alternar entre o roteamento **Unicast** e **Multicast** e escolher os protocolos, o roteamento unicast ainda se subdivide em roteamento estático representado pela opção **Static** e o roteamento dinâmico representado pelos protocolos **Session** e **DV (Distance Vector)**, o roteamento unicast ainda possuía a opção de roteamento por múltiplos caminhos (**multiPath**).

7.1 Roteamento Unicast

O roteamento estático, computa as rotas apenas uma vez e se ocorrer algum problema em algum enlace ou nó por exemplo o tráfego será perdido, já no roteamento dinâmico as rotas são computadas dinamicamente e caso ocorra uma mudança destas as rotas são recomputadas e o tráfego procura outro caminho para prosseguir, a seguir será mostrado um exemplo com o roteamento dinâmico onde neste caso ocorre uma falha em um enlace.

O primeiro passo é configurar o roteamento para isto vá no menu **Configurar -> Configurar roteamento** selecione um dos protocolos dinâmicos: Session ou DV e clique em **Ok**. O próximo passo é criar a topologia e configurar o(s) enlace(s). Opcionalmente pode-se criar a seguinte topologia mostrada na **Figura 15**:

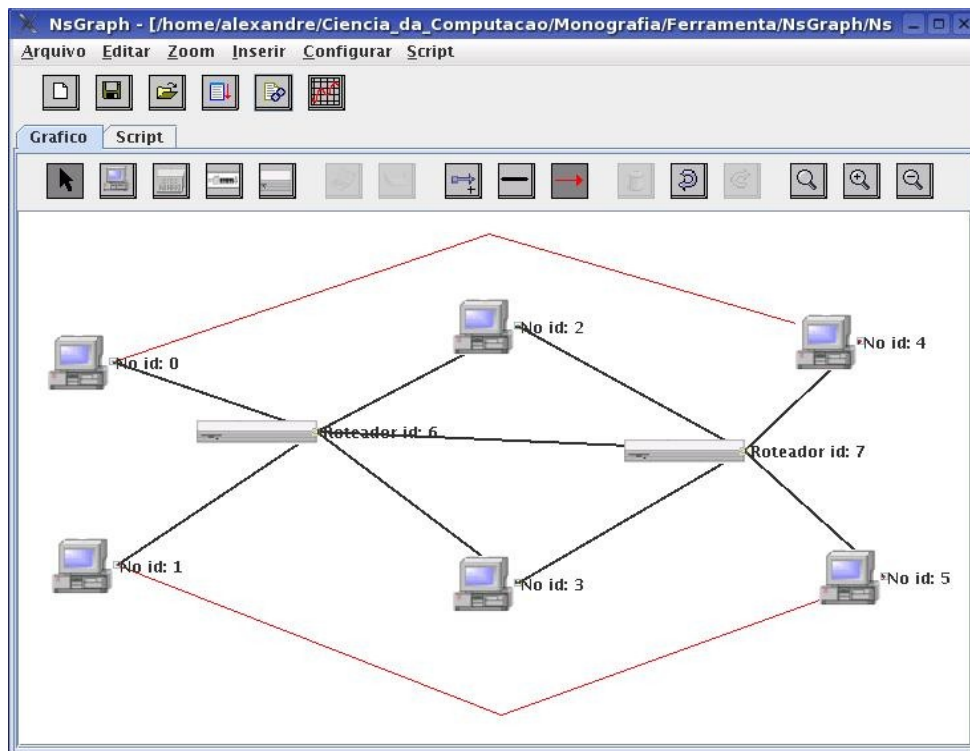


Figura 15: Roteamento dinâmico

Na **Figura 15** foi criada uma topologia com seis nós comuns com dois roteadores e foi inserida duas transmissões uma com o protocolo UDP e outra com o protocolo TCP com as aplicações CBR e FTP respectivamente, sendo que a transmissão CBR começa em 0.2 e termina 2.0 e a transmissão FTP inicia em 0.5 e termina em 1.8. O enlace que interliga o **roteador id: 6** ao **roteador id: 7** foi programado pra falhar no período de 0.8 a 1.5. Com o uso do roteamento dinâmico a transmissão inicialmente irá trafegar normalmente pela seguinte sequência de nós, como mostra a **Figura 16**:

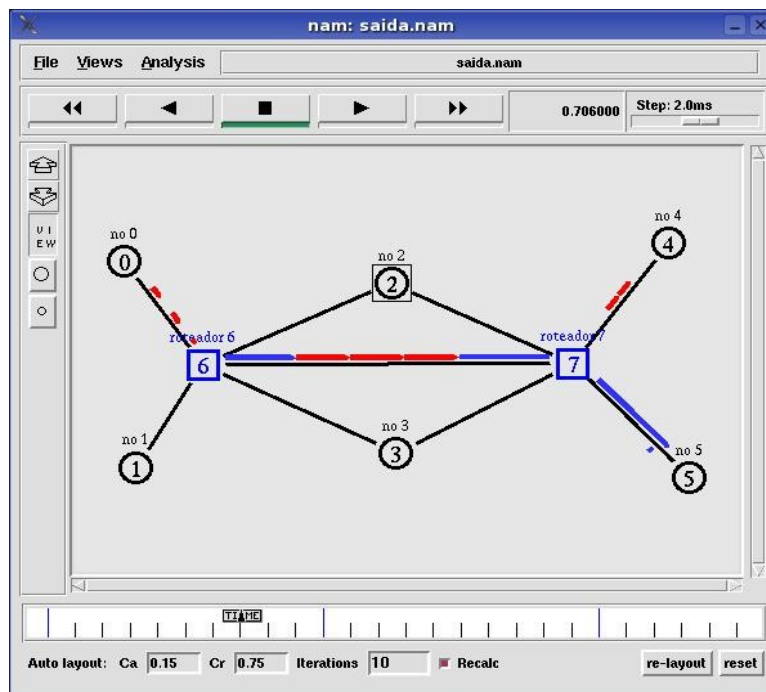


Figura 16 : Sequência normal de transmissão

Depois da queda do enlace as rotas são recomputadas e o roteamento é mostrado na **Figura 17**:

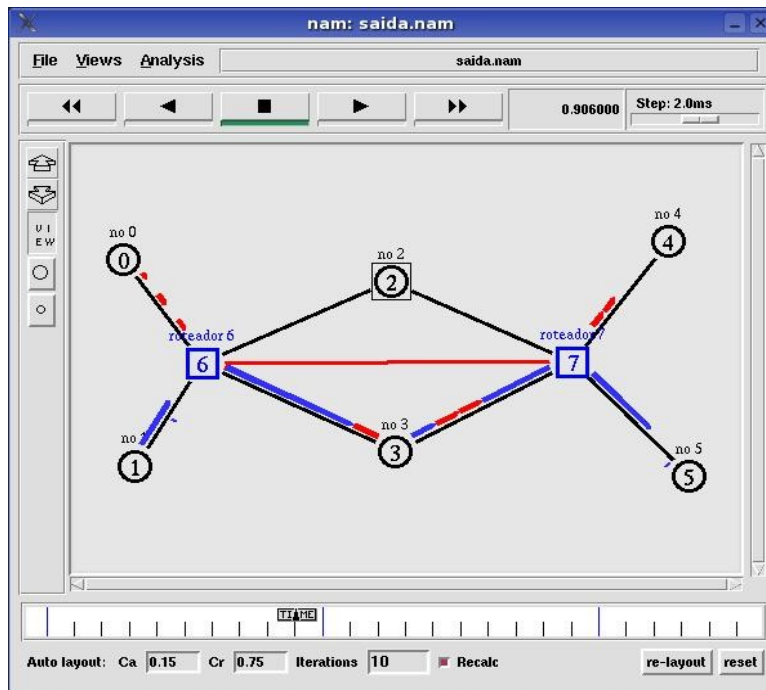


Figura 17: Nova sequencia de nós depois da queda do enlace

Ainda no roteamento unicast é possível criar o roteamento do tipo multiPath (por múltiplos caminhos), neste tipo de roteamento o tráfego é dividido pelos caminhos caso haja várias rotas de mesmo peso na topologia, para habilitar este roteamento pode-se escolher duas formas: a primeira é setando o roteamento multiPath no menu **Configurar -> Configurar roteamento** e escolher **multiPath**, a segunda forma é fazer com que um roteador de forma única tenha essa capacidade, para isto insira um roteador no gráfico e clique duas vezes sobre ele e terá opção para marcar **multiPath**, assim somente o tráfego que passar por este roteador poderá ser dividido. A título de exemplo usaremos

a mesma topologia anterior, com algumas modificações: os roteadores terão capacidade multiPath, e o caminho do meio que interliga os roteadores terá peso 2, assim o tráfego será dividido entre os três caminhos e desta vez só teremos o tráfego FTP para facilitar a visualização. A **Figura 18** mostra a visualização da simulação no NAM:

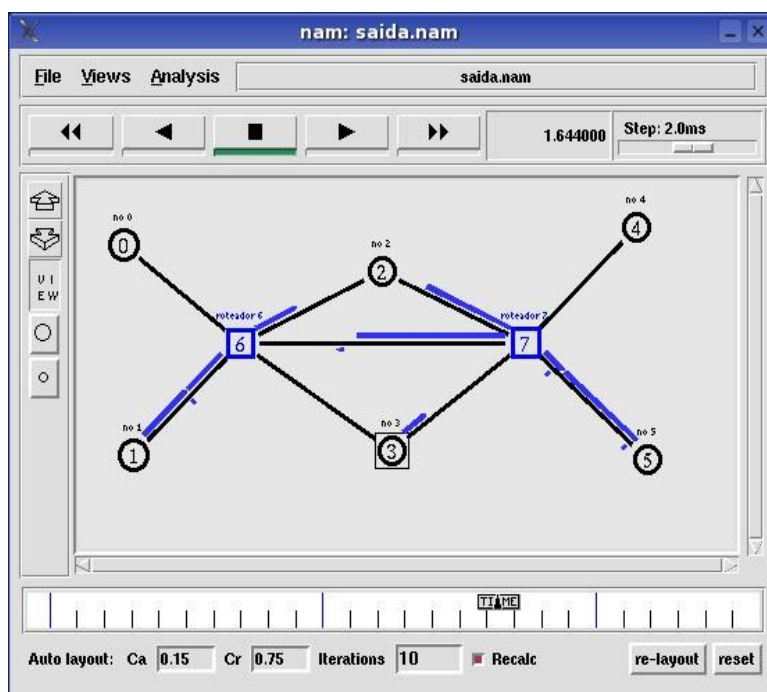


Figura 18: Divisão do tráfego no roteamento multiPath

7.2 Roteamento Multicast

O roteamento Multicast permite que um nó possa enviar os dados para vários nós através de uma técnica conhecida como grupos, os vários nós que desejam receber os dados de um nó transmissor ingressam neste grupo através de um endereço chamado endereço de grupo, assim a transmissão será recebida apenas pelos nós que estiverem no grupo de recebimento num dado instante, isto é possível de ser configurar na simulação e através da ferramenta este processo é agilizado, para realizar a configuração do multicast é necessário realizar vários passos, para configurar o roteamento multicast no NsGraph faz-se o seguinte, vá até menu **Configurar -> Configurar roteamento** irá aparecer a janela de configuração de roteamento ilustrada na **Figura 14** marque a opção multicast e escolha o protocolo multicast a ser utilizado: as opções são **CtrMCast (Multicast Centralizado)**, **DM/pimdm (Modo Denso usando protocolo pimdm)**, **DM/dvmrp (Modo Denso usando protocolo dvmrp)** e **BST (Modo Árvore compartilhada bidirecional)**. Para maiores informações sobre os protocolos multicast consulte o manual do simulador <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html> em seguida é necessário criar a topologia de envio, na ferramenta usa-se a transmissão comum para realizar o tráfego multicast, visualmente se usa uma transmissão, uma topologia que pode ser usada é a seguinte, será usado neste exemplo o protocolo BST.

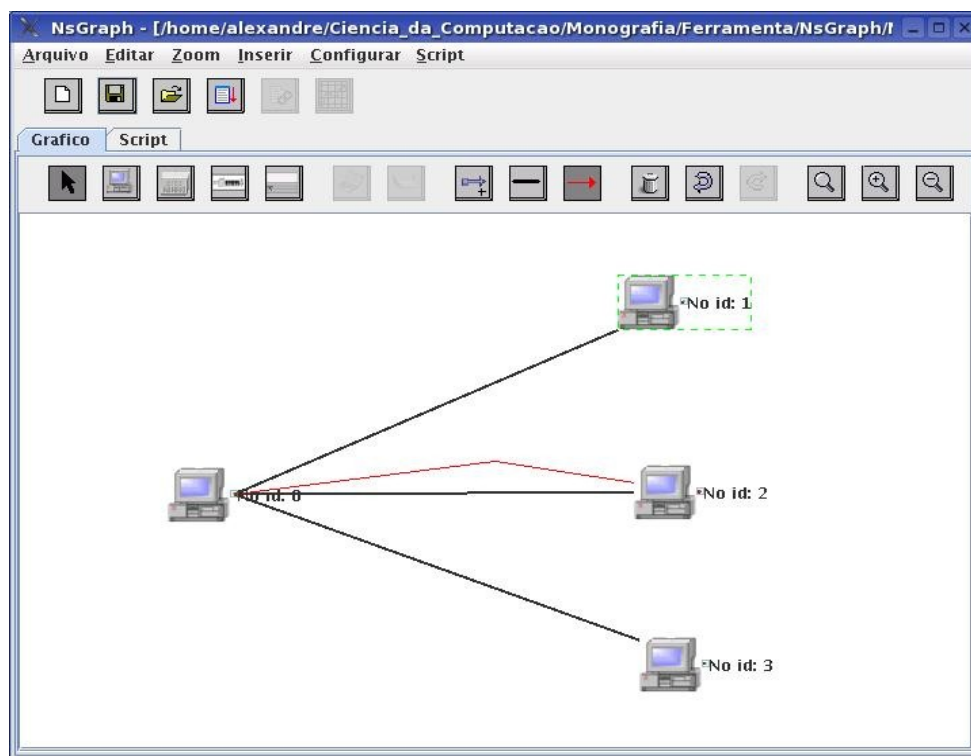


Figura 19 : Topologia usado no roteamento multicast

A [Figura 19](#) mostra a topologia usada no roteamento multicast, a topologia é uma topologia comum e a transmissão inserida também, contudo é necessário configurar esta transmissão para que ela se comporte como transmissão multicast, para isto basta clicar duas vezes sobre a transmissão e irá aparecer a janela de configuração de transmissão mostrada na [Figura 12](#) na janela de configuração marque a opção **Multicast** e o botão **Configure** ficará aceso, então basta clicar neste botão e a janela de configuração de entrada e saída de nós do grupo irá aparecer.



Figura 20: Janela de configuração multicast

Na [Figura 20](#) é possível visualizar a janela de configuração multicast, na caixa **No** é possível visualizar a lista de nós disponíveis no gráfico, basta configurar em **Entra no grupo de recebimento em** o instante em que este nó entra no grupo de recebimento multicast e em **Sai do grupo de recebimento em** configurar o instante em que o nós sai do grupo de recebimento, isto pode ser feito várias vezes com um nó bastando repetir os passos acima, bem como com todos os nós pertencentes ao gráfico.

OBS: A transmissão multicast não suporta o protocolo TCP de transporte, por este motivo quando a opção multicast é marcada o protocolo UDP é o único disponível e geralmente em transmissões multicast usa-se o agente LossMonitor como agente de recebimento.

Para que este exemplo fique mais interessante iremos incluir o agente LossMonitor, selecione na caixa de Agente de Recebimento na [Figura 12](#) o agente LossMonitor e clique em **Configure**, marque a opção **Monitorar?** E marque também a opção **Numero de pacotes recebidos e Plotar com Xgraph**. A [Figura 21](#) mostra a saída no NAM:

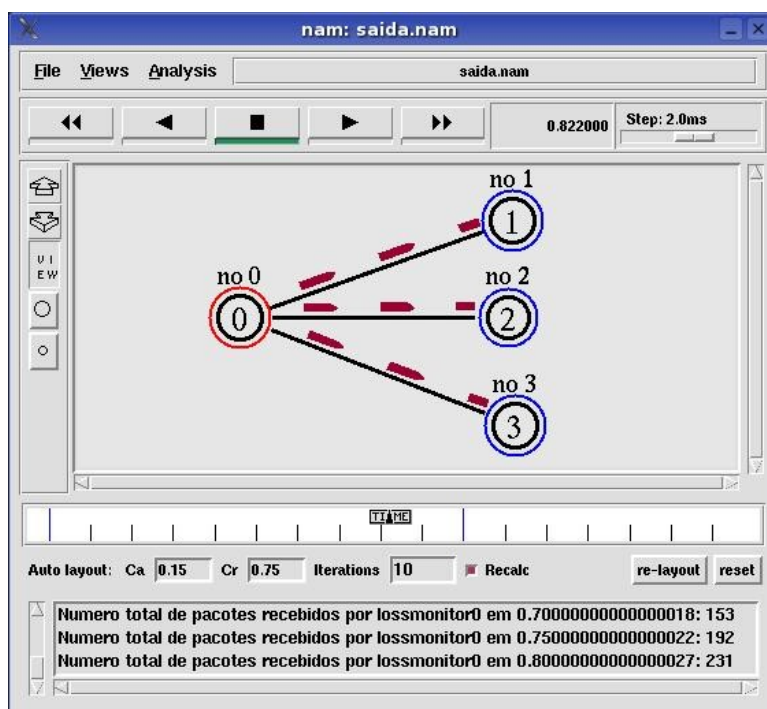


Figura 21: Roteamento Multicast no NAM

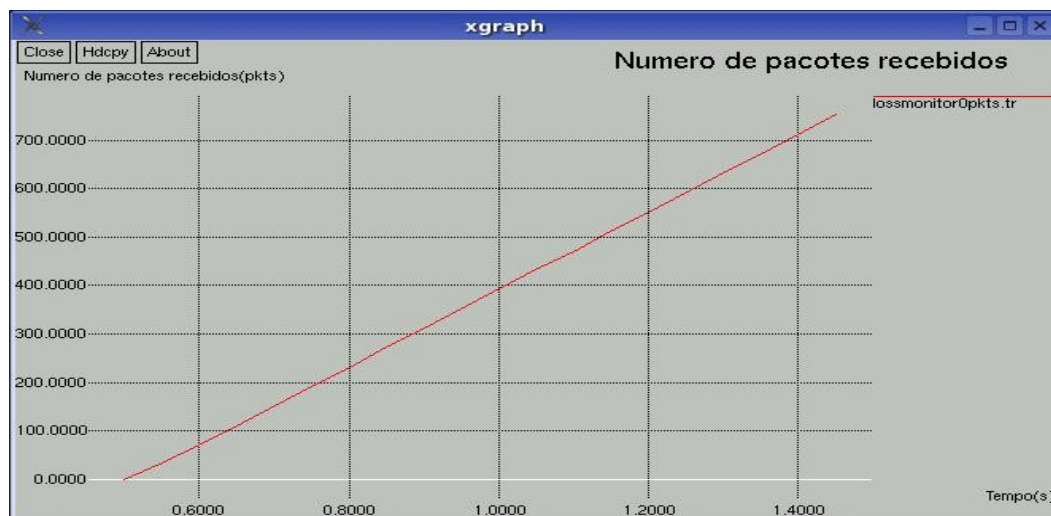



Figura 22: Numero de pacotes recebidos em LossMonitor

A [Figura 22](#) mostra a ferramenta Xgraph sendo executada mostrando a plotagem do parâmetro numero de pacotes recebidos pelo Agente LossMonitor, além deste parâmetro outros podem ser configurados.

8. Inserindo e configurando Hubs

Hubs são equipamentos que conectam nós em uma rede local, um Hub é um dispositivo que

representa um meio de acesso, toda transmissão enviada para ele é transmitido para todos os nós pertencentes a rede, os roteadores são dispositivos que tem por objetivo separar os segmentos de redes formando assim várias redes.

No NsGraph para inserir um Hub basta clicar no botão  e este ficará escuro como se estivesse apertado em seguida basta clicar no gráfico e será inserido um hub, em seguida basta conectar normalmente os nós que irão pertencer a rede local representada por este hub.

OBS: Os hubs aqui ditos são na verdade Redes Locais implementadas no Simulador, por isto não é possível conectar dois hubs diretamente, nem é possível configurar um enlace que conecta um nó a um hub, para que duas redes sejam conectadas usa-se um roteador.

A [Figura 23](#) mostra uma topologia composta de um hub e cinco nós, neste exemplo o nó 0 irá transmitir para o nó 3.

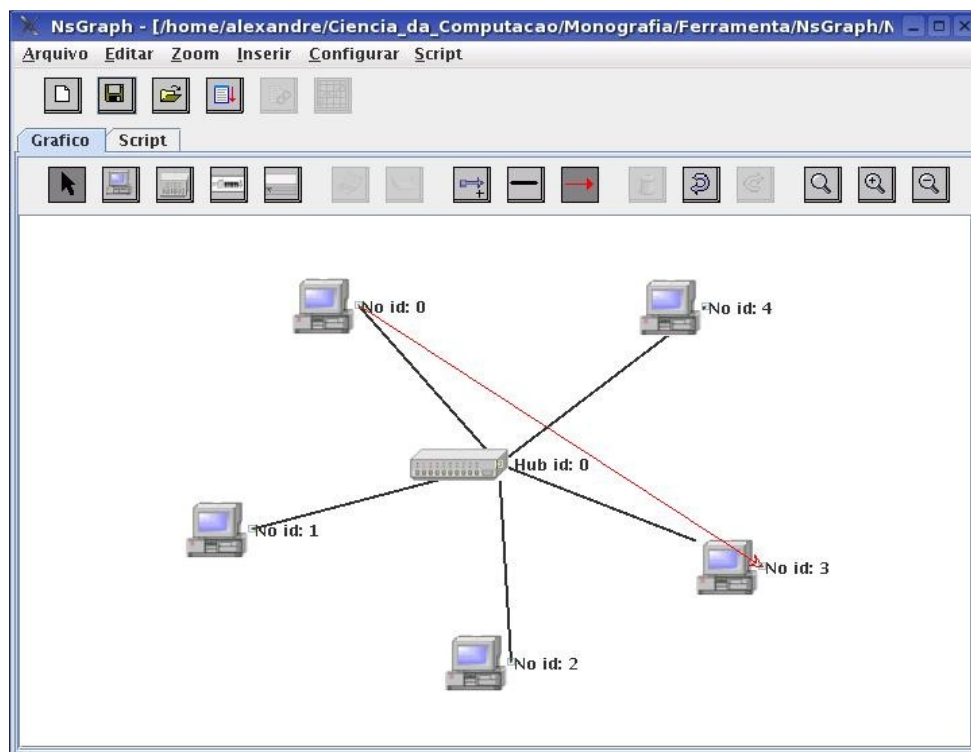


Figura 23: Inserindo um hub

Um hub também pode ser configurado, para fazer isto basta clicar duas vezes sobre o hub e irá aparecer a janela de configuração do hub onde é possível configurar a **Largura de Banda** do hub, o **Atraso** de propagação de pacotes, o **Tipo de fila** usado e o protocolo de acesso ao meio (**Tipo Mac**) usado, que pode ser **Mac**, **Mac/Csma/Ca** e **Mac/Csma/Cd**. A [Figura 24](#) ilustra a janela de configuração do hub.



Figura 24: Janela de configuração de hub

Depois de realizada as configurações necessárias a simulação é mostrada no NAM, o que é ilustrado na Figura 25:

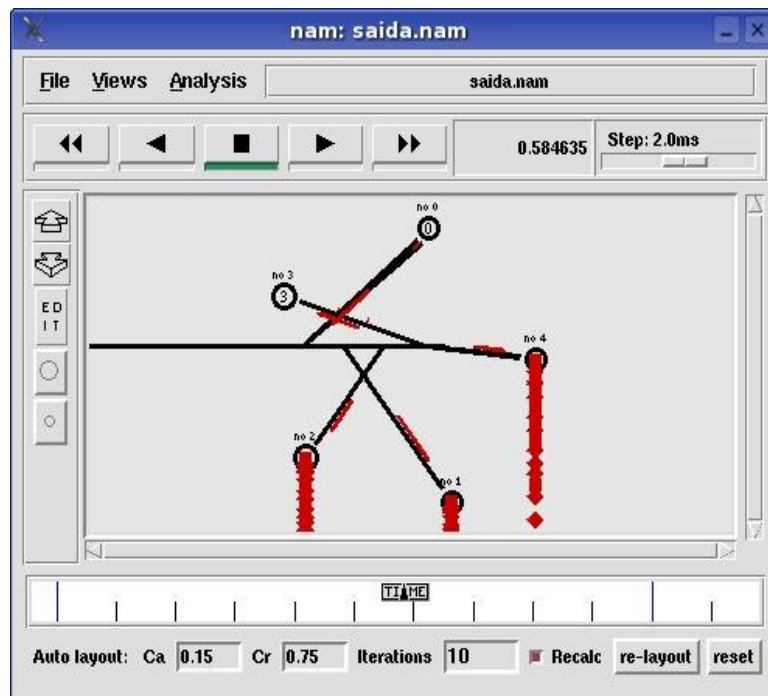


Figura 25: Visualização do Hub no NAM


9. Simulação de redes sem fio

As redes sem fio ditas wireless também podem ser simuladas junto ao simulador para tal a ferramenta implementa um objeto para este fim o nó móvel, para habilitar a simulação de redes sem fio comum ditas ad hoc, acesse o menu **Configurar -> Configurar Simulação** e irá aparecer a janela de configuração de simulação como ilustra a [Figura 2](#) então na caixa **Selecione o Módulo** selecione **wireless** e o botão **configure** será habilitado, basta clicar nele e será aberta a janela de configuração do cenário wireless, mostrada na figura abaixo:



Figura 26: Janela de configuração wireless

Nesta janela é possível configurar a **Topografia** que representa a área de simulação wireless que irá ditar limites na movimentação dos nós, o **Tipo de Canal**, **Modelo de Propagação** que pode ser **FreeSpace** ou **TwoRayGround**, a **Interface de Rede**, a **SubCamada Mac**, o **Tipo de Fila**, **Tamanho da Fila**, **Camada de Enlace**, a **Antena usada** e o **Protocolo de Roteamento** que pode ser **DSDV**, **DSR**, **AODV** e **TORA**. Depois de configurado estes parâmetros clica-se em Ok, na janela anterior ao clicar no botão **Aplicar** na [Figura 2](#) o cenário será mudado pra acomodar a simulação wireless, as mudanças feitas são as seguintes:

1. O botão  será ativado permitindo que o objeto nó móvel seja inserido.
2. O menu **Configurar** -> **Configurar roteamento** será desativada, pois o roteamento wireless é configurado de forma separada.
3. Os botões de nós comuns usados na simulação cabeada são desativados.
4. O botão de inserir enlaces é desativado.
5. O botão de transmissão é apertado.
6. A opção de **Multicast** na transmissão é desativado, pois o roteamento multicast não é compatível com a simulação sem fio.

A [Figura 27](#) mostra o cenário de simulação depois de ativado o módulo wireless, nesta é possível visualizar os botões que antes estavam acesos, ainda com dois nós móveis ligados por uma transmissão.

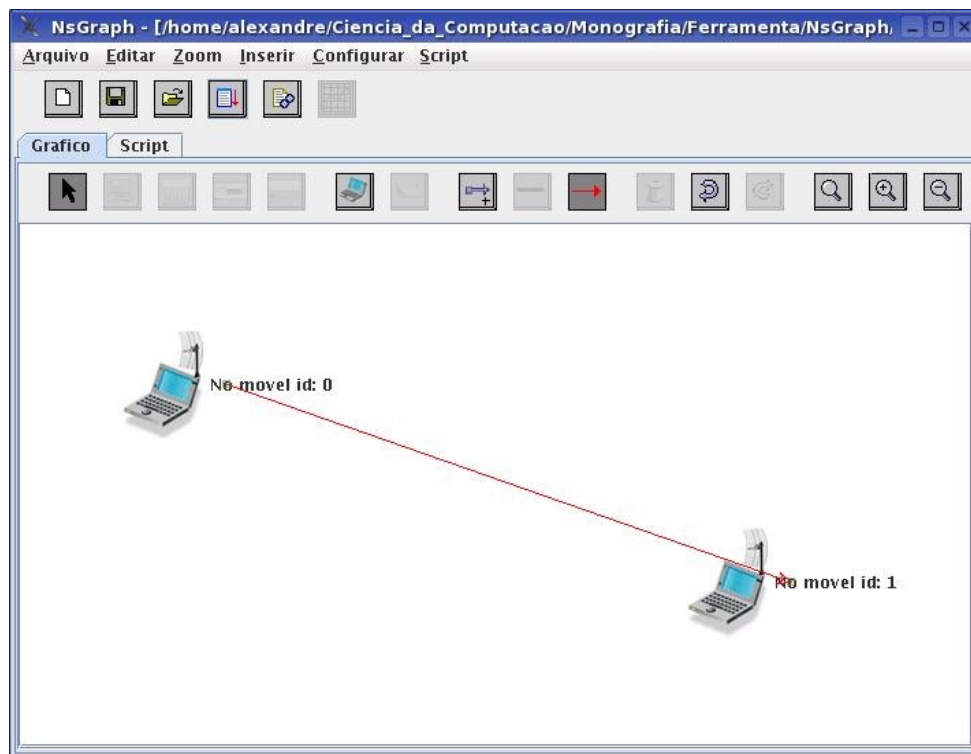


Figura 27: Cenário wireless

9.2 Configurando Nós sem fio

É possível configurar os nós móveis da topologia, incluindo o **Nome**, colocar um rótulo (**Label**) a posição do nó na topografia (**PosX** e **PosY**). É possível adicionar movimentação ao nó bastando informar o destino (**DestX** e **DestY**), a **Velocidade** e o **Tempo** de início da movimentação.

Figura 28: Janela de configuração de nó móvel

Na [Figura 28](#) é possível visualizar a janela de configuração de nó móvel onde pode-se

configurar os parâmetros descritos anteriormente, assim como nos nós comuns ainda pode-se inserir marcações e isto é feito da mesma forma que nos nós comuns. Na seção **Geral** ainda existe uma opção para configurar a estação base do nó caso o módulo seja *wireless-cum-wired* que será visto adiante, neste caso esta opção se encontra desabilitada.

A título de exemplo será usado a topologia simples ilustrado na [Figura 27](#) será configurado uma transmissão com protocolo TCP iniciando em 0.5 e terminando 1.5, inserindo uma movimentação no primeiro nó iniciando em 0.2 com a velocidade de 500m/s se dirigindo a posição 100 (x) 200 (y) e o segundo nó iniciando em 0.5 com a velocidade de 300m/s se dirigindo a posição 300 (x) e 250 (y).

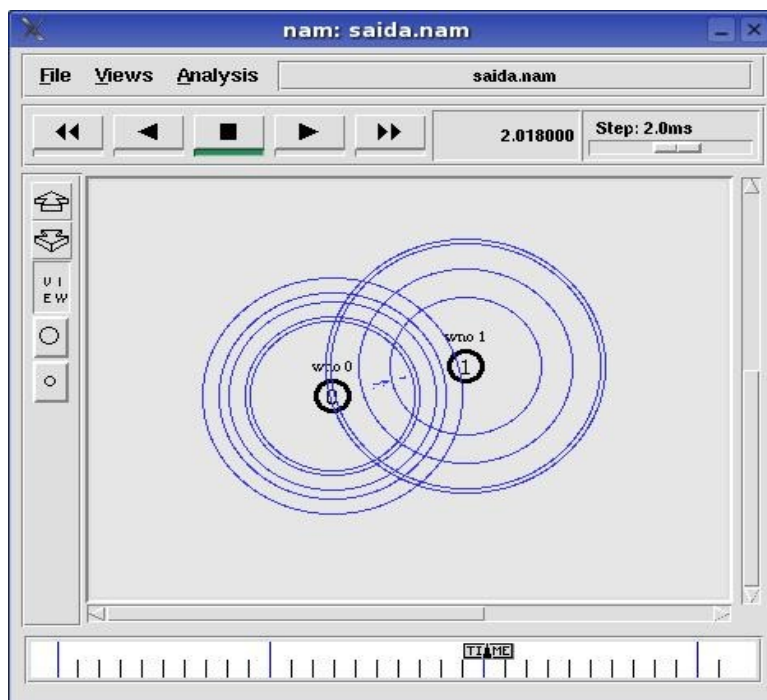


Figura 29: Visualização da simulação wireless

10. Simulação de Redes Infra-estruturadas

O último módulo disponível na ferramenta é para simulação de redes infra-estruturadas, redes infra-estruturadas ditas *wireless-cum-wired* são redes que possuem uma parte sem-fio composta por nós móveis e outra parte de nós cabeados e fazendo a interface entre eles possui um componente chamado estação base ou ponto de acesso (Access Point) que é uma espécie de *gateway* que possibilita que um nó cabeado possa transmitir para um nó móvel através desta estação.

Para habilitar o módulo *wireless-cum-wired* acesse o menu **Configurar -> Configurar Simulação** e irá aparecer a janela de configuração de simulação como ilustra a [Figura 2](#) então na caixa Selecione o Módulo selecione **wireless-cum-wired** e o botão **configure** será habilitado, caso seja apertado surgirá a mesma janela de configuração wireless mostrada na [Figura 26](#), contudo com algumas diferenças, no módulo *wireless-cum-wired* é possível habilitar uma opção chamada **MobileIP** que na janela de configuração está habilitado caso precise ser marcado, caso o MobileIP seja habilitado o simulador irá habilitar este parâmetro que possibilita que se um determinado nó sair do seu domínio de origem ele possa continuar recebendo os dados do transmissor por outro domínio.


Outro parâmetro que pode ser configurado é o modo de endereçamento usado pela simulação infra-estruturada, a ferramenta possui dois modos de configuração de endereçamento, um dito **básico** e outro dito **avançado**.

O modo de endereçamento básico é habilitado marcando a opção **basico** na [Figura 26](#) neste tipo

de endereçamento a ferramenta automaticamente irá dividir a simulação em dois domínios: um cabeado e outro móvel, e irá incrementar automaticamente os endereços, este tipo de endereçamento é indicado para usuários menos experientes que desejam apenas ter uma idéia deste tipo de simulação.

Depois de feita as configurações desejadas ao voltar para a janela da [Figura 2](#) ao clicar em **Aplicar** o cenário de simulação será mudado para o cenário wireless-cum-wired, onde algumas opções dantes inativas serão ativadas e outras dantes ativas serão desativadas.

As modificações feitas no cenário após habilitar o módulo wireless-cum-wired são as seguintes:

1. O botão  será ativado permitindo que o objeto estação base seja inserido.
2. O menu **Configurar** -> **Configurar roteamento** será desativada, pois o roteamento wireless é configurado de forma separada.
3. O botão de hub será desativado pois não é compatível com esta simulação.
4. Os botões de nós cabeados e roteadores serão ou permanecerão ativados.
5. O botão de inserir nó móvel será ou permanecerá ativado.
6. O botão de enlace será ou permanecerá ativado.
7. A opção de **Multicast** na transmissão é desativado, pois o roteamento multicast não é compatível com a simulação sem fio.

A [Figura 30](#) mostra um cenário criado, para exemplificar a simulação de redes infra-estruturadas, o primeiro passo é criar a topologia e em seguida configurar os nós móveis indicando de qual estação base estes nós irão receber os dados, na [Figura 28](#) a opção **Estação base deste nó** estará habilitada e a lista terá todas as estações base inseridas no gráfico, basta escolher uma das estações disponíveis.

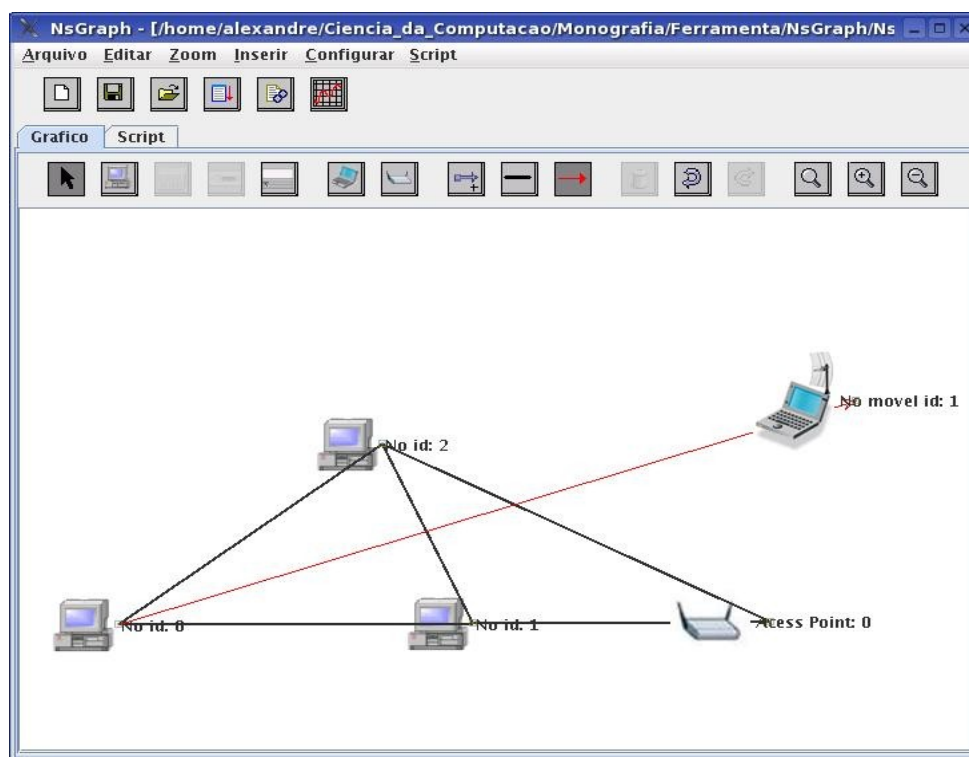


Figura 30: Topologia wireless-cum-wired

Depois de criada a topologia acima o próximo passo é configurar os nós na simulação, para os nós móveis deve-se especificar a posição e a estação base da qual irá receber os dados, nas estações base também é possível fazer configurações, contudo estas configurações também são parâmetros já conhecidos como posição, nome, etc.

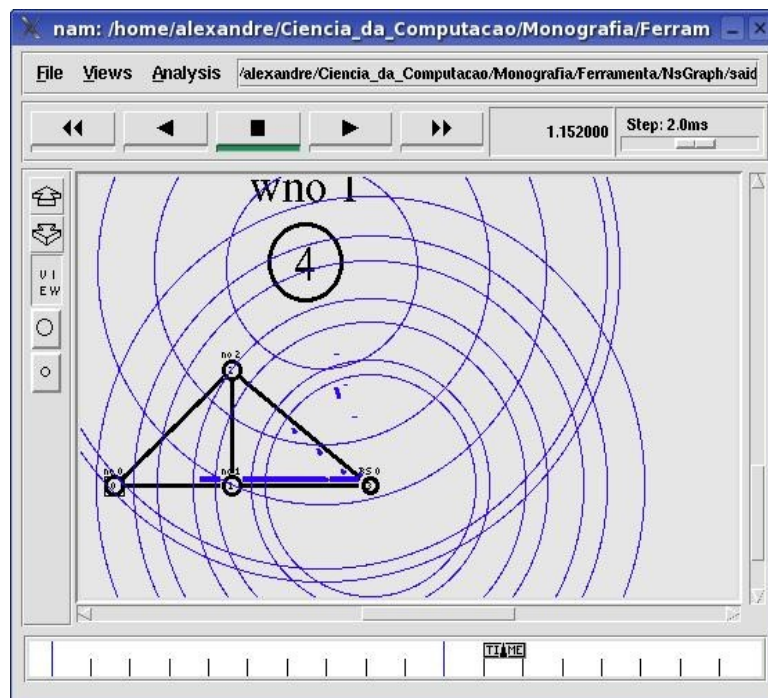


Figura 31: Visualização da simulação wireless-cum-wired

Na figura acima é possível ver a visualização da simulação criada, nela podemos perceber que o nó transmite para a estação base e a estação faz a interface com o nó móvel.

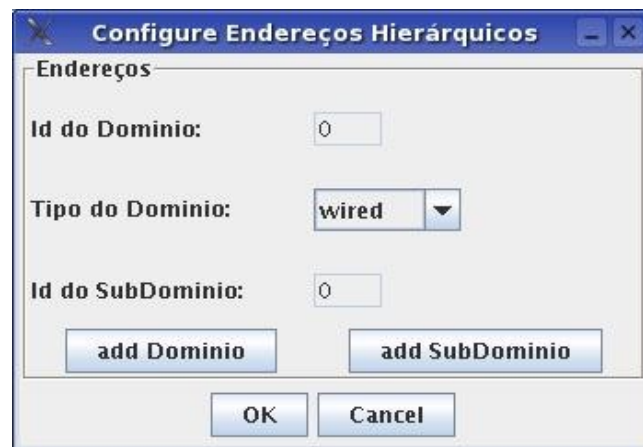


Figura 32: Janela de configuração do endereçamento avançado

Existe, como dito anteriormente, outra forma de endereçamento dos nós, para ativar o endereçamento avançado siga os passos: **Configurar -> Configurar Simulação** e irá aparecer a janela de configuração de simulação como ilustra a [Figura 2](#) então na caixa Selecione o Módulo selecione **wireless-cum-wired** e o botão **configure** será habilitado, caso seja apertado surgirá a janela de configuração wireless mostrada na [Figura 26](#), nesta janela marque **avancado** na parte inferior da janela e clique em seguida em **configure**.

Na janela acima é possível configurar o endereçamento avançado, para configurar os endereços é necessário criar **domínios e subdomínios**, cada domínio pode conter vários subdomínios e cada subdomínio pode conter vários nós, na simulação de redes infra-estruturadas, existem dois tipos de domínios: **o domínio cabeado e o domínio sem fio**.

Os endereços na simulação possuem a seguinte forma:

X1.X2.X3 onde:

X1: Representa o id do domínio deste endereço, por exemplo, 0.X.X, representa um endereço pertencente ao domínio 0.

X2: Representa o id do subdomínio deste endereço, por exemplo, 0.0.X, representa um endereço pertencente ao domínio 0 e subdomínio 0, outro caso seria, 0.1.X, representando um endereço do domínio 0 e subdomínio 1.

X3: Representa o id do nó no subdomínio e no domínio, por exemplo, 0.0.0, representa um endereço de um nó pertencente ao subdomínio 0 do domínio 0.

Na [Figura 32](#) é possível criar domínios e subdomínios de forma gráfica, inicialmente é necessário criar os subdomínios a serem utilizados, para isso basta clicar no botão **add Subdominio** uma janela vai aparecer perguntando quantos nós terá o subdomínio criado, a caixa de texto, id do Subdomínio irá mostrar o id do subdomínio corrente a ser criado, repita estas operações até ter completado o número de subdomínios desejados do domínio corrente, em seguida o próximo passo é criar o domínio dos subdomínios criados, para isto basta selecionar na caixa de seleção o tipo de domínio a ser criado: wired(cabeado) ou wireless(sem fio) e em seguida clicar em **add Dominio**. Com esta operação terá sido criado um domínio do tipo especificado, com todos os subdominios criados com seus respectivos numeros de nós, a caixa de texto **id de Dominio** será incrementada (possibilitando a criação de outros dominios), e a caixa de **id de Subdominio** irá retornar a 0 (possibilitando a criação de outros subdomínios).

Se o endereçamento avançado for habilitado, as janelas de configuração de nós participantes da simulação de redes infra-estruturadas (nós comuns, roteadores, nós sem fio e estações base), irão possibilitar a escolha em caixas de seleção dos endereços criados anteriormente, lembrando que os endereços de domínios cabeados só poderão serem usados por nós cabeados e os endereços de domínios sem fio apenas pelos nós da simulação sem fio incluindo estações base (considerados nós sem fio).

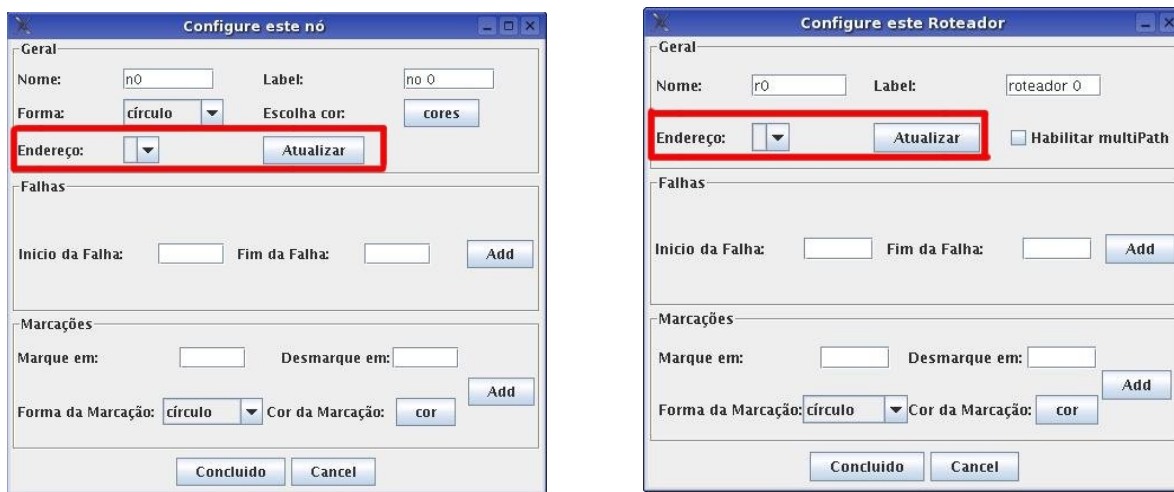
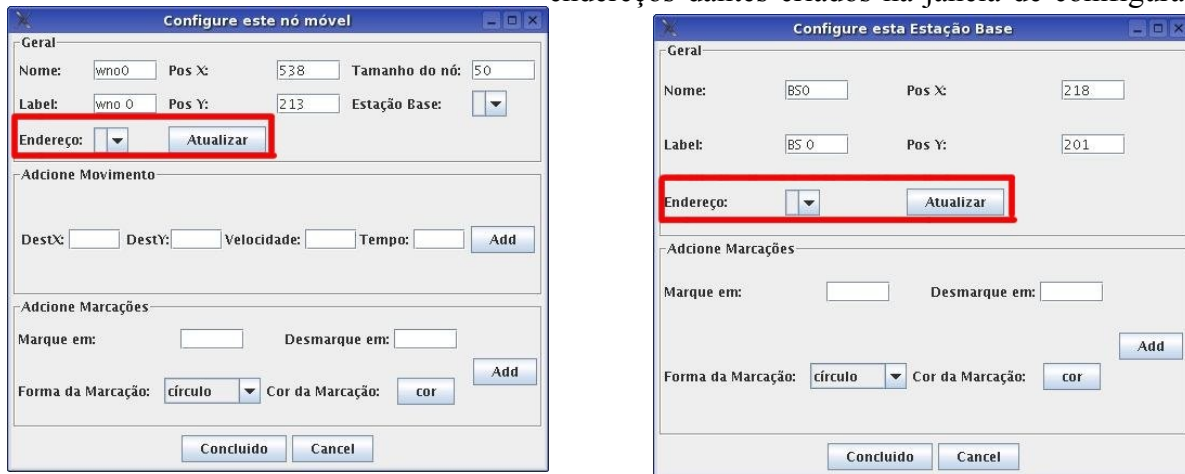


Figura 33: Janelas de configuração de nós no endereçamento avançado

Na **Figura 33** acima podemos visualizar as janelas de configuração dos componentes participantes da simulação de redes infra-estruturadas (nós comuns, roteadores, nós sem fio e estações base), nestas janelas o campo endereço antes desabilitado, agora habilitado, possibilita que os endereços dantes criados na janela de configuração de



endereços possam ser usados, segundo o tipo de domínio, cabeado(nós comuns e roteadores), sem-fio(nós sem fio e estações base).

É importante notar que não é possível utilizar o mesmo endereço para dois nós, caso isso tente ser feito, aparecerá uma mensagem de erro, informando que o endereço já está sendo usado, solicitando que seja usado outro endereço.

OBS: A simulação wireless-cum-wired é um pouco complexa de se compreender, pois envolve a configuração de parâmetros que podem mudar o modo como a simulação se comporta, para maiores informações sobre este tipo de simulação, consulte o manual do simulador disponível em <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>