

# Avaliação de Desempenho de Redes Ad Hoc Utilizando Modelos de Mobilidade

Virgínia Mattos Thoma, Cristina Moreira Nunes

Curso de Ciência da Computação – Centro Universitário La Salle  
Av. Victor Barreto, 2288 – CEP 92.010-000 – Canoas – RS – Brasil

vthoma@terra.com.br, nunes@unilasale.edu.br

***Resumo.** Este trabalho apresenta uma análise do comportamento dos protocolos de roteamento para redes ad hoc levando em consideração o padrão de mobilidade dos nós da rede. Tal análise foi realizada a partir de simulações usando o NS (Network Simulator). Com os resultados das simulações foi possível avaliar o desempenho dos protocolos de roteamento sobre cada modelo de mobilidade.*

## 1. Introdução

O segmento das redes sem fio vem crescendo e está cada vez mais sendo utilizado. Empresas privadas, públicas e instituições educacionais vêm optando por estas redes, por ser uma alternativa que fornece as mesmas funcionalidades que as redes tradicionais, porém de uma maneira mais flexível.

As redes sem fio podem possuir dois tipos de classificação: redes infra-estruturadas e redes *ad hoc*. Conforme [Stallings 2005], nas redes infra-estruturadas toda a comunicação entre os dispositivos é realizada através de estações que ofereçam suporte à mobilidade, também conhecidas como “ponto de acesso”. Já as redes *ad hoc* não dependem de uma infra-estrutura fixa para que haja comunicação entre os dispositivos móveis.

O principal objetivo deste trabalho é realizar uma análise do desempenho dos protocolos de roteamento para redes *ad hoc*. Contudo, para que uma avaliação correta seja realizada, é importante considerar a movimentação dos nós durante a análise. Em virtude disso, foi feito um estudo sobre modelos de mobilidade.

Este artigo será dividido da seguinte forma: na segunda seção é apresentada uma descrição sucinta dos protocolos de roteamento para redes *ad hoc*. Na terceira seção estão apresentados os modelos de mobilidade estudados. Em seguida, é dado um enfoque na metodologia que foi aplicada para realizar esta pesquisa. Por fim, são apresentados os resultados finais e as conclusões.

## 2. Protocolos de Roteamento

As redes *ad hoc* não possuem as mesmas características de uma rede infra-estruturada devido à falta de um ponto de acesso centralizado. Os nós móveis são autônomos e devem manter uma comunicação direta entre todos os outros que estão dentro de sua área de cobertura. Além disso, é preciso que, através de roteamento, os nós consigam acessar outros dispositivos, mesmo não sendo possível acessá-los diretamente.

Existem dois tipos de classificação de protocolos de roteamento. O primeiro é denominado reativo, onde as rotas são criadas apenas quando desejado pela fonte da mensagem. Neste trabalho, são estudados dois tipos de protocolos reativos: o AODV (*Ad hoc On-Demand Distance Vector*) [Perkins 2003] e o DSR (*Dynamic Source Routing*) [Johnson 2004]. O outro tipo é denominado pró-ativo, onde as rotas são estabelecidas no instante da ativação dos nós móveis dentro da rede. Neste trabalho, é estudado o protocolo DSDV (*Destination-Sequenced Distance Vector*) [Campos 2003].

### **3. Modelos de Mobilidade**

Os modelos de mobilidade foram desenvolvidos para tentar representar o comportamento da movimentação dos nós móveis dentro de uma rede *ad hoc* real. A seguir estão relacionados alguns modelos de mobilidade que possuem implementação no simulador NS (*Network Simulator*).

#### **3.1. Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório**

Conforme [Camp 2002], o Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório (*Random Walk Mobility Model*) funciona da seguinte forma: em um intervalo de tempo constante, um nó move-se de sua posição atual para uma outra posição escolhendo aleatoriamente uma direção e uma velocidade. Sucessivamente, ao alcançar o destino, novamente uma direção e uma velocidade são escolhidas e o nó se move até esta posição. A cada novo instante de tempo, o valor das variáveis direção e velocidade não possui nenhuma relação com os valores anteriores, ocasionando movimentos bruscos dos nós.

#### **3.2. Modelo de Mobilidade de Ponto de Mudança de Rota**

O Modelo de Mobilidade de Ponto de Mudança de Rota (*Random Waypoint Mobility Model*) funciona da seguinte maneira: o nó fica parado em um local por um determinado tempo e logo se desloca para um novo local selecionado aleatoriamente com uma velocidade uniformemente distribuída. Quando o destino é alcançado, o nó pára novamente por um determinado tempo, e repete o processo selecionando um novo destino e velocidade [Pereira 2004].

#### **3.3. Modelo de Mobilidade de Direção Aleatória**

No Modelo de Mobilidade de Direção Aleatória (*Random Direction Mobility Model*) os nós selecionam aleatoriamente uma direção e percorrem na direção escolhida até alcançar o limite da área de simulação. Quando esse limite é alcançado, o nó pára por um determinado tempo, escolhe randomicamente outra direção angular (entre 0 e 180 graus) e continua o processo [Camp 2002].

#### **3.4 Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório**

Na Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório (*A Probabilistic Version of the Random Walk Mobility Model*), também chamado de Modelo Markoviano, o movimento dos nós é modelado através de uma Cadeia de Markov. Ele utiliza uma matriz de probabilidade que possibilita determinar a próxima posição de um nó dentro da área de simulação num próximo instante de tempo. Esse modelo é composto por três estados que representam as coordenadas (x, y). O estado zero (0) representa a posição corrente, o estado um (1) representa a posição anterior e o estado dois (2) representa a próxima posição do nó [Camp 2002].

## 4. Metodologia de Pesquisa

Para realizar este trabalho foi utilizado o Sistema Operacional Linux e o simulador de redes NS. Para os modelos de mobilidade, foi preciso utilizar algoritmos “geradores de movimento” definidos em [Camp 2002], os quais geram uma saída configurada para o uso no simulador de redes NS.

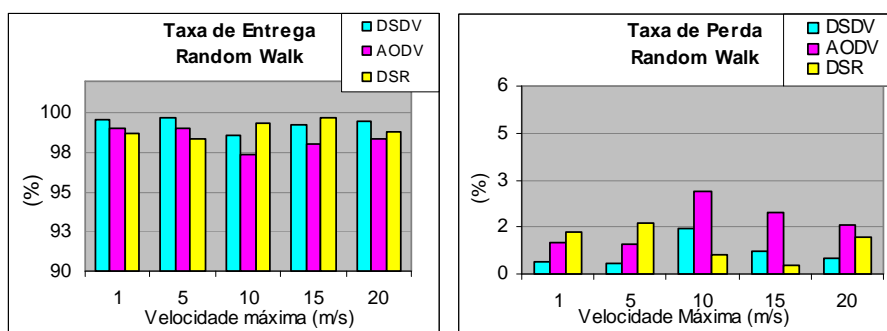
Todos os cenários das simulações foram realizados em uma área de 600m x 600m, com 10 nós móveis inicialmente em posições aleatórias. Foi pré-definido a comunicação dos nós “0”, “2” e “4” com os nós “9”, “7” e “5”, respectivamente. Além disso, foram pré-estabelecidas cinco velocidades máximas as quais os nós podem alcançar 1, 5, 10, 15 e 20 m/s. Nos cenários construídos, é importante salientar que todos os nós se movimentam simultaneamente de acordo com o padrão de mobilidade configurado. Para avaliar o desempenho dos protocolos estudados foram estabelecidas as seguintes métricas [Campos 2003]: quantidade de pacotes de controle, taxa de entrega e taxa de perda.

## 5. Resultados Obtidos

Através dos arquivos *trace* gerados pelo NS ao final de cada simulação, conseguiu-se obter resultados os quais são apresentados detalhadamente nesta seção. A análise das informações contidas no *trace* foi feita através de *scripts* em AWK.

### 5.1. Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório

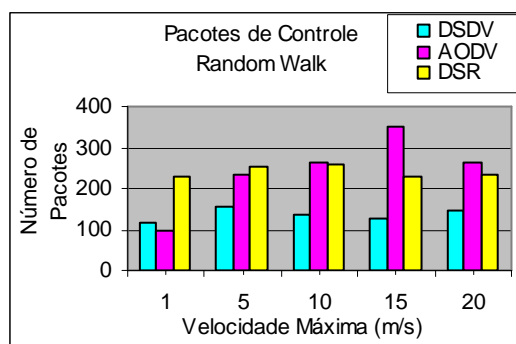
Através da Figura 1, percebe-se que o protocolo DSDV apresenta um melhor desempenho na maioria das velocidades analisadas neste padrão de mobilidade tanto na taxa de entrega quanto de perda.



**Figura 1. Modelo de Percurso Aleatório – Taxa de Entrega e Perda.**

A Figura 2 representa a quantidade de pacotes de controle gerados durante as simulações. Em destaque, percebe-se que, quando a velocidade dos nós aumenta, o protocolo AODV gera um alto número destes pacotes na rede.

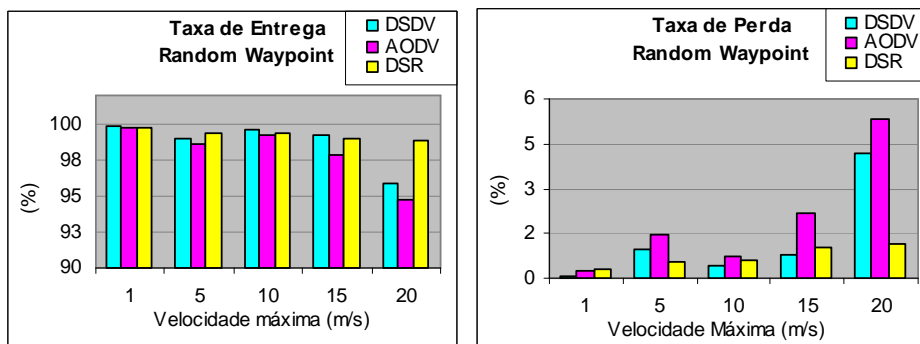
Observa-se então que, pela média de todas as velocidades analisadas, o protocolo DSDV é o que tem o melhor desempenho comparado aos outros dois protocolos de roteamento neste padrão de mobilidade.



**Figura 2. Modelo de Percurso Aleatório – Quantidade de Pacotes de Controle.**

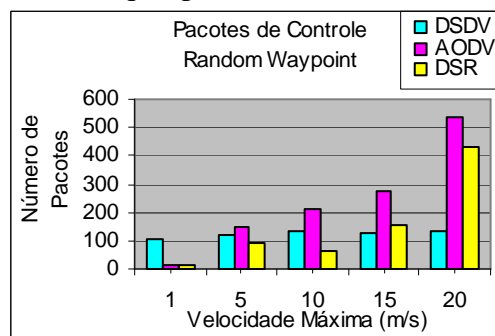
## 5.2. Modelo de Mobilidade de Ponto de Mudança de Rota

Visualizando a Figura 3, percebe-se que o protocolo DSR é o que melhor se comporta em relação à taxa de entrega e perda. O AODV é o que obteve a maior perda de pacotes entre todas as velocidades, motivo este que ocasionou a baixa taxa de entrega.



**Figura 3. Modelo de Ponto de Mudança de Rota – Taxa de Entrega e Perda.**

Em relação à quantidade de pacotes de controle gerados, observa-se na Figura 4 o protocolo DSDV, o qual gera praticamente a mesma quantidade de pacotes em todas as velocidades. Verifica-se então que, para este modelo o melhor protocolo é o DSR.

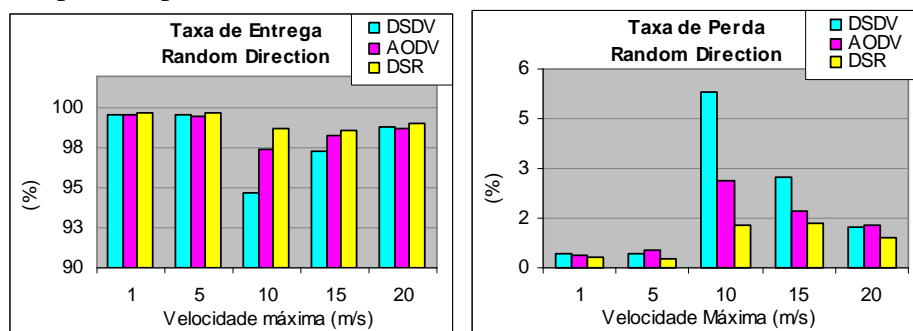


**Figura 4. Modelo de Ponto de Mudança de Rota – Quantidade de Pacotes de Controle.**

## 5.3. Modelo de Mobilidade de Direção Aleatória

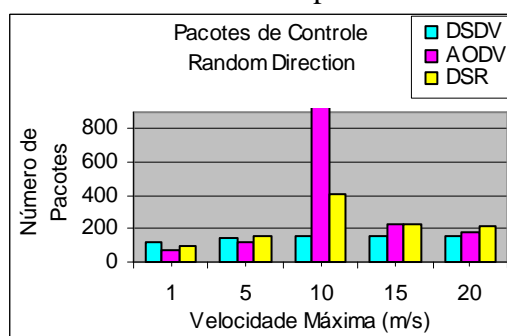
Nota-se através da Figura 5 que o protocolo DSR se destaca em relação à taxa de entrega e perda em relação aos outros protocolos, sendo considerado o melhor protocolo

a ser utilizado neste padrão de mobilidade. Além disso, observa-se uma grande quantidade de pacotes perdidos utilizando o DSDV a uma velocidade de 10m/s.



**Figura 5. Modelo de Direção Aleatória – Taxa de Entrega e Perda.**

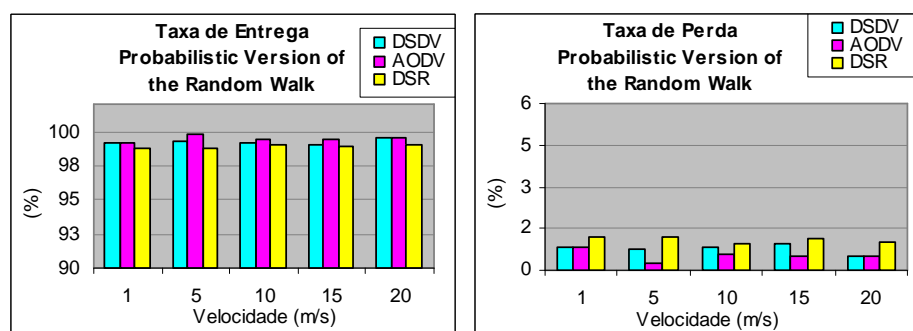
Na Figura 6, percebe-se o grande número de pacotes de controle enviados pelo AODV, principalmente a uma velocidade de 10m/s. Percebe-se também que o protocolo DSDV gerou praticamente o mesmo número de pacotes em todas as velocidades.



**Figura 6. Modelo de Direção Aleatória – Quantidade de Pacotes de Controle.**

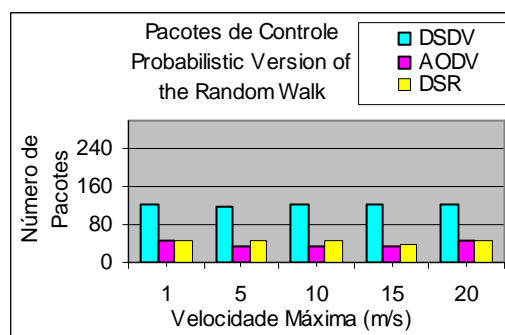
#### 5.4. Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório

Consegue-se verificar na Figura 7 que, em todas as velocidades, o protocolo AODV é o que melhor se comporta em relação à taxa de entrega e perda de pacotes comparado aos outros protocolos de roteamento.



**Figura 7. Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório - Taxa de Entrega e Perda.**

Na Figura 8, também observa-se o comportamento do protocolo DSDV, mantendo sempre um número aproximado de pacotes de controle de roteamento.



**Figura 8. Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório – Quantidade de Pacotes de Controle.**

## 6. Conclusão

Este trabalho apresentou um estudo de quatro modelos de mobilidade e três protocolos de roteamento, ambos desenvolvidos para redes *ad hoc*. Baseado neste estudo pôde-se realizar uma avaliação de desempenho dos protocolos de roteamento utilizando estes modelos e perceber que o desempenho de um protocolo de roteamento varia significativamente de acordo com cada modelo de mobilidade usado.

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram traçar uma conclusão não definitiva, em função do número de simulações realizadas durante a pesquisa. Para que as conclusões possam ser estatisticamente precisas, é necessário que novos experimentos sejam realizados. No entanto, com os resultados alcançados pôde-se observar que o melhor protocolo a ser utilizado no modelo de mobilidade Percurso Aleatório é o DSDV. Nos modelos de mobilidade Ponto de Mudança de Rota e de Direção Aleatória pôde-se verificar que o protocolo ideal que corresponde a um bom desempenho é o DSR e, finalmente, no modelo Versão Probabilística do Modelo de Mobilidade de Percurso Aleatório notou-se que o melhor protocolo de roteamento a ser aplicado é o AODV.

## Referências

- Campos, Carlos A. V. “Uma modelagem da mobilidade individual para redes móveis ad hoc”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- Camp, Tracy; DAVIES, Vanessa et alli. “A survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research. Wireless Communication & Mobile Computing”, In: WCMC: Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, Colorado, 2002.
- Johnson, David B.; et alli. “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)”. Internet-Draft. Julho, 2004. Disponível em: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>
- Perkins, C; et alli. “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing”. Request For Comments 3561. Julho, 2003. Disponível em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- Pereira, Ivana C. de M. “Análise do roteamento em redes móveis ad hoc em cenários de operações militares”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- Stallings, William. “Wireless Communications & Networks”. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, [s.n.], 2005.