

# Uso de redes sem fio no controle de atividades de fiscalização que requerem mobilidade

Mauro Margalho Coutinho<sup>1</sup>, Cláudia D. S. Mufarrej Hage<sup>1</sup>, Elisângela Santana Aguiar<sup>1</sup>, Carlos R. Francês<sup>2</sup>, João Crisóstomo W. A. Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CCET – Universidade da Amazônia (UNAMA), Av. Alcindo Cacela, 287 - 66060-902, Belém (PA)

<sup>2</sup> DEEC – Universidade Federal do Pará (UFPA)

{margalho, claudia.hage}@unama.br, esa@cci.unama.br {rfrances, jweyl}@ufpa.br

**Abstract.** *This paper presents the proposal of a wireless network project in order to viabilize the use of a computerized system that controls the fiscalization activity in municipal district open markets. A case study in one of the main Brazilian open markets, the Ver-o-Peso was presented and the technical viability of the proposal was certified through a simulation process.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta a proposta de uma rede sem fio projetada com o intuito de viabilizar o uso de um sistema de controle de feiras e distribuição de pescado em mercados municipais. O uso de dispositivos portáteis permite a mobilidade e facilita os processos de fiscalização e controle. Um estudo de caso realizado em um dos mercados mais populares do Brasil, o Ver-o-Peso, será apresentado e sua viabilidade técnica será avaliada através de simulação.*

## 1. Introdução

A preocupação com a qualidade da saúde pública, em especial no controle de feiras e comércio de pescado, tem sido foco de muitas administrações municipais. Todavia, há de se considerar que, apesar de ser uma solução eficaz, a informatização do processo de controle nesses nichos não é tarefa trivial, pois envolve a necessidade de mobilidade constante, tanto dos agentes de fiscalização quanto dos responsáveis diretos pelo procedimento administrativo, os quais precisam exercer parte de suas atividades *in-loco*. Com o intuito de prover a infra-estrutura necessária para tornar esse processo viável, apresentar-se-á uma proposta de rede *wired-cum-wireless* (parte cabeada, parte sem fio) onde será viabilizado o deslocamento dos usuários através de uma WLAN (*Wireless Local Area Network*) padrão IEEE 802.11 [IEEE, 2005], que opera na faixa de frequência ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), liberada pela agência reguladora [ANATEL, 2005]. O objeto desta proposta encontra-se em desenvolvimento com recursos da Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente [SECTAM 2005].

### 1.1 Redes sem fio

As redes sem fio podem ser classificadas, quanto à sua infra-estrutura, como sendo independentes ou *ad-hoc* e infra-estruturadas. Em redes infra-estruturadas, a área de cobertura é dividida em regiões menores, onde a comunicação é concentrada em pontos

de acesso. Nesse caso, mesmo dois nós estando localizados a uma distância mínima um do outro, a transmissão entre ambos sempre se dará através do ponto de acesso. Geralmente os pontos de acesso são conectados por um *backbone* de alta velocidade. Como exemplo, pode-se citar a rede da telefonia celular que opera com pontos de acesso chamados Estações Rádio Base (ERBs). Já em redes *ad-hoc*, também referenciadas pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE) como MANET (*Mobile Ad-hoc NETWORK*), nenhuma infra-estrutura é requerida [Tanenbaum 2003]. Uma vez que todos os nós movem-se livremente, existe a necessidade de um trabalho colaborativo para que as transmissões cheguem além dos limites impostos pelos dispositivos de hardware e modelos de propagação. Nesse caso, ora um nó pode atuar como sendo um transmissor, ora como um receptor, ora como um roteador.

### **1.1.1 IEEE 802.11**

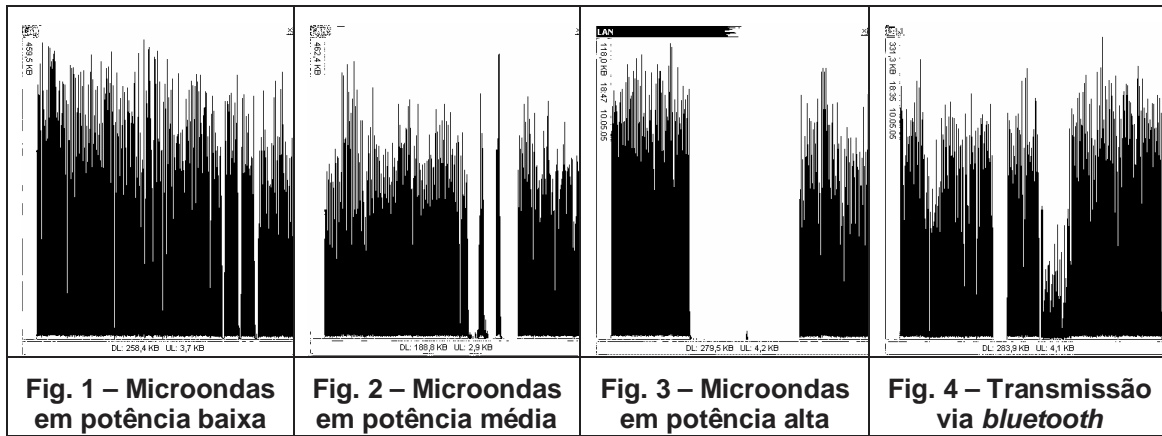
Uma vez que o padrão que impera em redes locais cabeadas é o da família IEEE 802, a extensão desse modelo a redes sem fio foi uma tendência natural e consolidou-se em 1999 com o surgimento do padrão conhecido como IEEE 802.11 [Gast, 2002]. Foram especificadas as camadas *Wireless LAN Medium Access Control* (MAC), que padronizaram o acesso ao meio através do protocolo CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), e a *Physical Layer* (PHY), que proveu suporte aos modelos FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e infravermelho. A partir desse padrão, novas variantes foram criadas. As mais conhecidas são 802.11a, que opera a 5 GHz, e 802.11b/g, que operam a 2.4 GHz.

## **2. Projeto**

O projeto de uma rede sem fio requer diversos procedimentos. O primeiro deles, consiste na realização do chamado *sitesurvey*. Nessa fase, a equipe técnica deve fazer um levantamento completo das condições do local onde será instalada a rede, registrando imagens para análise detalhada e verificando a disponibilidade de itens como: pontos elétricos para alimentação dos pontos de acesso; obstruções entre os nós a serem conectados, cabendo ressaltar que árvores e outros pontos de obstrução podem inviabilizar a comunicação, mesmo em distâncias reduzidas; infra-estrutura para fixação das antenas externas, já que se mostra comum a necessidade de construção de um suporte adicional de concreto para acomodar a base das antenas, uma vez que as instalar diretamente na laje pode causar problemas estruturais na edificação; mecanismo de proteção contra surtos elétricos e raios, porquanto uma antena externa do tipo omnidirecional, por exemplo, pode ser um pára-raio em potencial, colocando todos os equipamentos da rede em condição de risco, o que pode ser evitado utilizando-se um equipamento conhecido como centelhador, que absorve corrente transiente e surtos elétricos tais como raios e a corrente estática que flui pelo cabo coaxial ou pela antena; existência de outros dispositivos que operem na mesma faixa de frequência do sistema etc.

### **2.1 Interferência**

Durante o levantamento realizado no *Site Survey*, deve-se dedicar especial atenção aos dispositivos que operam na mesma faixa de frequência da rede sem fio.



Nas figuras 1,2,3 e 4 apresenta-se o resultado de um estudo realizado nas dependências do Laboratório de Planejamento de Redes de Alto Desempenho (LPRAD), localizado no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará. O experimento consistiu em uma transferência de arquivo no sentido rede cabeada/rede sem fio. A rede sem fio foi configurada para operar no padrão IEEE 802.11b. O software de medição de vazão utilizado foi o *bwmeter* versão 2.3 [www.desksoft.com]. Durante a transmissão utilizou-se um forno de microondas que opera na banda ISM nas potências baixa, média e alta (Figuras 1,2 e 3). Uma transmissão de vídeo, capturado em tempo real, foi realizada via tecnologia *bluetooth*, entre dois telefones celulares (figura 4). O resultado do experimento indica a necessidade de atenção especial quando a rede sem fio coexistir com tais dispositivos. Uma vez em uso, eles podem, como apresentado nos gráficos do experimento, torná-la inoperante. Outros fatores que acusam interferências esporádicas também devem ser investigados, como por exemplo, as chuvas sempre presentes nessa região. No estudo de caso deste artigo, a grande quantidade de aves constitui um fator preocupante.

## 2.2 Cobertura

O procedimento seguinte é definir, a partir de leitura do nível de sinal em diversos pontos da área a ser coberta, quantos pontos de acesso serão necessários. Esse levantamento é de fundamental importância, pois terá implicações diretas tanto no custo do sistema quanto na satisfação do usuário. Basicamente ele consiste em duas etapas. A primeira delas requer a instalação provisória de um ponto de acesso em local posicionado estrategicamente na área a ser coberta. A partir daí, já se configurando a segunda etapa, deve o projetista, munido de um equipamento móvel com adaptador de rede sem fio, medir o nível de sinal em vários pontos da área onde a rede sem fio será instalada. Diversos softwares gratuitos como o *Network Strumbler* [Netstumbler, 2005] realizam essa tarefa, inclusive com recurso georeferenciado quando o dispositivo móvel estiver conectado a um GPS (Global Positioning System). A lógica, no processo de medição, reside em estabelecer um comparativo entre o nível de sinal captado (em dBm) e o nível máximo de sensibilidade do adaptador de rede sem fio do cliente. Um adaptador Orinoco [Orinoco, 2005], por exemplo, possui nível máximo de sensibilidade de -90 dBm para taxa de transmissão de 1Mbps. Se a medição de sinal for maior que esse valor, a cobertura naquele local é considerada satisfatória. Caso contrário, pontos de acessos adicionais deverão ser instalados.

## 2.3 Segurança

O fato de os dados de uma rede sem fio transitarem por um meio de transmissão não guiado já é, por si só, fator de preocupação para os administradores. Na prática não há como evitar que os pacotes de dados sejam capturados. Entretanto há como os cifrar de forma que apenas os usuários autorizados, possuidores de uma chave específica, possam ter acesso ao conteúdo. Há de se considerar que cada mecanismo de segurança habilitado, em uma rede sem fio, implica em queda de desempenho da mesma.

As principais formas de prover segurança em redes sem fio baseiam-se em [Andrade, 2004]:

- Cadastro de endereço MAC dos clientes - O inconveniente nesse recurso ocorre quando existem vários pontos de acesso na mesma rede, formando um ESS (*Extended Service Set*) (Figura 5). Nesse caso, faz-se necessário que os endereços MAC dos clientes sejam cadastrados, individualmente, em cada um desses pontos de acesso da rede. Para poucos usuários, essa pode ser uma opção interessante desde que combinada com outros recursos que cifrem os pacotes.
- Uso de WPA (*Wi-Fi Protected Access*) - Este recurso cifra os pacotes de dados impedindo que pessoas não autorizadas, que eventualmente os capturem, tenham acesso ao conteúdo.
- Uso de VPN (*Virtual Private Network*) - A aplicação da solução VPN só é recomendada quando a exigência de segurança for muito alta. Isso porque o uso deste recurso pode comprometer consideravelmente o desempenho da rede.
- Uso de servidor RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*) - O servidor RADIUS torna mais flexível a autenticação uma vez que se utiliza uma combinação de nome de usuário e senha de acesso. Todavia, este recurso precisa ser associado a algum dos métodos de criptografia como WEP (*Wired Equivalent Protocol*) ou WPA.

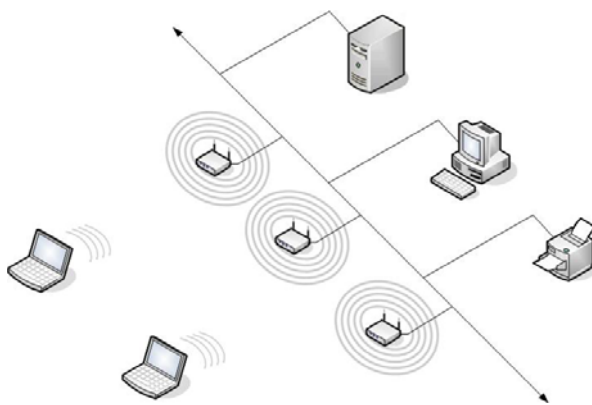


Figura 5. *Extended Service Set*

## 3. Estudo de Caso

Uma forma de avaliar a viabilidade técnica da proposta foi adequá-la às necessidades de um dos mercados mais populares do Brasil, o Ver-o-Peso, localizado na cidade de Belém, Estado do Pará. Para tanto, optou-se por simular a proposta a partir do *Network Simulator* versão 2.26, um dos simuladores mais conceituados na área acadêmica,

desenvolvido na universidade de Berkeley e com suporte a redes móveis *Ad-Hoc* e Infraestruturadas. (Monarch Project, 2005).

### 3.1 Cenário

A estrutura do Ver-o-Peso é composta por um mercado construído em ferro, circundado por centenas de pequenas barracas cobertas por lona em formato de circo e por uma pequena área portuária, onde os pescadores regionais realizam o comércio do pescado, conforme ilustrado na figura 6. A estrutura organizacional dessa negociação costuma obedecer a um padrão definido. No que tange ao comércio de pescado, os seguintes personagens se destacam: o pescador, que é o ribeirinho que captura o pescado e o leva para comercialização no porto do Ver-o-Peso; o balanceiro, que é o atravessador que, com melhores recursos financeiros, compra o pescado dos pescadores para revendê-lo posteriormente; e o peixeiro, que é o feirante que compra o pescado do balanceiro e o revende à população no interior do mercado de ferro.

Com relação à feira externa, a estrutura é mais diversificada, pois grande parte das frutas, legumes e verduras, que lá são comercializados, têm como procedência a Central de Abastecimento (CEASA).

Um processo eficiente de fiscalização implica no deslocamento dos fiscais por entre os barcos, na feira localizada ao lado do mercado de ferro e nos pontos de negociação dos balanceiros, dispersos ao longo de toda a região portuária. Para cobrir toda área descrita utilizou-se um cenário de 40.000 m<sup>2</sup> (400mx100m). Durante todo o processo de simulação, quatro fiscais identificados na figura 6 como F1, F2, F3 e F4 movimentam-se constantemente, a uma velocidade média de 1 metro por segundo.

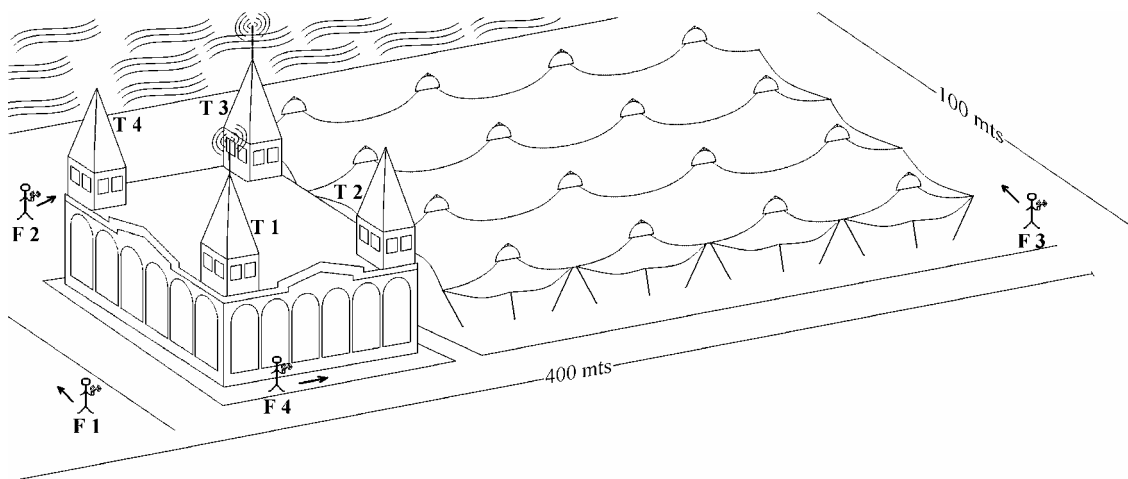


Figura 6. Mercado do Ver-o-Peso

### 3.2 Antenas

Uma vez que o acesso requerido envolve toda a área em volta do mercado de ferro, foram utilizadas antenas omnidirecionais que irradiam sinal em 360°. Já que visada direta é um requisito desejável e, para que toda a área externa fosse iluminada pelo sinal da rede sem fio, duas antenas de 15 dBi foram posicionadas nas torres T1 e T3 do mercado de ferro, conforme ilustrado na figura 6.

### 3.3 Segurança

Para garantir a segurança do sistema, optou-se pela utilização de um servidor RADIUS no processo de autenticação e autorização em conjunto com o mecanismo de criptografia WPA. Somente após o credenciamento do usuário junto ao servidor RADIUS será liberado o acesso ao sistema de distribuição da rede.

### 3.4 Avaliação de Desempenho

Para avaliar o desempenho da rede utilizou-se a técnica de simulação, tomando como base a parametrização dos equipamentos e modelos que efetivamente seriam usados no projeto. [Law, 2000]

#### 3.4.1 Parametrização e pressupostos

Considerou-se que, nas três unidades de simulação iniciais, os usuários realizam o processo de autenticação no servidor RADIUS. A partir da décima unidade de simulação, considerou-se que os fiscais já obtiveram acesso ao sistema e o tráfego usado na modelagem foi baseado em uma distribuição estatística de Pareto, que caracterizam rajadas, típicas de transmissões adaptativas como TCP. Os parâmetros utilizados na configuração do simulador encontram-se descritos na tabela 1.

**Tabela 1 – Parâmetros de Configuração do Simulador**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Descrição</b>
Frequência	2.4 GHz	Frequência de operação
Tipo das antenas	Omni direcionais	Cobertura em 360°
Padrão Utilizado	IEEE 802.11b	O padrão permite até 11 Mbps.
Expoente de Perdas	2,5	Nível de obstruções do local [1 a 5]
Modelo de Propagação	<i>Shadowing</i>	Sombreamento
Número de nós móveis	4	Simbolizando 4 fiscais se locomovendo
Número de Nós fixos	2	1- Radius e 1- Servidor do sistema.
Pontos de acesso	2	Em duas das torres do mercado de ferro
Tempo de simulação	50	Unidades de simulação
Taxa de transmissão	256 Kbps	Distribuição de Pareto

O gráfico da figura 7 mostra o comportamento da vazão fim a fim dos nós móveis. As três unidades iniciais de simulação caracterizam o processo de autenticação na rede. A partir da décima unidade de simulação os fluxos seguem um comportamento de rajada, oscilando em torno da taxa básica de 256 Kbps. O gráfico da figura 8 apresenta o atraso fim a fim. Vale ressaltar que os valores nele apresentados são compostos pelo atraso da rede cabeada mais o atraso da rede sem fio. Como consequência, têm níveis bastante elevados para aplicações multimídia, porém aceitáveis para o sistema ao qual se destinam. O gráfico da figura 9 apresenta a evolução do *jitter*, que se constitui na variação estatística do atraso e tem mais implicação na transmissão de informações multimídia interativas do que em aplicações convencionais. A infra-estrutura se mostra viável para o sistema de controle de pescada e abre perspectivas para incorporação de outras aplicações, com requisitos de QoS (Qualidade de Serviço) mais rígidos. O gráfico da figura 10 apresenta a probabilidade de bloqueio, que se constitui na relação entre a quantidade de pacotes descartados e a quantidade de pacotes enviados, medida durante a transmissão dos fluxos entre os

fiscais e o servidor do sistema, localizado na rede cabeada. Percentualmente, tem-se 30% para o fiscal1, 21% para o fiscal2, 28% para o fiscal3 e 15% para o fiscal4. Considerando que o meio de transmissão não é guiado, esses níveis tornam-se aceitáveis.

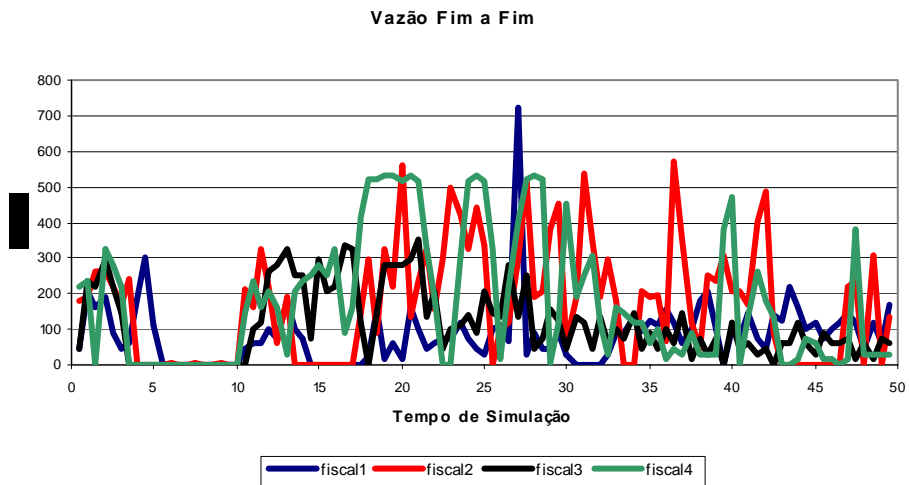


Figura 7. Evolução da vazão fim a fim

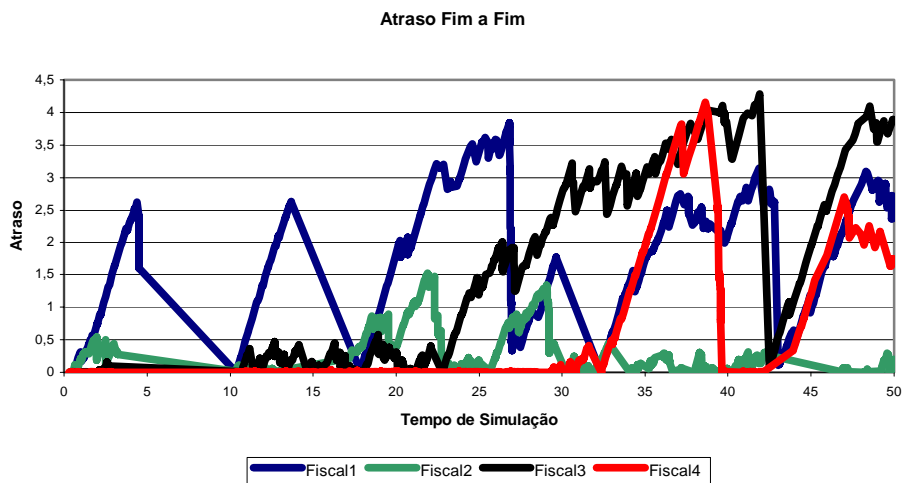


Figura 8. Evolução do atraso fim a fim

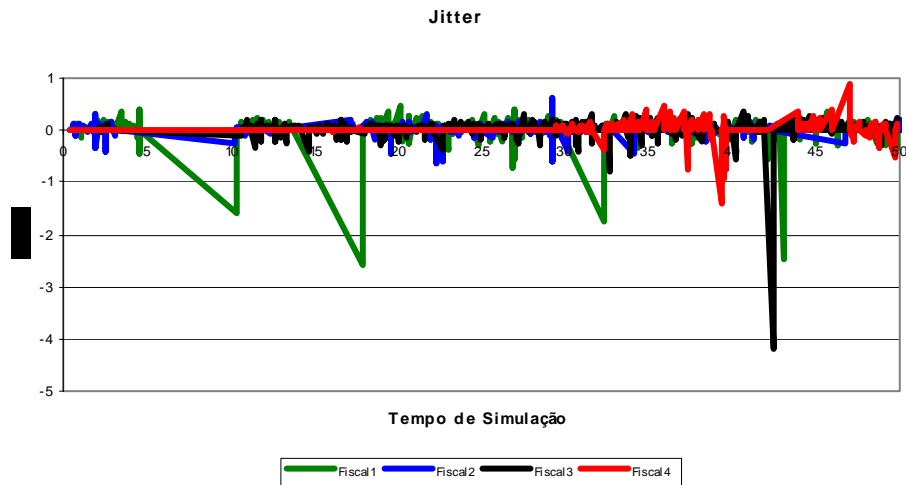


Figura 9. Evolução do Jitter

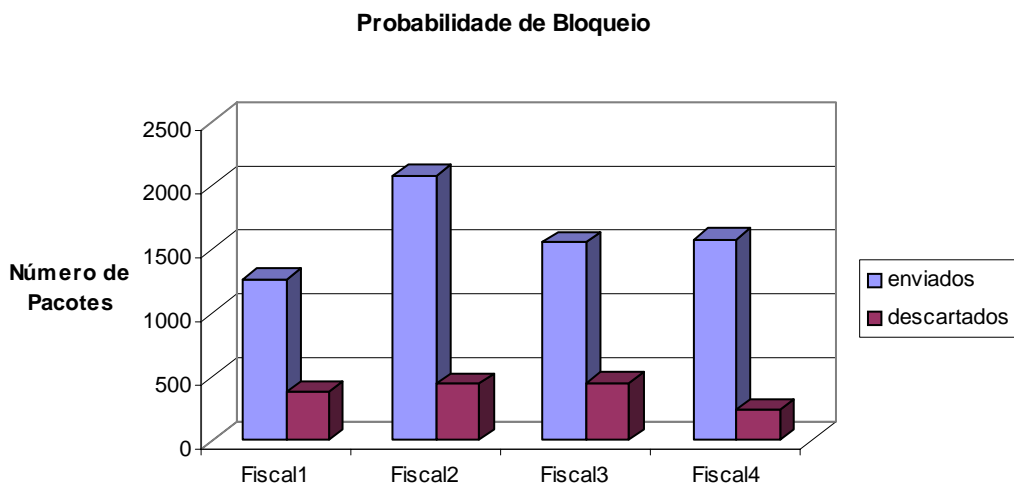


Figura 10. Probabilidade de bloqueio

#### 4. Conclusão

O uso de uma infra-estrutura sem fio pode viabilizar, a um custo bastante reduzido, diversos projetos que requeiram mobilidade. Trata-se de uma tecnologia que vem sendo disseminada, cada vez mais, em todo o mundo. A proposta de aplicá-la a um dos mercados mais populares do Brasil, o Ver-o-Peso, pode, inclusive, servir de estímulo para que outros segmentos sejam beneficiados, como, por exemplo, os pólos portuários.

## 5. Referência Bibliográfica

IEEE (2005). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). URL: <http://www.ieee.org/>. 07/01/2005.

Vint Project (2005). Virtual Internetwork Testbed. <http://www.isi.edu/nsnam/vint>, 03/04/2005.

NetStumbler (2005). Network Stumbler. <http://www.netstumbler.com/>. (11/05/2005).

Orinoco (2005). <http://www.orinoco.com/>. (11/05/2005).

Law, A.M.; Kelton, W.D (2000). Simulation Modeling and Analysis. Third Edition, McGraw-Hill..

Gast, Matthew S. (2002) 802.11 Wireless Network, The Definitive Guide. 1. Ed. Sebastopol, CA, USA: O'reilly.

Tanenbaum, Andrew S. (2003) Computer Networks, Fourth Edition. Prentice Hall.

Andrade, Lidiane P. (2004). Análise das Vulnerabilidades de Segurança Existentes nas Redes Locais sem Fio. [www.deec.ufpa.br/wdeec](http://www.deec.ufpa.br/wdeec). 2004

Monarch Project (2005). <http://www.monarch.cs.cmu.edu>. (03/04/2005)

ANATEL (2005). Agência Nacional de Telecomunicações. <http://www.anatel.gov.br/home/default.asp>. (03/04/2005).

SECTAM (2005). Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente <http://www.sectam.pa.gov.br/> (22/05/2005)