

# O Avanço da Tecnologia de Comunicação com o Uso de Simulador para a Modelagem em Redes Mistas Cabeadas e Sem Fio

LÍGIA RODRIGUES PRETE

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia de Jales – São Paulo – Brasil  
ligiaprete@gmail.com

AILTON AKIRA SHINODA

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – São Paulo – Brasil  
shinoda@dee.feis.unesp.br

**Resumo** – Este trabalho apresenta uma abordagem de simulação com três cenários propostos para análise do comportamento de redes wired-cum-wireless, fazendo uso de um simulador de eventos discreto (Network Simulator). As métricas de modelagem consideradas no trabalho foram à estatística média de vazão para os três cenários.

Palavras-chave: Redes, Simulação, Vazão.

**Abstract** – This paper analyzes the behavior of wired-cum-wireless networks through a discret event simulation (Network Simulator) of three different situations . The modeling of each simulation was measured according to its average flow.

Keywords: Network, Simulation, Flow.

## 1. Introdução

A evolução da tecnologia de comunicação sem fio, aliada à crescente variedade e disponibilidade de dispositivos portáteis, está inovando o conceito de conectividade, onde a mobilidade de dispositivos e serviços é um requisito extremamente relevante e urgente, e certamente redefinirá paradigmas convencionais de trabalho, aprendizado e lazer.

Este cenário contribuiu fortemente para a expansão das redes de computadores e despertou grande interesse das empresas comerciais e instituições acadêmicas em desenvolver tecnologias e padrões que permitam o acesso móvel e, em tempo real, a um conjunto de serviços e informações restritos, até então, aos ambientes de redes tradicionais. Em consequência, a comunicação sem fio ganhou um espaço considerável nas tecnologias de transmissão de dados, apresentando-se também como solução para a comunicação em ambientes de redes locais. Neste contexto, os padrões para redes móveis que mais se desenvolveram foram Bluetooth [1] e o IEEE 802.11 [2].

Uma rede móvel sem fio consiste em uma coleção de dispositivos transmissores e receptores que se movimentam em uma determinada área e utilizam, normalmente, como tecnologia de transmissão de rádio frequência ou infravermelho. Estas redes foram desenvolvidas com o objetivo de superar as limitações de mobilidade e instalação de cabeamento impostas pelas redes tradicionais.

As redes móveis são classificadas, de acordo com o IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), em dois tipos: infraestruturada e ad hoc. Nas redes infraestruturadas, a comunicação entre os dispositivos móveis é sempre realizada por meio de um ponto de acesso fixo e central [3]. Os componentes móveis representam os dispositivos computacionais portáteis que permitem a mobilidade do usuário baseado na comunicação sem fio. Os componentes fixos, também conhecidos por Pontos de Acesso (PA) ou Estação Base (EB), são responsáveis pelo gerenciamento dos dispositivos móveis que estão dentro de sua área geográfica de cobertura.

Nas redes sem infraestrutura, ou simplesmente redes ad hoc, os dispositivos são capazes de trocar informações diretamente entre si, ou seja, não são utilizadas estações base [4, 5]. Neste tipo de rede todos os nós são responsáveis pelo roteamento e eles dependem uns dos outros para manter a conectividade. Um tipo mais específico de rede ad hoc, onde os nós se movimentam, é conhecida como MANET (Mobile Ad Hoc NETWORK) [6].

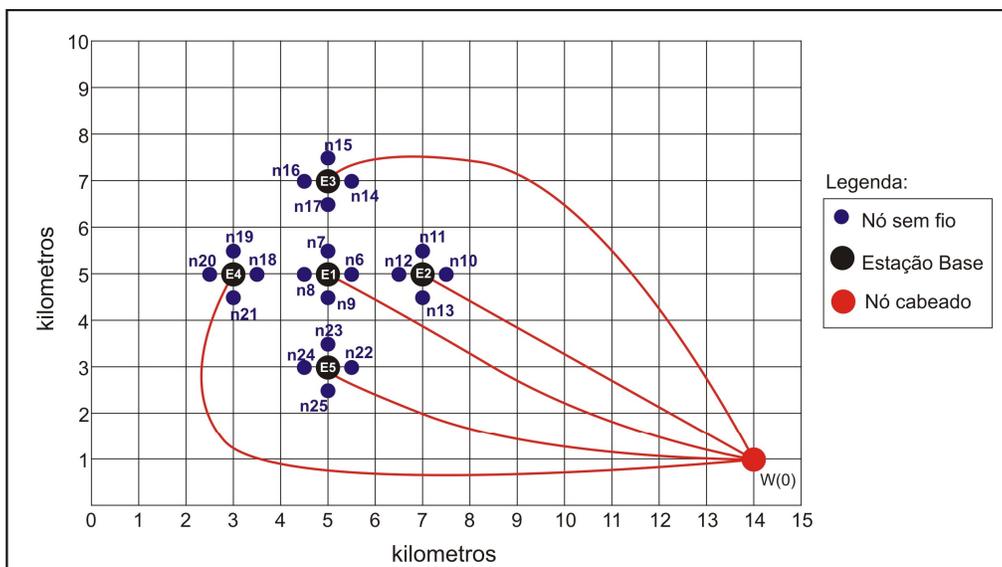
Este trabalho tem como objetivo viabilizar simulações de transmissão de arquivos em uma intranet utilizando um ambiente de rede mista, onde parte da infraestrutura da rede é cabeada e parte é sem fio e ambas interagem através de pontos de acesso. Diante da carência de recursos para se criar laboratórios de redes de computadores bem estruturados, diversos segmentos acadêmicos têm optado por testes e validação de propostas através de técnicas alternativas de avaliação de desempenho a custos reduzidos empregando simulações [7]. O Network Simulator tem sido uma opção para pesquisadores de protocolos de redes, por ser amplamente utilizado em testes e estudos, sendo considerado um simulador confiável, possuindo ferramentas de análises, animações e ser gratuito.

A seção 2 descreve a modelagem de rede e as condições de contorno

empregadas no trabalho. A seção 3 mostra os resultados do comportamento da rede em função de três cenários propostos baseados na modelagem de rede. Finalmente, a seção 4 apresenta a conclusão.

## 2. Metodologia

A Figura 1 mostra o cenário implementado para avaliar o comportamento da rede em função da vazão média na transmissão de arquivos dentro de uma intranet. A topologia mista é composta por um nó cabeado W(0) conectado a cinco estações base (E1, E2, E3, E4 e E5) com uma distância de aproximadamente 2 km. As EBs são responsáveis pelo roteamento dos pacotes para os nós sem fio que pertencem à área de alcance de cada EB. A distância entre os nós sem fio na área de contorno da EB é de 200 m.



**Figura 1 – Topologia da rede**

Em modelos de redes mistas é usado o endereçamento hierárquico a fim de rotear pacotes entre domínios com e sem fio. Na Figura 1 são criados 6 domínios, 1 domínio para rede cabeada (W0: 0.0.0) e 5 domínios para rede sem fio (E1: 1.0.0, E2: 2.0.0, E3: 3.0.0, E4: 4.0.0 e E5: 5.0.0). Assim como o domínio são definidos os endereços para os clusters e nós de cada domínio. Por exemplo, o endereçamento hierárquico (domínio.cluster.nó) do nó n7 seria representado assim 1.0.2, onde 1 é o domínio, 0 é o cluster e 2 é o nó sem fio da rede.

A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros do modelo de rede considerada na simulação de transmissão de arquivos em uma intranet.

**Tabela 1** – Parâmetros da rede modelada

| Parâmetro                        | Valor           |
|----------------------------------|-----------------|
| Canal                            | WirelessChannel |
| Propagação                       | TwoRayGround    |
| Interface de rede                | Wireless Phy    |
| Camada MAC                       | 802_11          |
| Tipo de fila                     | DropTail        |
| Camada de enlace                 | LL              |
| Modelo da antena                 | OmnAntenna      |
| Número máximo de pacotes na fila | 50              |
| Número de nós sem fio            | 20              |
| Protocolo de roteamento          | DSDV            |
| Área de cobertura (XxY)          | 10 km x 15 km   |
| Número de nós cabeado            | 1               |
| Número de estações base          | 5               |
| Taxa de transmissão              | 11 Mb           |
| Tamanho dos pacotes              | 1023            |
| Tipo de aplicação                | FTP             |

No Network Simulator, todo e qualquer protocolo de transporte é definido através de um agente. No esquema mostrado na Figura 1, temos dois agentes definidos. Um agente TCP (Transmission Control Protocol) anexado ao nó W(0) e outro agente de recepção (Sink) vinculado aos nós sem fio que empregam também o protocolo de roteamento sem fio DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) [8], além disso, a aplicação associada entre o nó W(0) e os nós sem fio é o FTP (File Transfer Protocol). Os agentes de recepção servem para receber os pacotes enviados pelos protocolos de transporte. O agente Sink recebe os pacotes do protocolo TCP e gera os pacotes de reconhecimento ACKs (Acknowledgements). O protocolo pró-ativo DSDV mantém uma tabela de rotas possíveis para o tráfego de pacotes por toda a rede. A vantagem para aplicações usarem o TCP é a versatilidade e robustez deste protocolo tornando-o adequado a redes globais, já que este verifica se os dados são enviados de forma correta, na sequência apropriada e sem erros pela rede, garantindo a transmissão de pacotes. Um dos usos mais conhecidos do protocolo TCP é nas aplicações cibernéticas, como o SSH (Secure Shell - protocolo que permite a conexão com outro computador da rede), FTP (File Transfer Protocol - protocolo de transferência de arquivos), HTTP (Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto), entre outros. Por este motivo optou-se na utilização desse agente para a aplicação FTP na transmissão de arquivos em uma intranet nas simulações deste trabalho.

### 3. Resultados

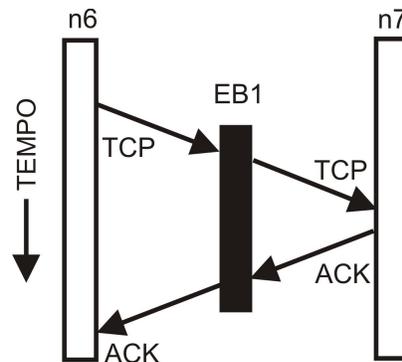
O termo vazão apresentando neste trabalho é definido como a razão (requisições por unidade de tempo) em que as requisições podem ser servidas por um sistema. Para análise da rede, a vazão é medida em pacotes por

segundo (pps) ou bits por segundo (bps) [9], podendo também ser medida em bytes por segundo (Bps). O estudo da vazão utilizado como métrica no modelo de rede da seção 2 compreende uma análise da razão entre a quantidade de dados que é transferida pela rede entre um nó de origem e um nó de destino e o tempo decorrido até que essa quantidade de dados seja totalmente transferida.

Os resultados apresentados a seguir correspondem a três cenários analisados em decorrência do desempenho no tráfego de pacotes em uma rede mista. A amostragem das informações contidas nos gráficos foram extraídas do arquivo de saída gerado pelo Network Simulator que simula o desempenho de uma rede virtual a partir dos parâmetros de configuração de uma rede real.

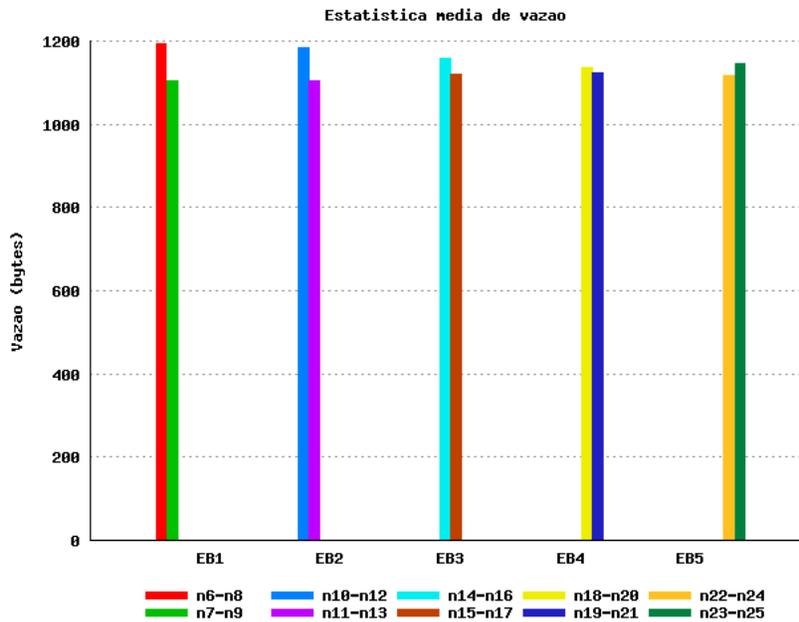
### 3.1 Primeiro Cenário

No primeiro cenário é analisada a vazão média do roteamento de pacotes (bytes) feito pelos nós sem fio pertencentes à área de cobertura de sua respectiva estação base. A Figura 2 ilustra o estabelecimento de conexão TCP entre os nós sem fio por meio da EB1, o mesmo ocorre com as outras estações bases. O nó sem fio n6 inicia a conexão enviando um pacote TCP que é roteado pela EB1 e espera-se que o nó sem fio n7 aceite a conexão enviando um pacote ACK de confirmação. Durante o estabelecimento de conexão, são trocados números de sequência iniciais entre os sistemas finais que irão servir para identificar os dados ao longo do fluxo, bem como servir de contador de bytes transmitidos durante a fase de transferência de dados.



**Figura 2** – Estabelecimento de conexão TCP do primeiro cenário

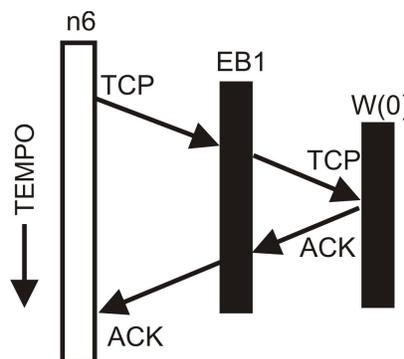
Observa-se na Figura 3 uma vazão homogênea dos pacotes transmitidos entre as estações bases. O comportamento é coerente pelas condições do tráfego das cinco EBs serem idênticas.



**Figura 3** – Estatística média de vazão do primeiro cenário

### 3.2 Segundo Cenário

No segundo cenário é analisada a vazão média dos pacotes (bytes) transmitidos dos nós sem fio até as estações base, estas por sua vez, roteia os pacotes até o nó fixo  $W(0)$ . A Figura 4 ilustra o estabelecimento de conexão TCP entre o nó sem fio  $n6$  e o nó fixo  $W(0)$  sendo roteado pela EB1, como exemplo. O nó sem fio  $n6$  inicia a conexão enviando um pacote TCP e espera-se que o nó fixo  $W(0)$  aceite a conexão enviando um pacote ACK de confirmação. Como todas as mensagens dos nós sem fio são destinadas para  $W(0)$  (gateway) é provável que haja uma degradação do desempenho do sistema em relação ao primeiro cenário.



**Figura 4** – Estabelecimento de conexão TCP do segundo cenário

A Figura 5 ilustra a modelagem do comportamento dos nós sem fio onde ocorre uma degradação do desempenho de vazão. Exceto nas EB4 e EB5

todas as demais estações bases apresentaram um perfil semelhante.

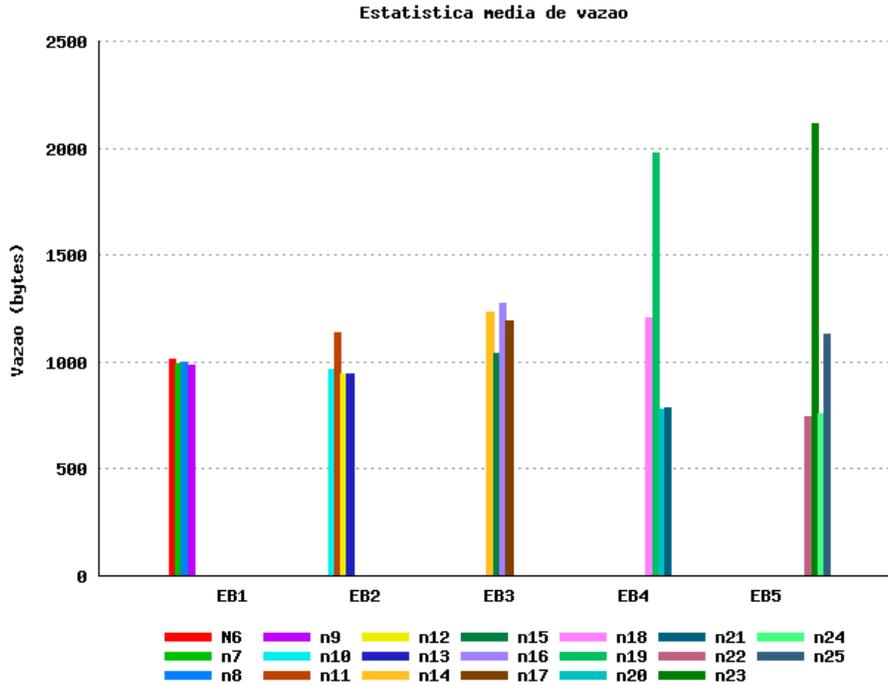


Figura 5 – Estatística média de vazão do segundo cenário

### 3.3 Terceiro Cenário

No terceiro cenário é analisada a vazão média do roteamento de pacotes (bytes) feito pelos nós sem fio de diferentes estações base. A Figura 6 ilustra o estabelecimento de conexão TCP entre o nó sem fio n6 e o nó sem fio n11 roteados por meio da EB1, EB2 e W(0), como exemplo. O nó sem fio n6 inicia a conexão enviando um pacote TCP que é roteado pela EB1, W(0) e EB2 e espera-se que o pacote seja enviado até o nó sem fio n11, este por sua vez envia um pacote ACK de confirmação.

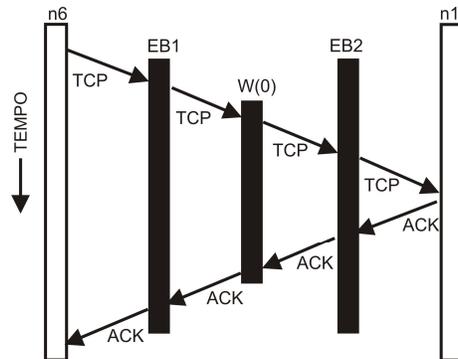


Figura 6 – Estabelecimento de conexão TCP do terceiro cenário

Observa-se na Figura 7 um desequilíbrio da vazão nos fluxos analisados em função do alto tráfego gerado pela rede, principalmente pela necessidade de roteamento entre duas estações bases e um nó fixo.

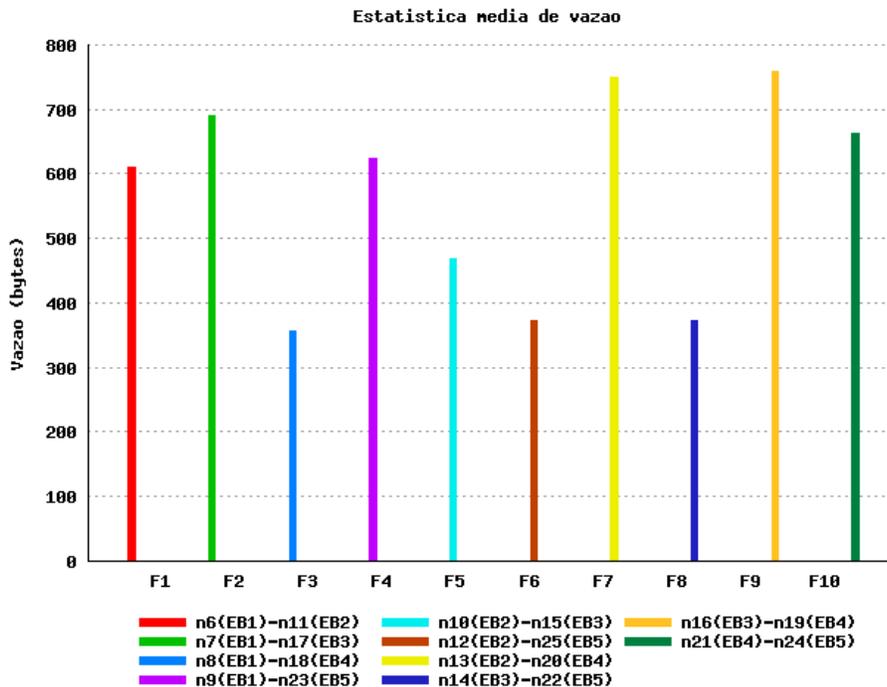


Figura 7 – Estatística média de vazão do terceiro cenário.

#### 4. Discussão e Conclusões

Quando há necessidade de enviar dados para ambientes à longa distância onde a comunicação é inviável por meio de rede cabeada, uma alternativa é utilizar ambientes de redes mistas cabeada e sem fio, como proposto na topologia deste trabalho.

Os resultados mostraram que a utilização do protocolo de transporte TCP e o protocolo de roteamento DSDV (mais adequado para ambientes de rede mista, pelo fato de manter uma tabela atualizada de rotas) conduziram os pacotes com uma vazão média diversificada analisando os três cenários. No primeiro cenário a vazão média dos pacotes (bytes) apresentou-se quase estável, ocasionando poucas oscilações ao longo da simulação, isto devido à vazão ser analisada somente na estação base correspondente do nó sem fio. Já no segundo cenário onde é analisado o desempenho da vazão média dos pacotes (bytes) de todos os nós sem fio até o nó fixo W(0) houve uma degradação da vazão para alguns nós, devido ao grande número de nós sem fio na rede transmitindo e recebendo pacotes ocasionando congestionamento. Por fim no terceiro cenário que foi analisada a vazão média dos pacotes (bytes) dos nós sem fio, verificou-se, do mesmo modo, uma degradação na vazão em decorrência dos nós sem fio estarem se comunicando com os nós de outras estações bases provocando congestionamento e perda de vazão para alguns nós da rede.

Portanto, para a aplicação de transmissão de arquivos em uma intranet (FTP) é importante que todos os receptores recebam os arquivos com confiabilidade e sem erros. Os parâmetros usados nas simulações proposta na topologia da seção 2 evidenciaram resultados que prevêm o desempenho da rede em alguns cenários do cotidiano.

## **Referências**

### ***Artigos em Revistas e Anais e Capítulos de Livros***

- [4] Giordano, S. (2002) "Mobile ad-hoc networks". *In Handbook of Wireless Network and Mobile Computing*, Stojmenovic, I. (Ed.). Wiley, New York, pp. 325-343, 371-391.
- [6] Chin, K. W (2002). "Implementation experience with manet routing protocols". *ACM SIGCOMM Computer Communications Review*, pp. 49-59.
- [7] Vasques, T. (2004) "Simulação de Redes de Computadores Utilizando o Network Simulator". *In: XI Semana de Informática da Universidade Federal do Paraná*.
- [8] Altman E.; Jimenez T. (2003), "Mobile Networks", *NS simulator for beginners*, pp. 111-130.
- [9] Jain, R. (1991), "Introduction to Simulation", *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling*, pp. 394-408.

### ***Livros e Teses***

- [1] Miller, M. (2001) "Descobrimos o Bluetooth". Rio de Janeiro: Campus, vol. 1, 289p.
- [3] Smith, C. (2001) "3G Wireless Networks", McGraw-Hill Telecom Professional, 695p.
- [5] Perkins, C. (2001) "Ad Hoc Networking", 1st Edition. Addison-Wesley Professional.

### ***Internet***

- [2] IEEE Standard 802.11 (1999) "Wireless LAN medium Access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications", Disponível em <http://grouper.ieee.org/groups/802/11>. Acesso em: 30 junho 2010.

## **Contato**

Lígia Rodrigues Prete

Coordenadora e Professora Assistente I do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet da Faculdade de Tecnologia de Jales, Centro Paula Souza.

Endereço profissional: Rua Vicente Leporace, 2630, Jardim Trianon, CEP 15700-000, Jales-SP

Telefone: (17) 3621.6911

e-mail: [ligiaprete@gmail.com](mailto:ligiaprete@gmail.com)

Ailton Akira Shinoda

Professor Assistente Doutor e Sub-coordenador do curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Elétrica.

Endereço profissional: Av. Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP.

Telefone: (18) 37431290.

e-mail: [shinoda@dee.feis.unesp.br](mailto:shinoda@dee.feis.unesp.br)