

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

## Control System for Parking Management

**This is a pre print version of the following article:**

*Original Citation:*

*Availability:*

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/2024775> since 2024-10-15T11:18:43Z

*Published version:*

DOI:10.1109/tla.2011.6096972

*Terms of use:*

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

# Control System for Parking Management

G. Gallindo, T. S. Silva, F. M. Milian, M. Torres and P. E. Ambrósio

**Abstract**— This article describes the development of a control system to monitor and display available space in parking spaces. The project is based on low-cost components in order to guarantee mass production. The system is divided in two main parts: the local module that displays free positions for the driver and a central module at the parking entrance that manages the number of available vacancies.

**Keywords**— microcontroller, electronic parking manager, PIC.

## I. INTRODUÇÃO

NA ÚLTIMA década, o Brasil conquistou uma certa estabilidade econômica refletindo em pontos como uma facilidade de crédito, redução de juros e maior poder de compra por parte da população.

Um dos setores que teve destaque neste cenário de crescimento econômico foi o automobilístico. Segundo a FENABRAVE (Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores) no ano de 2009 houve um aumento de 12,64% na venda de veículos leves e no ano de 2010 esse crescimento chegou à 7,32% [1]. O Brasil que ocupava em 2002 o 9º lugar mundial em automóveis comercializados alcançou o 5º lugar no ano de 2009 e ainda se mantém nesta posição, também segundo a FENABRAVE.

Este crescimento no setor automobilístico tem um reflexo visível no cotidiano dos brasileiros através do grande fluxo de veículos nas vias públicas e por sua vez uma dificuldade para estacionar esses carros em locais de grande movimentação como centros urbanos, shopping centers, supermercados, aeroportos, estádios de futebol e outros. As vagas para estacionar nestes locais estão cada vez mais disputadas e já deram origem a um novo setor comercial que explora este mercado, o de estacionamentos privados.

Dentro dos estacionamentos sempre cheios, localizar uma vaga para estacionar o carro, torna-se uma tarefa cada vez mais demorada. As maiorias dos estacionamentos não possuem um sistema eficiente de identificação das vagas disponíveis, ficando por conta dos motoristas circular durante vários minutos pelo estacionamento em busca de uma vaga.

Atualmente, existem algumas soluções para facilitar a identificação de vagas disponíveis e o gerenciamento dos

estacionamentos, a exemplo da solução da empresa Nortech, sediada na África do Sul, que oferece uma solução com painéis que indicam as vagas e sinalizadores nas vagas para facilitar a identificação [2]. Outro exemplo é a Engeltec, sediada no parque de empresas de base tecnológica da PUCRS (Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul), que fornece um sistema de automação com orientação de vagas disponíveis por painéis de LCD, identificação por LEDs e informações gerenciais através de relatórios [3].

Apesar da existência de algumas soluções para monitoramento e identificação de vagas em estacionamentos, observa-se a necessidade da popularização deste tipo de solução, a fim de levar ao grande público estes benefícios. Para isso é necessário criar uma solução barata e mais acessível a grande demanda de estacionamentos.

A proposta geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma solução barata, que possa detectar as vagas disponíveis e identificá-las facilmente aos motoristas. Deve também informar aos condutores, já na entrada do estacionamento em que regiões existem vagas disponíveis e a quantidade. Além disso, a proposta é o desenvolvimento de um sistema WEB com relatórios gerenciais sobre a utilização do estacionamento e ocupação das vagas.

Na próxima seção descrevem-se os objetivos do trabalho apresentado. Na seção III serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a montagem do protótipo. A seção IV irá apresentar os resultados obtidos com a realização do trabalho. Na seção V, serão apresentadas as propostas de trabalhos futuros. Por fim, na seção VI serão apresentadas as conclusões do trabalho.

## II. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é a elaboração do projeto de um sistema comercial, para solucionar o problema de identificação das vagas disponíveis, reduzir o tempo de busca por vagas, seguindo quatro preceitos básicos:

- Robustez
- Escalabilidade
- Segurança
- Baixo Custo

Estes preceitos básicos devem ser atendidos a fim de criar uma solução que seja viável tecnicamente e comercialmente.

O objetivo é desenvolver um protótipo que verifique a viabilidade da proposta, ou seja, uma solução eletrônica de baixo custo para a detecção, identificação e transmissão dos dados para a informação dos condutores.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema projetado para resolver o problema proposto foi idealizado sempre visando os quatro preceitos básicos

---

G. Gallindo, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, giovanni@techmobil.com.br

T. S. Silva, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, thiago@techmobil.com.br

F. M. Milian, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, felix\_mas\_milian@yahoo.com

M. Torres, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, mxtd2000@yahoo.com.br

P. Ambrósio, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, peambrosio@uesc.br

estabelecidos nos objetivos. Foi dividido em dois módulos, um central, que recebe os dados remotamente, chamado de módulo central e outro responsável pela identificação das vagas, chamado de local.

O esquema do módulo local, mostrado na Fig. 1, possui sensores para detectar a presença dos automóveis, que neste protótipo foram utilizados switches de pressão, em cada vaga e luzes indicativas para facilitar a visualização por parte dos motoristas dos carros que passam pelos corredores principais em busca de uma vaga disponível. Este módulo é controlado por um microcontrolador simples e barato, o PIC16F84A.

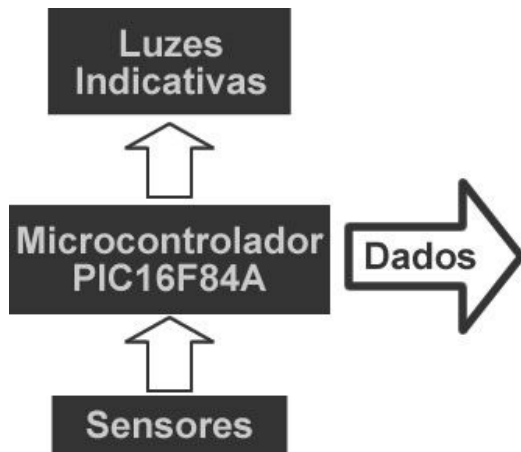


Figura 1. Esquema do módulo local que é instalado nos diferentes blocos do estacionamento.

O módulo central, mostrado na Fig. 2 deve ficar na entrada do estacionamento, recebendo os dados dos vários controladores locais que identificam as vagas em seus respectivos blocos. Este módulo central é responsável por receber os dados e exibir, em um display LCD, informações aos motoristas que entram no estacionamento sobre a disponibilidade de vagas em cada setor do estacionamento. Este também é controlado por um microcontrolador PIC16F84A.

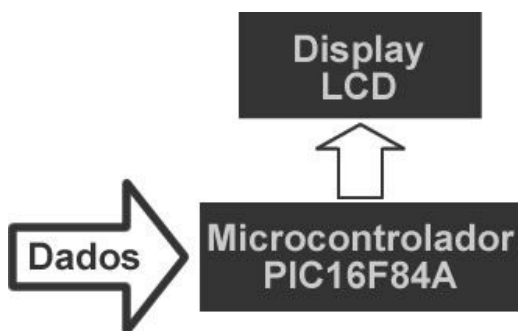


Figura 2. Esquema do módulo central.

Para a comunicação entre os módulos, como o projeto visa a utilização do sistema em grandes centros urbanos, locais onde a quantidade de equipamentos eletrônicos emissores de ondas eletro-magnéticas, decidiu-se então fazer a

comunicação entre o módulo local e o módulo central via cabo, utilizando o padrão de transmissão de dados serial, por conta da sua simplicidade e visando a redução de custo, já que neste caso é necessário utilizar apenas 1 pino do microcontrolador.

Para aumentar a capacidade de monitoramento do microcontrolador foi utilizado multiplexadores, reduzindo assim a quantidade de pinos necessários, reduzindo assim os custos.

Na elaboração do protótipo foram utilizados os seguintes materiais e componentes eletrônicos:

- 2 Microcontroladores PIC 16F84A
- 1 Multiplexador 74LS257
- 1 Display LCD de 20x2
- 2 Cristais de 15 Mhz
- 16 Resistores cerâmicos de 1KO
- 8 Leds
- 7 Chaves (Sensores)
- 2 Capacitores 22pF
- 1 Potenciômetro de 10KO
- 2 Protoboards
- 2 fontes de alimentação de 6 volts cada
- Placa de gravação de PIC.
- KitPic 2 Programmer da Microchip Technology Inc, para gravação do software no microcontrolador.
- Fios

O sistema proposto foi desenvolvido inicialmente no simulador Proteus que permite montar os circuitos assim como seus programas em assembly, podendo desta forma, testar o funcionamento do sistema.

A programação dos microcontroladores foi feita utilizando a ferramenta de compilação picbasic. Os sinais dos sensores foram substituídos por interruptores que representam os estados de presença ou não presença de carro na vaga.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figs. 3 e 4 são mostrados os circuitos, desenvolvidos no simulador Proteus, dos módulos local e central respectivamente. O módulo local utiliza um PIC16F84A onde 7 interruptores representam as vagas de um estacionamento. Um multiplexador 74LS257 de 8 para 4, que permite que estas 8 vagas possam ser introduzidas no PIC somente utilizando 4 pinos da porta A (A0 até A3), sobrando os 8 pinos da porta B para indicar as vagas disponíveis e a transmissão dos dados para o módulo central. A porta A4 é utilizada para multiplexar as entradas no 74LS257. A indicação de vagas disponíveis se faz utilizando a porta B como saída. Neste exemplo os indicadores em forma de LED foram conectados diretamente nos pinos. Como o pino B7 é utilizado para transmissão de dados via serial o número de vagas gerenciadas ficou em 7 lugares. Porém poderia ter sido utilizado um multiplexador de 4 para 8, controlado também pelo pino A4 que reduziria o número de saídas utilizadas restando 3 pinos livres no porto B. Com estes 3 pinos mais o pino A4 seria possível gerar 16 (24) combinações para multiplexores aumentando o número de

vagas gerenciadas por um único PIC local para 64 vagas (16 combinações x 4 entradas/saídas).

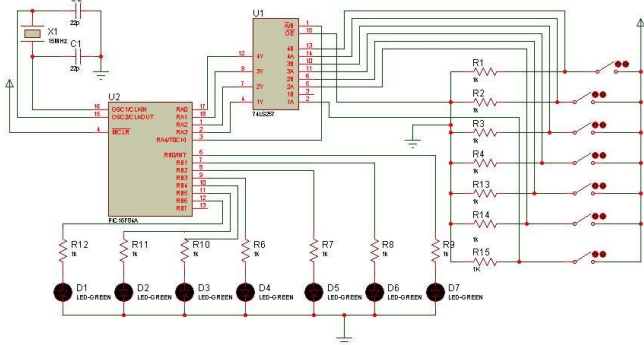


Figura 3. Circuito do módulo local.

O módulo central utiliza também um PIC 16F84. Um LCD de 16x2 é conectado na porta A e o pino B3. O pino B1 é conectado num LED que representa uma cancela eletrônica, ficando aberto sempre que existir vagas disponíveis no estacionamento. Os dados são recebidos via serial pelo pino B0, restando os pinos B2, B4, B5, B6 e B7 (5 pinos) que poderiam controlar multiplexadores para receber os dados de 25 (32) módulos locais. O sistema apresentado é o mais simples possível, porém adicionando multiplexadores seria possível gerenciar na máximo capacidade, até 2048 vagas (32x 64 por modulo local).

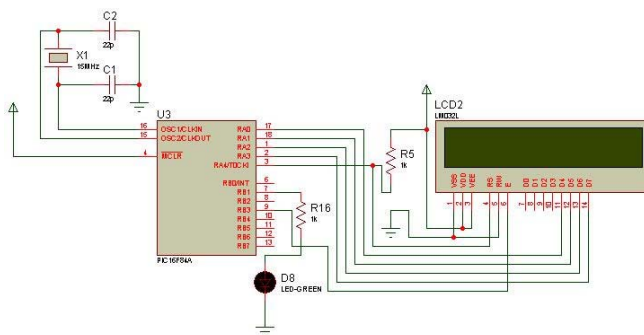


Figura 4. Circuito do modulo central.

O software embarcado em cada um dos módulos foi desenvolvido utilizando picbasic.

No software do módulo local, como a transmissão será serial, será enviado apenas 1 bit para informar sobre cada vaga disponível. Para isso é criada uma variável do tipo BYTE para armazenar o estado das vagas.

O pino A.4 é setado em 0 para selecionar as entradas do multiplexador. É feita a verificação de cada pino da porta A onde estão conectadas as chaves, então os respectivos LEDs, conectados na porta B são setados para 1.

Depois o pino A.4 é setado para 1 e é feita a verificação das demais chaves que estão ligadas no multiplexador. Abaixo trechos do código:

```
VAGAS VAR BYTE
LOW PORTA.4
if PORTA.0 == 0 then
```

```
    HIGH PORTB.0
    VAGAS.0 = 0
else
    LOW PORTB.0
    VAGAS.0 = 1
endif

HIGH PORTA.4
if PORTA.0 == 0 then
    HIGH PORTB.4
    VAGAS.4 = 0
else
    LOW PORTB.4
    VAGAS.4 = 1
endif
```

Ao final é utilizado um comando SEROUT para enviar através da porta B.7 a variável que armazena o estado das vagas. Abaixo o código de envio dos dados:

```
SEROUT PORTB.7, T9600, ["OKy", VAGAS]
```

O software embarcado no módulo central, inicialmente faz a configuração das portas que irão ativar o LCD. Após isso, através do comando SERIN recebe os dados enviados pelo módulo remoto e guarda em um array de bits. Cada bit deste array corresponde à uma vaga mapeada, com o seu estado, então são totalizados pelo programa. Abaixo um trecho do código:

```
DEFINE LCD_DREG PORTA
DEFINE LCD_DBIT 0
DEFINE LCD_RSREG PORTA
DEFINE LCD_RSBIT 4
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 3
DEFINE LCD_BITS 4
DEFINE LCD_LINES 2
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000
DEFINE LCD_DATAUS 50
```

```
SERIN PORTB.0, T9600, ["OKy"], VAGAS
VAGASA = 0
if VAGAS.0 == 0 then
    VAGASA = VAGASA + 1
endif
if VAGAS.1 == 0 then
    VAGASA = VAGASA + 1
endif
if VAGAS.2 == 0 then
    VAGASA = VAGASA + 1
endif
```

Após a totalização da quantidade de vagas disponíveis, é enviada a mensagem para o LCD através do comando LCDOUT. Abaixo um trecho do código do módulo central.

```
SELECT CASE VAGASA
CASE 0
    LCDOUT $FE, 1, "BLOCO A: LOTADO"
```

```

CASE 1
LCDOUT $FE, 1, "BLOCO A: 1 VAGA"
CASE 2
LCDOUT $FE, 1, "BLOCO A: 2 VAGAS"

CASE 7
LCDOUT $FE, 1, "BLOCO A: 7 VAGAS"
END SELECT

```

Na simulação do circuito no Proteus verificou-se o correto funcionamento e comunicação dos módulos. O módulo local mostrou nos indicadores (LED) se a vaga estava livre ou não, ao tempo que enviava simultaneamente seu estado via serial. Por outro lado o módulo central constantemente lê a entrada serial e atualiza o número de vagas disponíveis.

Após a construção dos circuito no Proteus e realização de testes simulados, foi montado o protótipo nas protoboards.

A montagem foi feita nas protoboards conforme o simulado no proteus. Na Fig. 5 pode ser vista a montagem do módulo local.

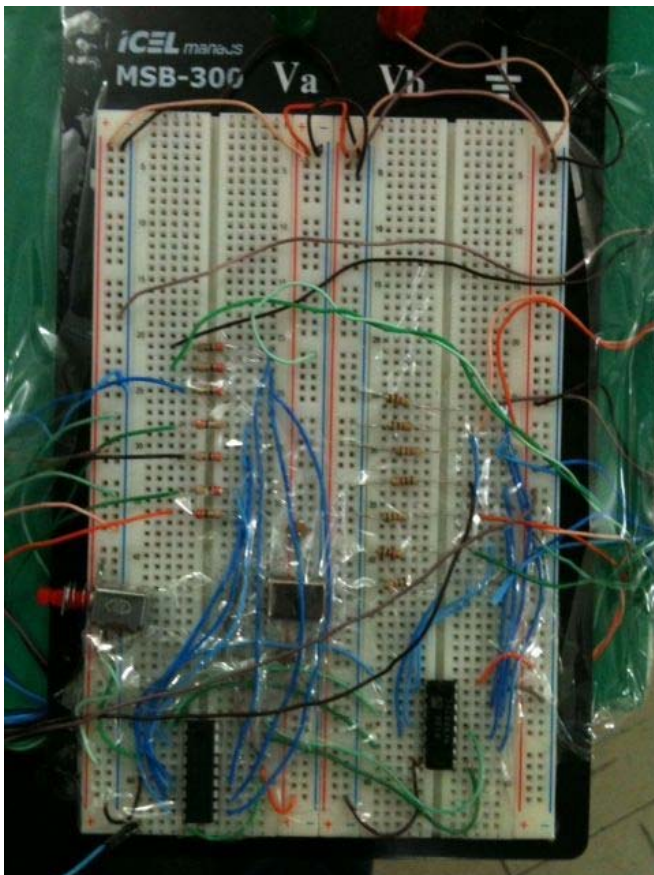


Figura 5. Vista superior do módulo local.

Deve-se observar cuidadosamente a montagem do circuito conforme as especificações corretas dos componentes, principalmente em relação ao clock do microcontrolador. Durante a simulação, não houve problemas em relação ao cristal utilizado, mas durante a montagem do circuito foi necessário utilizar os componentes do cristal e capacitores conforme especificado no datasheet do PIC16F84.

Na Fig. 6, pode ser vista a protoboard com a montagem do módulo central.

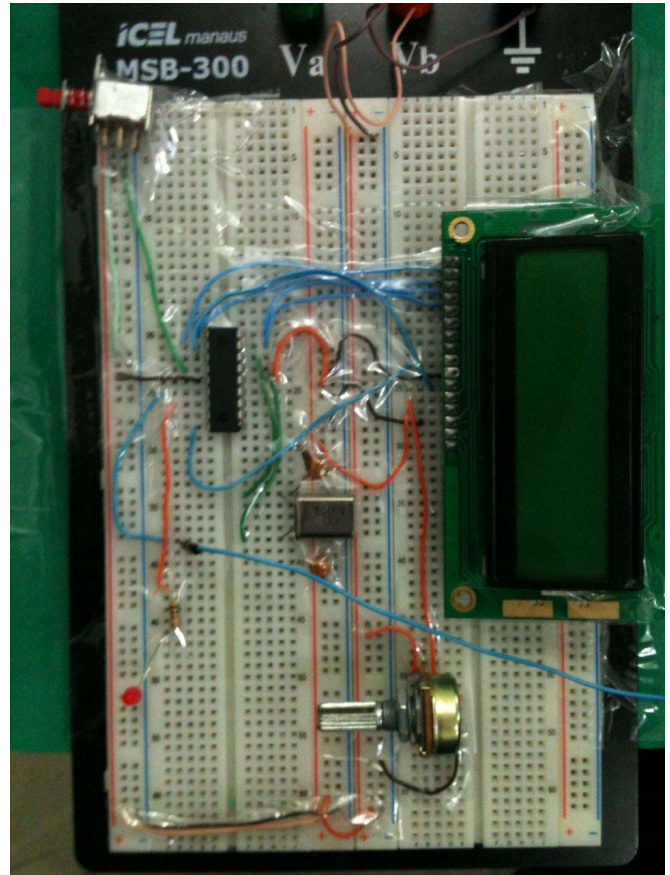


Figura 6. Vista superior do módulo central.

Na montagem do módulo central na protoboard, além da questão do clock para o PIC16F84, também foi identificado um ponto que não foi previsto durante a simulação, o contraste do LCD. Foi necessário acrescentar um potenciômetro ao pino 3 do LCD para controlar o contraste da tela e exibir a mensagem.

Para melhor visualizar a solução, foi montada uma maquete, simulando o uso de um estacionamento e a disposição dos elementos do projeto, LEDs de identificação, sensores, display e os módulos. Foi utilizada uma placa de isopor, cartolina, adesivos e carros de modelo, como mostrado nas Figs. 7 e 8.

## V. TRABALHOS FUTUROS

Visando levar esta solução para o mercado, faz necessário ampliar a quantidade de vagas atendidas por um mesmo módulo local. Para isto, poderão ser adicionados mais multiplexadores e sensores ao circuito. Pesquisar e implementar os sensores para a detecção confiável do automóvel na vaga. Aprimoramento do módulo central para a comunicação com um servidor de dados com informações sobre a utilização das vagas. Desenvolver um sistema WEB para a elaboração de relatórios gerenciais através das informações fornecidas pelos módulos centrais.



Figura 7. Maquete da implementação.

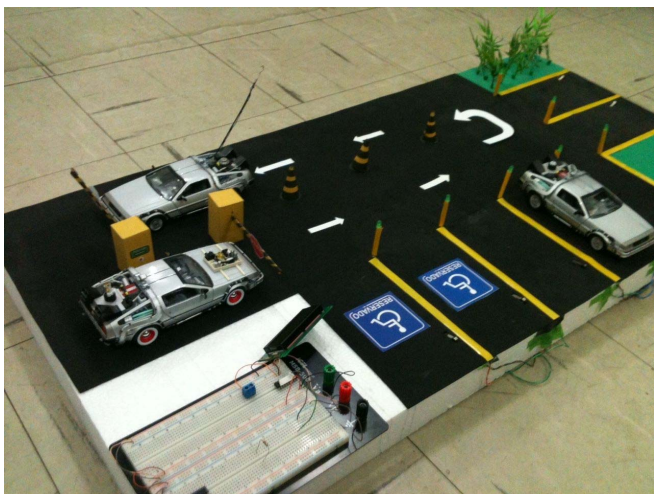


Figura 8. Vista superior da maquete.

## VI. CONCLUSÕES

Ao final do trabalho, os objetivos estabelecidos foram atingidos de forma satisfatória. Conseguimos obter uma solução que combina robustez, escalabilidade, segurança e baixo custo. A solução proposta e demonstrada através do protótipo se mostrou uma forma eficiente de solucionar o problema proposto.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério de Ciência e Tecnologia e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo apoio ao projeto através do Edital MCT/CNPq nº 11 /2007 - Extensão Inovadora 2007.

Agradecemos ao professor Dr. Félix Mas Milian por todo o apoio dado na realização do projeto. Aos nossos amigos e colegas de trabalho e familiares. Agradecemos ao Dr. César Alberto Bravo Pariente pela sua ajuda com a edição final do artigo.

## REFERÊNCIAS

- [1] FENABRAVE, ASSESSORIA ECONÔMICA INTERNA; Relatório Semestral da Distribuição de Veículos Automotores no Brasil. São Paulo, Semestral 2010.
- [2] NORTECH INTERNATIONAL. Acesso em: 13/07/2011: <http://www.nortech.co.za>.
- [3] ENGELTEC SOLUÇÕES DIGITAIS. Acesso em: 13/07/2011: <http://www.engeltec.com.br>.



**G. Gallido** Nasceu em Feira de Santana, Bahia, Brasil, aos 28 de março de 1983. Graduou-se em Ciência da Computação na Universidade Estadual de Santa Cruz, pós-graduando em Sistemas Embarcados para Aquisição de Dados Remotos na Universidade Estadual de Santa Cruz ingresso 2009. Seus interesses estão relacionados com desenvolvimento de sistemas comerciais, inovação e tecnologias móveis.



**T. Silva** Nasceu em Feira de Santana, Bahia, Brasil, aos 29 de março de 1983. Graduou-se em Ciência da Computação na Universidade Estadual de Santa Cruz em 2006, pós-graduando em Sistemas Embarcados para Aquisição de Dados Remotos na Universidade Estadual de Santa Cruz ingresso 2009. Seus interesses estão relacionados com desenvolvimento de sistemas web e sistemas embarcados.



**F. M. Milian**, nasceu em Havana, Cuba, o 23 de novembro de 1977. Graduou-se em Licenciado em Física Nuclear no Instituto Superior de Ciências y Tecnología Nucleares (ISCTN) Cuba em 2001, Mestre em Física Nuclear com ênfase em Instrumentação Nuclear na mesma instituição em 2002, e Doutor em Física na Universidade de São Paulo em 2006. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professor desde 2008. Seus interesses estão relacionados com sistemas embarcados e simulação computacional de fenômenos físicos.



**M. Torres** Nasceu em Cali, Colômbia, aos 18 de Abril de 1968. Graduou-se em Engenharia Elétrica na Universidad Del Valle em 1991, Mestre em Sistemas Eletrônicos na Universidade de São Paulo em 1994 e Doutor em Sistemas Eletrônicos na Universidade de São Paulo em 1999. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professora desde 2004 e coordena o Programa de Pós-Graduação em Sistemas Embarcados. Seus interesses estão relacionados com sistemas embarcados, computação de alto desempenho e bioinformática.



**P. E. Ambrósio** Nasceu em Franca, SP. Graduado em Processamento de Dados pela Unifran em 1989, e Licenciado em Física pela Universidade de Franca em 1999. Mestre em Física Aplicada à Medicina e Biologia pela Universidade de São Paulo em 2002 e Doutor em Ciências Médicas pela Universidade de São Paulo em 2007. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professor desde 2008 e é Coordenador Adjunto do Núcleo de Educação a Distância. Seus interesses estão relacionados a Informática Biomédica, Reconhecimento de Padrões e Computação Bioinspirada.