BRUNO ENGELBERT

CONTROLE E AUTOMAÇÃO COM TECNOLOGIA GSM

**FLORIANÓPOLIS, 2010**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELETRÔNICOS

CONTROLE E AUTOMAÇÃO COM TECNOLOGIA GSM

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas Eletrônicos.  
Professor Orientador: Charles Borges de Lima Dr.Eng.

BRUNO ENGELBERT

**FLORIANÓPOLIS, 2010**

CONTROLE E AUTOMAÇÃO COM TECNOLOGIA GSM

**BRUNO ENGELBERT**

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas Eletrônicos e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Charles Borges de Lima, Dr.Eng.  
Professor Técnico

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Marco Antonio Q. Pessoa, M.Sc  
Orientador de Metodologia

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Xxxxx, X.Xx  
Coordenador do Curso

Banca examinadora:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Xxxxx, X.Xx

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Xxxxx, X.Xx

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
Professor Xxxxx, X.X

Dedico este trabalha à

**AGRADECIMENTOS**

***o fracasso é a mãe do sucesso***

***Provérbio Chinês***

# RESUMO

Hoje em dia bilhões de pessoas no mundo usufruem da família de tecnologias *Global System for Mobile communications* (GSM) e a mais popular é a própria GSM, com participação de mercado acima de 89%. Dentro de suas principais características temos a segurança, que inclui proteção contra escutas e *hackers,* e cartões SIM (*Subscriber Identity Module*) que permite a transferência rápida de configurações de um terminal para outros, além de uma identificação única para cada cartão. Por essas razões, a proposta deste trabalho é implementar um sistema de controle de acesso e automação residencial/empresarial utilizando o próprio celular do usuário como interface, e as bases tecnológicas apresentadas serão os protocolos GSM, TCP/IP e SIP.

**Palavras-chave:** GSM, SIP, TCP/IP, Segurança.

# ABSTRACT

Hoje em dia bilhões de pessoas no mundo usufruem da família de tecnologias *Global System for Mobile communications* (GSM) e a mais popular é a própria GSM, com participação de mercado acima de 89%. Dentro de suas principais características temos a segurança, que inclui proteção contra escutas e *hackers,* e cartões SIM (*Subscriber Identity Module*) que permite a transferência rápida de configurações de um terminal para outros, além de uma identificação única para cada cartão. Por essas razões, a proposta deste trabalho é implementar um sistema de controle de acesso e automação residencial/empresarial utilizando o próprio celular do usuário como interface, e as bases tecnológicas apresentadas serão os protocolos GSM, TCP/IP e SIP.

**Palavras-chave:** GSM, SIP, TCP/IP, Segurança.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

[Figura 1 - Arquitetura da rede GSM. 16](#_Toc277165109)

[Figura 2 - Equipamento móvel personalizado com o SIM. 17](#_Toc277165110)

[Figura 3 - IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) 18](#_Toc277165111)

[Figura 4 - Canais de um sistema FDMA. 20](#_Toc277165112)

[Figura 5 - Canais TDMA em múltiplas frequências. 20](#_Toc277165113)

[Figura 6 - Classificação dos canais lógicos do GSM. 21](#_Toc277165114)

[Figura 7 - Sinalização para conexão de uma chamada entrante. 24](#_Toc277165115)

[Figura 8 - Diagrama de blocos do NGCell 26](#_Toc277165116)

[Figura 9 - Diagrama de blocos do projeto. 27](#_Toc277165117)

# LISTA DE TABELAS

[Tabela 1 - Histórico da evolução do GSM. 13](#_Toc276719836)

# LISTA DE ABREVIAÇÕES

BSS – *Base Station System*

GSM – *Global System for Mobile Communication*

MS – *Mobile Station*

SUMÁRIO

[RESUMO vii](#_Toc277165162)

[ABSTRACT viii](#_Toc277165163)

[LISTA DE ILUSTRAÇÕES ix](#_Toc277165164)

[LISTA DE TABELAS x](#_Toc277165165)

[LISTA DE ABREVIAÇÕES xi](#_Toc277165166)

[1. INTRODUÇÃO 13](#_Toc277165167)

[1.1. Justificativa 13](#_Toc277165168)

[1.2. Definição do problema 13](#_Toc277165169)

[1.3. Objetivos 13](#_Toc277165170)

[1.3.1. Objetivo geral 14](#_Toc277165171)

[1.3.2. Objetivos específicos 14](#_Toc277165172)

[2. REVISÃO DE LITERATURA 15](#_Toc277165173)

[2.1. Rede GSM 15](#_Toc277165174)

[2.1.1. Acesso múltiplo 16](#_Toc277165175)

[2.1.2. Arquitetura da rede GSM 16](#_Toc277165176)

[2.1.3. A interface de rádio GSM 19](#_Toc277165177)

[2.2. Asterisk 25](#_Toc277165178)

[3. NGCELL 26](#_Toc277165179)

[3.1. Diagrama de blocos 26](#_Toc277165180)

[4. METODOLOGIA 27](#_Toc277165181)

[4.1. Diagrama de blocos 27](#_Toc277165182)

[4.2. Funcionamento do sistema 27](#_Toc277165183)

[5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 28](#_Toc277165184)

[6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 29](#_Toc277165185)

[7. REFERÊNCIAS 30](#_Toc277165186)

# INTRODUÇÃO

A tecnologia móvel GSM, que hoje é muito difundida ao redor do mundo, é o padrão digital, de segunda geração, mais popular para telefones celulares. Tendo em vista a difusão do padrão GSM, é conveniente a implementação de sistemas que utilizem essa tecnologia. E esse trabalho faz o seu uso no ambiente de automação residencial, integrando hardware e software específicos.

O presente projeto tem como objetivo programar um sistema capaz de automatizar ambientes, utilizando o celular como interface de interação com o usuário.

Outra característica do sistema proposto é ser todo baseado em *software* livre, fazendo com que o custo do sistema fique bem abaixo dos desenvolvidos com os *softwares* proprietários.

## Justificativa

O telefone celular, que já incorporou funções como: tocador MP3, rádio FM, TV, câmera digital entre outras, é o símbolo da convergência digital e a grande vantagem deste projeto é do usuário utilizar o próprio aparelho celular para navegar nas opções de acesso ao sistema, podendo controlar qualquer aparelho com todo o conforto, comodidade e segurança ao alcance das próprias mãos.

## Definição do problema

No Brasil, devido a maior parte da população possuir uma renda abaixo da média, fica muito difícil adquirir um sistema de automação residencial, restringindo esse sistema a uma minoria com maior poder aquisitivo. Os custos de implantação ficam entre R$ 1 mil até R$ 200 mil, dependendo do volume de aparelhos controlados. Com isso, o problema principal é conseguir desenvolver um sistema capaz de suprir as necessidades do usuário, em termos de automação, comodidade e segurança, com um custo razoável.

## Objetivos

### Objetivo geral

O projeto propõe a implementação de um sistema que fará a automação de dispositivos eletrônicos residenciais/empresariais a partir de uma chamada de áudio que o usuário estabelecerá, do próprio celular, para uma central, buscando sempre a segurança no acesso ao sistema e também facilidade na sua utilização.

### Objetivos específicos

* Analisar o funcionamento da rede GSM.
* Analisar o funcionamento do protocolo SIP.
* Desenvolver *firmware* dos sistemas embarcados.
* Desenvolver *software* da central.
* Integrar os sistemas

# CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

## DIGITRO: TECNOLOGIA – TI – TELECOM

A Dígitro é uma empresa com mais de 30 anos de mercado no setor de telecomunicações que se destacou com a criação do sistema Teledespertador e a plataforma de Comunicação CT (*Computer & Telephony*), que integra telefone e computador em uma só máquina. Seu portfólio de soluções também agrega aplicações de inteligência corporativa e investigativa, serviços de infraestrutura e TI. Sua base de clientes vai desde empresas privadas e operadoras de telefonia, até instituições e órgãos governamentais, incluindo agências de Segurança Pública às quais a Dígitro fornece o Sistema Guardião, peça chave de maior utilização no combate ao crime organizado. Presente em todo o Brasil e em 11 países da América Latina e África, a Dígitro tem qualidade reconhecida pelas certificações ISO 9001 e a TL 9000, norma específica para o mercado de telecomunicações. Além disso, tem sua sede construída em um edifício 100% sustentável, e é patrocinadora única do Educando com Música, projeto social que leva à comunidade rural da Grande Florianópolis uma educação musical de qualidade.

# REVISÃO DE LITERATURA

## Rede GSM

O padrão GSM começou a ser desenvolvido no início da década de 80 pelo grupo *Groupe Spécial Móbile* do CEPT (*Conférence Européenne dês Administrations des Postes ET des Télécommunications*)e teve seu lançamento no mercado europeu em 1991. Inicialmente o acrônimo GSM foi derivado do próprio nome do grupo e depois, com a rápida globalização da rede, o nome foi reinterpretado para *Global System for Mobile Communication* (EBERSPÄCHER, VÖGEL, *et al.*, 2009)*.*

A Tabela 1 abaixo apresenta um pouco do histórico do padrão GSM.

Tabela - Histórico da evolução do GSM.

|  |  |
| --- | --- |
| **Ano** | **Evento** |
| 1982 | *Groupe Spécial Móbile* estabelecido pela CEPT. |
| 1988 | Conclusão do primeiro conjunto de especificações detalhadas para infra-estrutura GSM. |
| 1991 | Primeira chamada GSM feita por Radiolinja na Finlândia. |
| 1992 | Primeiro SMS enviado. |
| 1994 | Um milhão de assinantes GSM atingidos. |
| 1995 | 117 redes GSM no ar.  Número de assinantes GSM no mundo excedeu 10 milhões. |
| 1997 | Primeiro celular *tri-band* lançado. |
| 1998 | Número de assinantes GSM no mundo passou dos 100 milhões. |
| 2000 | Primeiro serviço comercial GPRS lançado. Primeiro celular com GPRS lançado no mercado.  Cinco bilhões de SMS enviados em um mês. |
| 2001 | Primeira rede W-CDMA (3G) em funcionamento. Mais de 500 milhões de assinantes GSM. |
| 2003 | Primeira rede EDGE em funcionamento. |
| 2008 | GSM ultrapassa três bilhões de clientes. |

Fonte: .

### Acesso múltiplo

### Arquitetura da rede GSM

A arquitetura básica de uma rede GSM é apresentada na Figura 1 e os componentes são:

* Estação Móvel *(Mobile Station – MS).*
* Sistema de Estação Base *(Base Station System – BSS).*
* Sistema de Comutação de Rede *(Network Switching System – NSS).*
* Sistema de Operação e Manutenção *(Operation and Maintenance – OMS).*



Figura - Arquitetura da rede GSM.

Fonte:

#### Estação Móvel (MS)

A MS é composta por duas entidades funcionais distintas ilustradas na Figura 2: o módulo de identidade do assinante *(Subscriber Identity Module – SIM)* e o equipamento móvel *(Mobile Equipment – ME)*, que é o próprio telefone móvel sem o SIM.



Figura - Equipamento móvel personalizado com o SIM.

Fonte:

O SIM é um pequeno cartão removível que possui uma área de memória não volátil usada para armazenar informações específicas de um assinante. Cada SIM possui uma identidade única chamada de IMSI *(International Mobile Subscriber Identity)*. Esse número é usado para identificar cada assinante dentro da rede GSM.

O IMSI, Figura 3, é um código composto de quinze dígitos: três para identificar o código do país *(Mobile Country Code - MCC)*; três para identificar a rede *(Mobile Network Code – MNC)*; e nove dígitos contendo a identificação do MS.



Figura - IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*)

Fonte:

#### Sistema de Estação Base (BSS)

O BSS é responsável pela comunicação entre o MS e o sistema de comutação da rede *(Mobile Switching Center – MSC)* e é subdividido em:

* Estação Base Transceptora *(Base Transceiver Station – BTS)*.
* Estação Base Controladora *(Base Station Controller – BSC)*.

##### Estação Base Transceptora (BTS)

A BTS é responsável pela transmissão e recepção relacionada à interface de rádio GSM e seus elementos básicos são:

* *Hardware* de rádio freqüência.
* Antenas.

##### Estação Base Controladora (BSC)

A BSC é o componente da rede GSM responsável pela gerência da interface de rádio, como a alocar canais de rádio para o MS, determinar quando um *handover é* necessário*,* entre outros.

##### Sistema de Comutação de Rede (NSS).

Adicionar texto

##### Sistema de Operação e Manutenção (OMS)

Adicionar texto

### A interface de rádio GSM

A interface de rádio é a camada física do GSM que fornece os meios pelo qual o MS comunica com a BTS de uma rede dentro de uma área de cobertura. Os canais físicos são definidos aqui por um esquema de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo *(Time Division Multiply Access – TDMA).*

#### Acesso múltiplo

GSM utiliza uma combinação de Múltiplo Acesso por Divisão de Frequência (*Frequency Division Multiple Access – FDMA*) e Múltiplo Acesso por Divisão de Tempo (*Time Division Multiple Access – TDMA*), resultando em uma estrutura de canal bi-dimensional. Em sistemas que só utilizam FDMA, Figura 4, uma única freqüência é alocada para cada usuário durante uma chamada, com isso, rapidamente o sistema era sobrecarregado devido à alta demanda de usuários. Então foi incluído no sistema o esquema de acesso bi-dimensional, onde cada freqüência foi dividida em oito *time slots* (TSs).



Figura - Canais de um sistema FDMA.

Fonte:

Em outras palavras, nos sistemas TDMA, cada usuário envia um sinal pulsante periodicamente, Figura 5, enquanto os usuários do sistema FDMA enviam um sinal constante.



Figura - Canais TDMA em múltiplas frequências.

Fonte:

#### Canais Lógicos

O GSM define uma série de canais lógicos que estão divididos em dois grupos como mostra a Figura 4:

* Canais de tráfego (*Traffic Channels – TCH*).
* Canais de sinalização ou controle (*Control Channels – CCH*).



Figura - Classificação dos canais lógicos do GSM.

Fonte:

Os TCHs são usados para a transmissão de dados e voz e podem trabalhar tanto no modo *full-rate* (TCH/F), com taxa de transferência de 13 kbps, quanto no modo *half-rate* (TCH/H), com taxa de transferência de 5.6 kbps.

Os CCHs são usados para controlar e gerenciar todas as sinalizações entre o MS e a BTS e divide-se em:

* Canal de *Broadcast* (*Broadcast Channel – BCH*).
* Canal de Controle Comum (*Common Control Channel – CCCH*).
* Canal de Controle Dedicado (*Dedicated Control Channel - DCCH*).

O BCH é um conjunto de três canais unidirecionais usados pela BSS para enviar a mesma informação para todos os MSs na célula, esses canais são:

* Canal de Controle de *Broadcast* (*Broadcast Control Channel – BCCH*): Neste canal uma série de elementos sobre a rede é enviado, tal como sua própria organização e as configurações dos canais de rádio.
* Canal de Correção de Frequência (*Frequency Correction Channel – FCCH*): Informa a correção de frequência.
* Canal de Sincronização (*Synchronization Channel – SCH*): Informa a identificação de uma BTS e o número do frame TDMA.

O CCCH é um canal de sinalização ponto à multiponto que lida com funções de controle de acesso. Isso inclui a atribuição dos canais dedicados e o *paging* para localizar um MS. Ele é composto por:

* Canal de Acesso Randômico (Random Access Channel – RACCH): Usado pelo MS para requisitar um canal dedicado.
* Canal de Concessão de Acesso (*Access Grant Channel – AGCH*): É usado para atribuir um SDCCH ou um TCH para o MS.
* Canal de *Paging* (*Paging Channel – PCH*): É um canal de enlace direto usado para buscar um móvel para a entrega de um serviço.
* Canal de Notificação (*Notification Channel – NCH*): Usado para informar os MSs de chamadas *broadcast*.

O último tipo de canal de sinalização, o DCCH, é um canal bidirecional ponto a ponto composto por.

* Canal de Controle Autônomo Dedicado (*Stand-alone Dedicated Control Channel – SDCCH*): É usado para a sinalização entre o MS e a BSS quando não há conexão ativa. O SDCCH é requisitado pelo MS via RACH e atribuído via AGCH. Depois de completar a troca de sinais, o SDCCH é liberado e pode ser atribuído para outro móvel.
* Canal de Controle Associado Lento (*Slow Associated Control Channel – SACCH*): É sempre atribuído e usado com um TCH ou um SDCCH e fornece informações para aperfeiçoar as operações de rádio.
* Canal de Controle Associado Rápido (*Fast Associated Control Channel – FACCH*): Transmite uma sinalização de dados, durante uma conexão, multiplexando um TCH.

A Figura 5 exemplifica a configuração de uma conexão para uma chamada entrante na interface aérea. O móvel é chamado pelo BSS através do PCH e requisita um canal de sinalização via RACH. Ele obtém o SDCCH através da mensagem de atribuição imediata (*IMMEDIATE ASSIGNMENT*) no AGCH. Então segue a autenticação, a inicialização da criptografia e a configuração sobre o SDCCH. Depois, um comando de atribuição (*ASSIGNMENT COMMAND*) aloca um canal de tráfego para o móvel e que responde confirmando essa alocação.



Figura - Sinalização para conexão de uma chamada entrante.

Fonte:

#### Canais físicos

Os canais físicos transportam os canais lógicos na interface aérea.

#### Modulação GSM

O esquema de modulação usado no GSM é o Chaveamento por Deslocamento Mínimo Gaussiano *(Gaussian Minimum Shift Keying – GMSK)* que é baseado em um esquema de modulação conhecido como *Minimum Shift Keying (MSK)* no qual a amplitude da portadora permanece constante e a informação é transportada na variação da fase.

## Asterisk

# NGCELL

## Diagrama de blocos

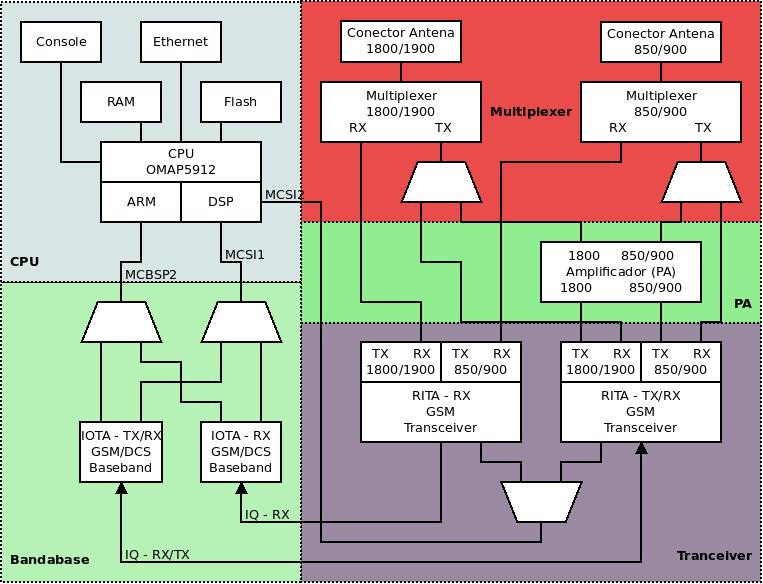


Figura - Diagrama de blocos do NGCell

Fonte: Digitro – Inteligência – TI - Telecom

# METODOLOGIA

## Diagrama de blocos

A Figura 5 ilustra o diagrama de blocos do projeto.

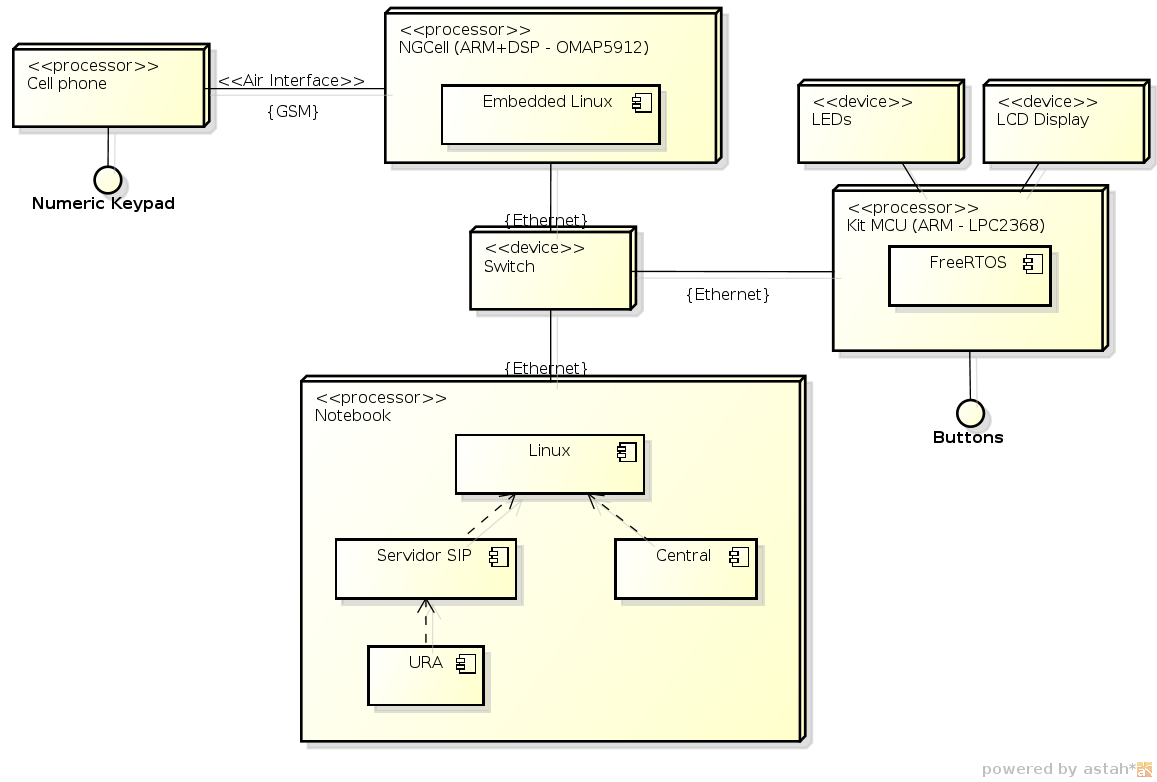


Figura - Diagrama de blocos do projeto.

## Funcionamento do sistema

# APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

# REFERÊNCIAS

4G AMERICAS. **Site da 4G Americas**, 2010. Disponivel em: <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=326>. Acesso em: 28 out. 2010.

EBERSPÄCHER, J. E. et al. **GSM – Architecture, Protocols and Services**. 3ª Edição. ed. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2009.

HEINE, G. H. **GSM Networks:** Protocols, Terminology and Implementation. [S.l.]: Artech House, 1999.

KIOSKEA. **Site da Kioskea.net**, 2010. Disponivel em: <http://pt.kioskea.net/contents/telephonie-mobile/gsm.php3>. Acesso em: 28 out. 2010.

KYN D´ÁVILA, C. K. **Site da CEDET**, 2009. Disponivel em: <http://www.cedet.com.br>. Acesso em: 10 nov. 2010.

MEHROTRA, A. M. **GSM System Engineering**. Boston, London: Artech House, Inc., 1997.

PEDÓ PIROTTI, R. P.; ZUCCOLOTTO, M. Z. Transmissão de dados através de telefonia celular: arquitetura das redes GSM e GPRS. **Revista Liberato**, p. 81-89, 2009.

SOUZA DI ROCHA, N. S. **Wireless Brasil**, 2003. Disponivel em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/naiade/gsm.html>. Acesso em: Outubro 2010.

STEELE, R. S.; LEE, C.-C. L.; GOULD, P. G. **GSM, cdmaOne and 3G Systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltd, 2001.

WELTE, H. W. **Anatomy of contemporary GSM cellphone hardware**. [S.l.]. 2010.