



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -XVI**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**TECNOLOGIAS 4G E DISPOSITIVOS M2M PARA APLICAÇÕES DE SUPERVISÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE REDES ELÉTRICAS**

**Marcos Guimarães Castello Branco (\*)  
Nelson Mincov**

**Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira  
Edson Bonon**

**Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações**

**RESUMO**

Este artigo descreve as principais características dos novos sistemas de comunicação sem fio das gerações 3,5G e 4G incluindo as tecnologias HSPA, LTE e WiMAX, empregadas em redes de comunicação de médias e longas distâncias, assim como as novas aplicações das tecnologias de última milha tais como ZigBee e Wi-Fi operando ou não em modo Mesh, aplicáveis em módulos de comunicação M2M (*Machine-to-Machine*). Tais módulos permitem a inserção em máquinas e equipamentos tornando-os capazes de se comunicar em redes híbridas multiserviço, abrangendo ambientes industriais e automação de processos de produção e operação, como os encontrados nas concessionárias de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE**

Tecnologias 4G, M2M, Controle, Supervisão, Automação de Redes

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As redes de transmissão e distribuição de energia elétrica vêm progressivamente demandando recursos de telecomunicações capazes de supervisionar, controlar e automatizar os processos operacionais e os serviços providos pelas concessionárias sejam nas subestações, nos sistemas de despacho, nos alimentadores como nos dispositivos elétricos das linhas.

A falta de padronização e a diversidade de equipamentos e configurações das redes elétricas vinham dificultando a adoção de interfaces e equipamentos de comunicação que permitissem a interoperabilidade em rede para a troca de dados do sistema de forma confiável, rápida e segura.

Mais recentemente, a partir da padronização mundial das redes de proteção digital de subestações e dos movimentos para a concepção de redes elétricas inteligentes ("*Smart Grid*"), os fornecedores de dispositivos para a rede elétrica vêm incorporando componentes eletrônicos internos capazes de armazenar e organizar os dados de entrada e saída destes equipamentos preparando-os para os sistemas de transmissão e recepção e para o amplo funcionamento nestes novos ambientes de rede. Ao mesmo tempo, os sistemas de telecomunicações mais avançados vêm trazendo novas alternativas tecnológicas de comunicação com e sem fio, complementando o cenário para a implantação ampla das novas aplicações em rede.

Na seção 2 são apresentados aspectos de mercado que podem influenciar o crescimento das redes M2M.

Na seção 3 são tratados os aspectos de eficiência energética e meio ambiente que vem balizando os desenvolvimentos deste tipo de rede e seus dispositivos associados.

Na seção 4 as redes M2M são analisadas sob o quesito de capacidade.

(\*) Rodovia Campinas Mogi-Mirim, km 118,5 – Prédio 11 – CEP 13.086-902 Campinas, SP – Brasil  
Tel: (+55 19) 3705-6543 – Fax: (+55 19) 3705-6125 – Email: castello@cpqd.com.br

Já na seção 5 são tratados os aspectos de cobertura e alcance deste tipo de rede.

Os aspectos regulatórios e de canalização são abordados na seção 6. Tais aspectos envolvem as licenças para operação destes novos sistemas sem fio no Brasil e são propostas algumas alternativas para o seu melhor aproveitamento pelas concessionárias de energia.

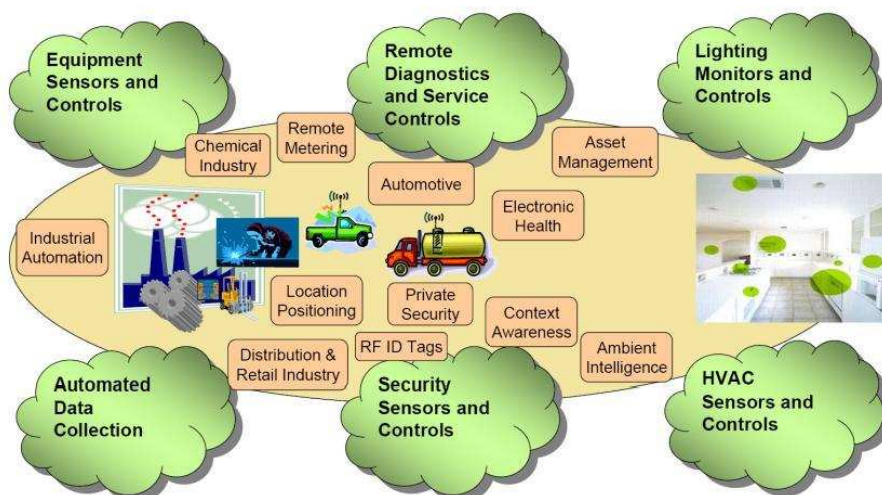
Ao longo de todas as seções anteriores, e consolidadas na seção 7, são descritas e tratadas as principais características técnicas típicas e aplicações dos principais sistemas de comunicação sem fio ponto-multiponto. Tais sistemas englobam as tecnologias HSPA (*High Speed Packet Access*), LTE (*Long Term Evolution*) e WiMAX, empregadas em médias e longas distâncias, assim como as novas aplicações das tecnologias de última milha tais como o ZigBee IEEE 802.15.4, *Bluetooth* e o Wi-Fi, operando ou não em modo Mesh. Tais sistemas são aplicáveis nos desenvolvimentos de módulos de comunicação M2M (*Machine-to-Machine*) cuja principal finalidade é permitir sua inserção em máquinas e equipamentos tornando-os capazes de se comunicar como elementos versáteis e de baixo custo de modernas redes híbridas de comunicações multiserviço para diferentes aplicações, abrangendo ambientes industriais e automação de processos de produção e operação, dentre eles, as plantas das concessionárias de energia elétrica.

As conclusões são apresentadas na seção 8.

## 2.0 - ASPECTOS DE MERCADO DAS REDES M2M

A evolução das redes de telecomunicações de nova geração, especialmente por tecnologias sem fio, vem impulsionando o surgimento de um novo conceito de comunicação máquina-máquina (M2M) por redes de alta velocidade e capilaridade. Tais redes permitem aplicações totalmente novas e seguras que englobam supervisão, automação, proteção, gerenciamento e outras funcionalidades que liberam os usuários finais humanos de tarefas complexas e de grande grau de responsabilidade. Tais aplicações só se tornam possíveis caso as comunicações M2M possam ser classificadas como seguras, suficientemente rápidas e com a vazão necessária para o transporte das informações associadas a cada processo a que destina a referida rede.

Segundo o WWRF (*World Wireless Research Forum*) [1], até 2017 existirão cerca de 7 trilhões de dispositivos wireless para 7 bilhões de pessoas. Este tipo de projeção motiva a análise aprofundada das características das redes sem fio para que possam tratar o volume crescente da comunicação M2M e da massa de dados associada a estes novos dispositivos. A Figura 1 ilustra a diversidade de cenários e aplicações possíveis numa rede M2M [2].



Fonte: TUD (Technische Universität Dresden)

FIGURA 1 – Cenários e aplicações M2M

No mercado de energia elétrica, os processos de geração, transmissão e distribuição possuem requisitos diversos, porém, com algumas características comuns que, em geral englobam segurança, integridade dos dados e resiliência da rede diante de faltas. Neste sentido, as novas tecnologias sem fio incorporadas em dispositivos M2M prometem alcançar tais requisitos aproximando-se, progressivamente, desde os mais rigorosos requisitos de velocidade até a máxima qualidade da troca de informações em rede.

Além disto, o volume de produção de terminais de acesso sem fio em dispositivos embutidos, como o caso dos terminais M2M, é crescente como ilustra a Figura 2 para o cenário da nova tecnologia 4G / LTE (*Long Term*

Evolution).

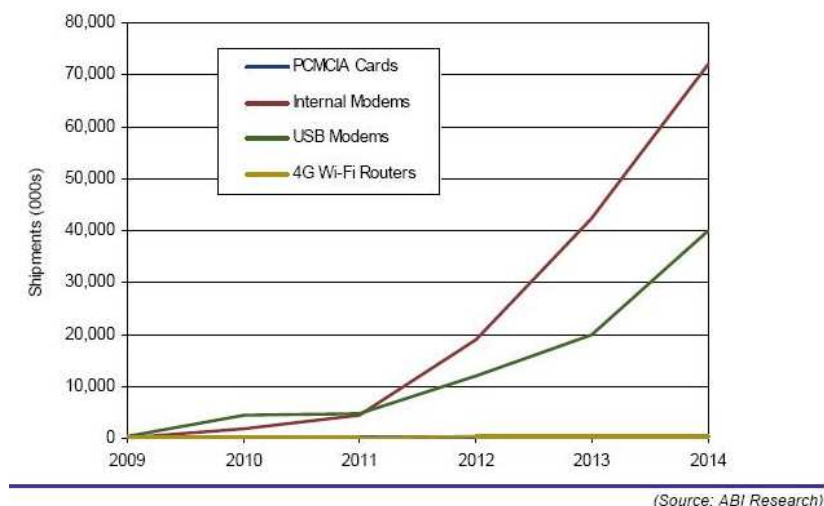


FIGURA 2 – Projeções de vendas mundiais por tipo de dispositivo LTE

Outro ponto importante que privilegia este tipo de dispositivo é seu mais baixo consumo de energia, comparado a redes de menor capilaridade e maiores raios de cobertura. A tendência pela massificação deste tipo de dispositivo leva a um alto volume de produção, baixo custo e consequente alta densidade de utilização, permitindo que máquinas de diferentes naturezas e funcionalidades possam empregar dispositivos de comunicação baseados numa mesma tecnologia. Tal massificação permitirá, portanto, a mudança de paradigma das antigas macro-células com dezenas de quilômetros de cobertura, originalmente empregadas pelas primeiras redes celulares, para as pico e *femto* células com raios de cobertura bastante reduzidos chegando até a coberturas apenas em ambientes *indoor*. Nesta nova arquitetura de rede, as rádio-bases denominadas e-Node-Bs, no caso do LTE, deverão ser implantadas em quantidade muitas vezes maior que no caso das antigas rádio-bases de celular ou rádios P-MP, sendo construídas em equipamentos de tamanho e consumo reduzidos permitindo implantações com menor impacto ambiental, visual e energético.

Tecnologias sem fio antes empregadas apenas em aplicações domésticas com requisitos menos profissionais como o ZigBee hoje incorporam novos recursos e se destacam como importantes alternativas para redes de automação de medição de última milha especialmente por seu baixo consumo de energia por elemento de rede, sem abrir mão de recursos de coordenação e gerenciamento centralizados e configurações versáteis de duração e periodicidade de transmissão de dados em redes PAN (*Personal Area Network*) e NAN (*Neighborhood Area Network*).

Segundo as principais operadoras de celular, as tendências de uso das redes 3G e 4G é para prover capacidade para transmissões de dados, preferencialmente à voz, que na maior parte delas permanecerá sendo trafegada nas redes GSM (2,5G). Isto aponta para a mesma tendência de crescimento de dispositivos se comunicando entre si em rede em complemento aos terminais *handset* que têm a principal função prover comunicação de voz e dados ao assinante. Estes novos dispositivos pertencerão ao mesmo usuário, porém realizarão novas funções voltadas à automação de processos do dia-a-dia do usuário em seu domicílio ou local de trabalho, a exemplo de transações automáticas, validação de tickets, identificação sem fio, impressão remota, etc.

Tais mecanismos liberam o usuário de realizar certas funções manualmente, porém apontam para a necessidade de segurança e qualidade de serviços nas novas tecnologias de redes sem fio.

O crescimento das aplicações M2M através de operadoras de celular no Brasil, mesmo nas redes 3G e 4G ainda depende de uma reversão na política tarifária aplicada pelas mesmas no país comparado a outros países, como mostra a Figura 3. Caso isto não ocorra tais aplicações poderão depender de redes próprias implantadas pelas corporações privadas usuárias do serviço como, por exemplo, as novas redes Smart-Grid em implantação pelas concessionárias de distribuição de energia no Brasil.

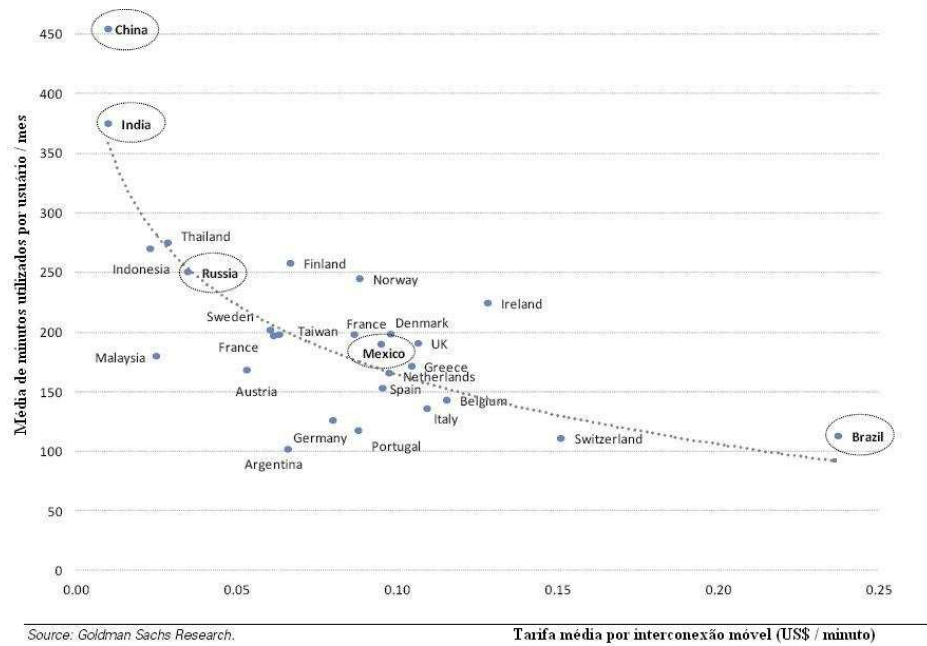
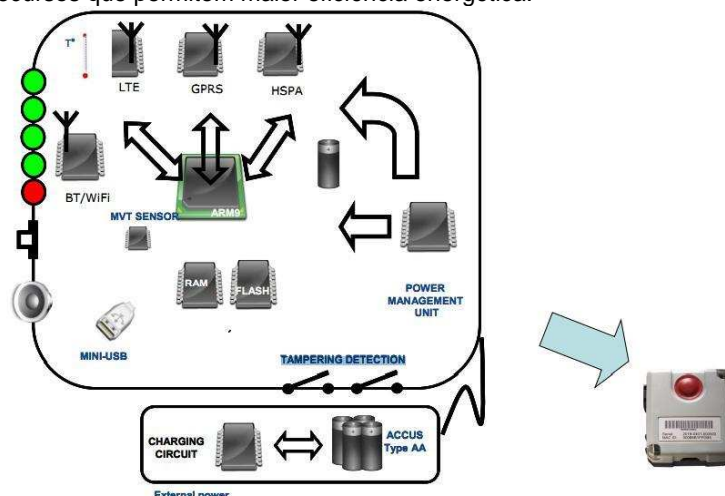


FIGURA 3 – Relação entre tarifa média e utilização de redes móveis no mundo

### 3.0 - ASPECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MEIO AMBIENTE

As redes sem fio de nova geração vêm focando em dispositivos e interfaces de comunicação de baixo consumo energético e baixo impacto ao meio ambiente, com destaque aos denominados “*end-devices*” das tecnologias ZigBee e Bluetooth que são utilizados de forma crescente nas redes de última milha denominadas PAN (*Personal Area Network*) ou HAN (*Home Area Network*). Tais dispositivos, apesar da menor capacidade de armazenamento e vazão de dados, possuem baixo consumo de energia pela menor potência de RF e pelos protocolos especiais de comunicação que exploram recursos como hibernação e “pooling”, onde só transmitem dados à rede quando solicitados por um elemento coordenador e, na maior parte do tempo, permanecem em hibernação gerando economia de energia do sistema. Nas redes “*Smart Grid*” o consumo adicional de energia, das residências e consumidores finais pode inviabilizar o modelo de negócios das concessionárias.

Já para o caso das redes de média e longa distância (MAN e WAN), o principal foco das novas tecnologias tem sido na ampliação do número de estações rádio-base ou e-Node-B e a redução do peso, tamanho e consumo das mesmas empregando-se circuitos de RF e controle miniaturizados e interfaces de alta velocidade, a exemplo das modernas femto-células do sistema LTE (*Long Term Evolution*) [3], permitindo sua instalação em paredes internas ou externas de edificações dispensando as tradicionais torres estaiadas ou auto-portantes, e alcançando maior eficiência energética com menor impacto visual ao meio ambiente. A Figura 4 ilustra a implementação de um dispositivo de sensoramento remoto com diferentes interfaces de redes sem fio (LTE, GPRS, HSPA e Wi-Fi) cuja arquitetura incorpora recursos que permitem maior eficiência energética.



Fonte: TUD (Technische Universität Dresden)

FIGURA 4 – Exemplo de arquitetura de sensor M2M com gestão de energia

#### 4.0 - ASPECTOS DE CAPACIDADE

O novo conceito de comunicação M2M (máquina-máquina) visa, essencialmente, a automação de processos e não necessariamente um grande volume de tráfego a partir de cada nó da rede. Neste sentido, a preocupação pela capacidade de armazenamento ou vazão de informações por cada um dos dispositivos interconectados torna-se secundária desde que a rede M2M possua suficientes mecanismos de segurança e redundância de rotas permitindo que cada parcela de dados originados de cada nó ou máquina na rede encontre um caminho seguro e rápido para chegar ao seu destino final. Tais destinos, em geral, são máquinas servidoras e bancos de dados de grande porte que podem estar distribuídos para facilitar o processamento simultâneo e o tratamento das informações através de ferramentas de supervisão, gerência, diagnóstico e controle dos processos.

Da mesma forma, a medida que caminhamos da última milha (dispositivo da ponta) até o núcleo da rede (servidores e processadores), os elementos que proporcionam a comunicação entre os nós da rede vão necessitando progressivamente maior capacidade de armazenamento e vazão de dados pela confluência de ramos da rede. Neste sentido, os elementos de última milha e as máquinas a estes associadas, não necessitam de grande capacidade de armazenamento e vazão de dados a menos que esta máquina seja responsável por um grande número de processos operacionais simultâneos como é o caso de relés digitais multifuncionais de subestações de energia que operam no nível de estação, agregando informações de um grupo de relés de níveis inferiores como as camadas de bay ou de barramento [4].

No caso de falta de energia no ambiente em que a máquina se localiza, é comum se instalar memórias de massa com capacidade de armazenamento local até que a comunicação em rede possa ser restabelecida após a falta.

#### 5.0 - ASPECTOS DE COBERTURA E ALCANCE

Como já mencionado na seção 3.0, as redes sem fio de nova geração vêm buscando maior capilaridade com estações rádio-base de menor porte e menor raio de cobertura, privilegiando a maior capacidade e flexibilidade de cada estação base, simplificando o dispositivo da ponta onde se situa a máquina ou usuário a ser atendido. Daí surgem as *pico* e *femto* células com coberturas de dezenas de metros e que se interligam por enlaces *backhaul* ópticos ou por rádios digitais ponto a ponto de alta capacidade. Desta forma, a vazão de dados de cada estação base pode ser canalizada para um grupo mais concentrado de clientes (máquinas ou humanos) indoor propiciando a estes múltiplas funções e serviços com grande flexibilidade. Ao mesmo tempo, os enlaces de *backhaul* destas rádio-bases até o núcleo da rede, passam a fazer uso de todos os tipos de rede existentes, inclusive os canais de banda larga contratados pelos próprios usuários finais, especialmente quando estes se agrupam em um mesmo estabelecimento corporativo ou residencial. Tal flexibilidade, característica das redes IP/NGN (vide Figura 5), permite desafogar a capacidade das rádio-bases externas que passam a privilegiar a cobertura outdoor.

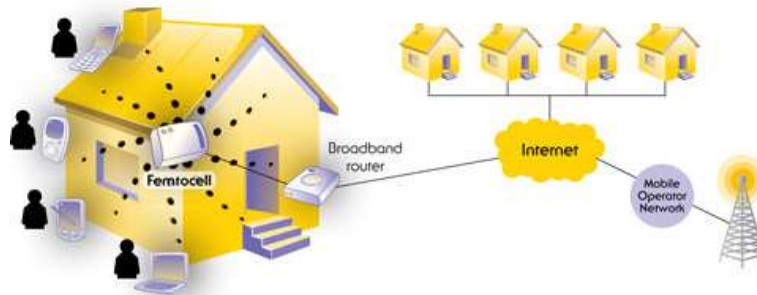


FIGURA 5 – Emprego de *femto* células *indoor* com *backhaul* por roteador banda larga

#### 6.0 - ASPECTOS REGULATÓRIOS E DO USO DOS CANAIS DE RF

Um grande desafio para a implantação das redes M2M é se encontrar espectro e autorização para a ativação dos diferentes segmentos de rede PAN (ou HAN), NAN e WAN. Para cada um destes segmentos, os tipos de equipamento rádio, roteadores e estações base sem fio possuem requisitos distintos como largura de banda, potência de transmissão e cobertura. Desta forma, os aspectos regulatórios acabam sendo críticos para os prazos e a viabilidade técnica da implantação das redes M2M. Associado a isto, a matriz de endereços IP dos dispositivos tem crescido exponencialmente já apontando para a necessidade futura do IPv6 [5] e não mais do IPv4.

No caso de redes MAN e WAN de baixa densidade de tráfego e distribuição geográfica mais esparsa dos dispositivos de ponta, a busca por canalizações de menor largura de banda e em faixas de frequência abaixo de 1 GHz tem sido crescente. Tal busca enfrenta fortes restrições regulatórias pelo alto grau de congestionamento do espectro radioelétrico nestas faixas, bastante disputadas por sistemas móveis celulares, rádios para comunicação rural ou sistemas privados.



Um exemplo deste tipo de restrição pode ser verificado pela recente publicação da Resolução 558/2010 [6] da Anatel que aprova um novo regulamento sobre o uso da faixa de 450 a 470 MHz. Tal resolução buscou atender uma demanda crescente de serviços banda larga para Internet em áreas rurais, mas não contemplou adequadamente os novos serviços e aplicações das concessionárias. Em seu artigo 18 esta Resolução estabelece os canais 81 a 84, preferencialmente, para serviços de telemedicação destinados a empresas que atuam no provimento de serviços de interesse público, nas áreas de energia elétrica, gás, saneamento e esgoto. Tais serviços podem ser realizados nas categorias de Serviço Limitado Privado (SLP) e Serviço Limitado Especializado (SLE). Entretanto, estes canais possuem largura de apenas 12,5 kHz em cada um dos sentidos de transmissão e recepção, não permitindo um grande número de aplicações de muitos pontos ou muito alta velocidade, o que pode limitar os tempos de resposta RTT (*Round Trip Time*) dos múltiplos sinais trafegados na rede sem fio, apesar da boa cobertura propiciada pela propagação das radiofrequências nesta faixa do espectro.

Já pela Resolução 555/2010 [7], a Anatel aprova um novo regulamento sobre o uso da faixa de 225 a 270 MHz e manteve toda a faixa destinada em caráter primário, mas sem exclusividade, aos serviços SLP e SLE. As aplicações nesta faixa podem ser P-P, P-MP ou MP-MP, o que dá ampla liberdade às redes M2M, por exemplo. A canalização autorizada permite agrupamento em blocos de até 2,5 MHz, 3,75 MHz, 5 MHz e 6,25 MHz, o que também facilita aplicações que exijam maior velocidade e grande quantidade de nós e consequente maior largura de banda. No artigo 11 desta mesma Resolução, está também estabelecida a data limite de 31/Dez/2015 para a operação, ainda em caráter primário, dos sistemas analógicos implementados nesta faixa. A partir de então os mesmos passarão a operar em caráter secundário visando estimular o uso dos sistemas digitais mais modernos. Através do artigo 13 a Anatel também aponta para a necessidade do uso eficiente do espectro nesta faixa, estimulando, portanto, o emprego de modernas tecnologias de radiocomunicações.

Uma das dificuldades técnicas de implementação de redes M2M em frequências sub-giga fica por conta da maior dimensão das antenas para que se obtenha uma boa eficiência de radiação e ganho que permitam direcionar adequadamente a energia radiada pelos dispositivos. Isto se agrava em dispositivos de pequenas dimensões ou em instalações que não permitam antenas externas ou protuberantes, ameaçando, por exemplo, a segurança da rede elétrica associada. Tais limitações vem sendo contornadas com projetos de antenas especiais ou pelo uso de frequências acima de 1 GHz que permitem operar com canalizações maiores, agregando tráfego de um grande número de dispositivos, especialmente em enlaces tipo *backhaul* que levam os dados até os centros de controle da rede.

## 7.0 - PRINCIPAIS APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DAS TECNOLOGIAS SEM FIO USADAS EM DISPOSITIVOS M2M

Nesta seção são descritas as principais aplicações e características típicas dos sistemas sem fio na forma de dispositivos embarcados em máquinas e equipamentos, visando a comunicação M2M (*Machine-to-Machine*). Na tabela 1 são citadas as aplicações atuais e futuras do setor elétrico em que as tecnologias sem fio descritas podem ser utilizadas e as diversas arquiteturas de rede de comunicação PAN, NAN, MAN, WAN, e levando-se em conta a criticidade das aplicações.

Tabela 1 – Principais aplicações de tecnologias sem fio em redes M2M

Aplicações		PAN	HAN	NAN	MAN	WAN
Atual	AMI	BT ZigBee	ZigBee	Wi-Fi GPRS	GPRS	GPRS
	Controle de Alimentadores		ZigBee	Wi-Fi GPRS	GPRS	GPRS
	Controle de Tensão - Var		ZigBee	Wi-Fi GPRS	GPRS	GPRS
	SCADA da Subestação			Wi-Fi GPRS	GPRS	GPRS
	SCADA da Rede de Distribuição			Wi-Fi GPRS	GPRS	GPRS
	Automação da Subestação				Wi-Fi	GPRS
Futuro	AMI	BT ZigBee	BT ZigBee	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax
	Controle de Geração Distribuída			WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax
	Proteção Avançada em Linhas de Distribuição			WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax
	EMS/ Prevenção de Blackout			WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax
	DMS/ Gestão da Distribuição			WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax	WiFi/LTE WiMax
	Veículos Elétricos	BT ZigBee	BT ZigBee	WiFi/LTE WiMax		

Na Tabela 2 temos um resumo de características técnicas de algumas tecnologias sem fio aplicáveis a M2M. Tais características foram extraídas de fontes de referência diversas, dentre elas [8] e [9].

Tabela 2 – Principais características típicas de algumas tecnologias sem fio para redes M2M

<b>Característica/ Tecnologia</b>	<b>Bluetooth [10]</b>	<b>Zigbee [11]</b>	<b>Wi-Fi [12]</b>	<b>WiMAX [13]</b>	<b>HSPA [14]</b>	<b>LTE [15]</b>
Cobertura	PAN	PAN/NAN	NAN / MAN	MAN / WAN	WAN	WAN
Vazão máxima <i>down-link</i>	700 kbps (v1.2) 1.4 Mbps (v2.0)	250Kbps  útil 125 kbps	54 Mbps(11a/g) Útil - 30Mbps 600 Mbps (11n – MiMo 4x4) Útil - 300Mbps	128 Mbps (16e) - MiMo Útil 64 Mbps  1 Gbps (16m)	14,4 Mbps (HSDPA) 56 Mbps (HSPA+)	150 Mbps (canal de 20 MHz) 1 Gbps (LTE Adv)
Vazão máxima <i>up-link</i>	700 kbps (v1.2) 1.4 Mbps (v2.0)	250Kbps  útil 125 kbps	54 Mbps(11a/g) Útil - 30Mbps 600 Mbps (11n – MiMo 4x4) Útil - 300Mbps	56 Mbps (16e) - MiMo Útil 28 Mbps  1 Gbps (16m)	5,76 Mbps (HSUPA) 22 Mbps (HSPA+)	50 Mbps (canal de 20 MHz) 1 Gbps (LTE Adv)
Consumo de energia por terminal cliente	Baixo	Muito baixo	Baixo	Médio	Médio	Baixo (Femto)
FEC	Disponível	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Duplexagem Tx/Rx	TDD	TDD	TDD	FDD / TDD	FDD	FDD / TDD
Faixas de frequências típicas no.Brasil <sup>1</sup>	Não licenciada: 2,4 GHz	Não licenciada: 900 MHz / 2,4 GHz	Não licenciada: 2,4 GHz (11b/g/n) / 5,8 GHz (11a)	Licenciada: 2,5 GHz / 3,5 GHz	Licenciada : 850 MHz / 2,1 GHz	Licenciada : 2,5 GHz (mais provável)

## 8.0 - CONCLUSÕES

Este artigo buscou destacar os principais aspectos técnicos, mercadológicos e regulatórios que impulsionam o surgimento das redes M2M com dispositivos sem fio de nova geração. Tais dispositivos e tecnologias associadas vêm buscando espaço nas novas aplicações que se vislumbram de forma crescente nas redes de supervisão, medição, supervisão, automação e até mesmo proteção que são fundamentais nos processos industriais e operacionais, especialmente, nas concessionárias de energia elétrica.

## 9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) [https://ktn.innovateuk.org/c/document\\_library/get\\_file?folderId=1536672&name=DLFE-15756.pdf](https://ktn.innovateuk.org/c/document_library/get_file?folderId=1536672&name=DLFE-15756.pdf)
- (2) Gerhard Fettweis – Vodafone Chair Professor – TU Dresden – “M2M Challenges” – Lecture to CPqD - 2010
- (3) Telecom & Media Insights – Issue 58 - “Long Term Evolution - LTE Opportunities and Challenges for Telcos” - 2011 Capgemini;
- (4) IEC 61850 – “Communication Networks and Systems in Substations” – 2002;
- (5) <http://www.ipv6.br/>
- (6) ANATEL - RESOLUÇÃO No- 558, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2010 - Aprova o Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 450 MHz a 470 MHz. – Diário Oficial da União - 24 de dezembro de 2010;
- (7) ANATEL - RESOLUÇÃO No- 555, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2010 - Aprova o Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 225 MHz a 270 MHz - Diário Oficial da União - 24 de dezembro de 2010;
- (8) Fundação CPqD – “Fornecimento de Acesso em Banda Larga com Solução Híbrida GPON, WiMAX, WiFi-Adhoc e Mesh” – publicado na InfoBrasil - 2010;
- (9) Andreas Willig, Kirsten Matheus & Adam Wolisz – “Wireless Technology in Industrial Networks” - Proceedings of

<sup>1</sup> Implementações podem ser realizadas em outras faixas de frequência inclusive licenciadas ou não

the IEEE, Vol. 93 (2005), No. 6 (June), pp. 1130-1151;

(10) <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx>

(11) IEEE 802.15.4-2006 - IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) (<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2006.pdf>);

(12) IEEE 802 Part 11-2007: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications (<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>);

(13) IEEE 802 Part 16-2009: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems (<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2009.pdf>)

(14) 3GPP - High Speed Packet Access (HSPA) evolution; Frequency Division Duplex (FDD) (<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/25999.htm>);

(15) 3GPP – LTE / Long Term Evolution (<http://www.3gpp.org/article/lte>)

## 10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Marcos Guimarães Castello Branco

Nascido no Rio de Janeiro, RJ em 11 de março de 1956.

Mestrado em Eng. Elétrica (1982) : PUC-RJ e Graduação (1979) em Engenharia Eletrônica: UFRJ -Rio de Janeiro  
Empresas: Diretoria de Comunicações da Marinha (1982 a 1984), Embratel – Empresa Brasileira de Telecomunicações (1984 a 1986)

Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, desde out /1986

Pesquisador e Especialista de Marketing de Produto e Inovação da Diretoria de Redes Convergentes do CPqD.

Nelson Mincov

Nascido em São Paulo, SP em 08 de fevereiro de 1961

Técnico: Técnico em Eletrônica (1979) – ETI Lauro Gomes – São Bernardo do Campo - SP

Graduação: Engenharia Elétrica modalidade Eletrônica (1989) – FESP – São Paulo

Especialização em Análise de Sistemas (1993) - FECAP-São Paulo; em Telecomunicações (2001) – FIAP-São Paulo; em Internet (2001) – FIAP – São Paulo; MBA – Gestão de Empresas (2005) – FGV- Rio de Janeiro.

Empresas: TV Globo de São Paulo (1979 a 1982), Furnas Centrais Elétricas (1982 a 1985), Siemens (1985 a 1991), EngeMédica (1991 a 2000), COM (2000 a 2001), Telefônica (2001 a 2003)

Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, desde abr/2003

Especialista de Marketing de Produto e Inovação da Diretoria de Redes Convergentes do CPqD.

Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

Nascido em Minas Gerais, MG em 05 de outubro de 1967.

Doutor em Engenharia Elétrica (2005): Unicamp-Campinas e Graduação (1991) em Engenharia Elétrica: Inatel - Santa Rita do Sapucaí - MG.

Empresas: Portikus Engenharia e Cedet (2001 a 2008). Fundação CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, desde jan/2001.

Pesquisador e Consultor da Gerência de Engenharia de Sistemas e Soluções da Diretoria de Tecnologia de Serviços.

Edson Bonon

Nascido em São Paulo, SP em 15 de novembro 1964.

Técnico: Técnico em Eletrônica (1982) – ETEC Escola Salesiana São Jose – Campinas – SP.

Graduação: Ciência da Computação (2003) – FAV – Valinhos – SP.

Mestrando em Engenharia Elétrica – Unicamp - Campinas – SP.

Empresas: Escola Salesiana São Jose (1983 a 1985), Pirelli S/A (1985), ABC Teleinformática S/A (1985 a 1988), Microlab (1989), Fundação tropical (1990 a 1993), Telebrás (1993), Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, desde 1993.

Coordenador Técnico e Arquiteto de Sistemas Sem Fio – Diretoria de Tecnologia de Serviços