

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE  
COMPUTADORES**

**JOSÉ RENATO RIBEIRO MENDES**

**OUTROS TRABALHOS EM:**

[www.projeteredes.com.br](http://www.projeteredes.com.br)

**5G: A QUINTA GERAÇÃO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2014**

**JOSÉ RENATO RIBEIRO MENDES**

**5G: A QUINTA GERAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Teleinformática e Redes de Computadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Christian Carlos S. Mendes

**CURITIBA**

**2014**

## RESUMO

MENDES, José Renato R. **5G: A Quinta Geração**. 2014. 40 f. Monografia de Especialização – XXIII Curso de Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Neste trabalho será apresentado um breve histórico das tecnologias no sistema de Telefonia de rede móvel que perpassa desde a Primeira Geração (1G) até a nova tecnologia que vem sendo estudada para ser implementada na Quinta Geração (5G). Através das características consideradas importantes de cada uma, será possível fornecer um melhor entendimento do processo evolutivo como: Infraestrutura, evolução dos sinais de transmissão de voz, dados e imagem. Na Primeira Geração (1G) a Telefonia tem sua estrutura baseada em sinais analógico, que a partir de um aparelho podia se ouvir a voz de um ponto fixo, foi o surgimento do Sistema de Telefonia Móvel Avançada (AMPS); No momento seguinte houve a evolução para a Segunda Geração (2G) que transformou o sinal analógico em sinal digital e ampliou a área de cobertura usando as tecnologias de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA) e Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), podendo assim fazer conexão por uma estação rádio base. Na Terceira Geração (3G) houve o avanço para a tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão em Código de Banda Larga (WCDMA) que foi possível o acesso à internet permitindo transferência de arquivo, serviço online e excelente qualidade de voz. A Quarta Geração (4G) ainda não foi totalmente difundida mas sua tecnologia é feita por Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM) que permite que vários usuários acessem a rede de internet, a diversos tipos de serviços como: dados, fotos, vídeos e fazer ligação com alta qualidade. Por fim a Quinta Geração (5G) que propõe ser uma extensão melhorada da tecnologia 4G, unindo várias tecnologias como CDMA, OFDM e Acesso Múltiplo por Divisão de Código de Operadora (MCCDMA) prometendo ser cem (100) mil vezes mais rápida que a sua antecessora a 4G.

**Palavras-chave:** AMPS. TDMA. OFDM. MCCDMA. 5G.

## ABSTRACT

MENDES, José Renato 5G: The Fifth Generation. 2014. F 40. Monograph Specialization - Specialization Course XXIII Tele Computer and Computer Networks, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2014.

In this paper, a brief history of technologies in the mobile telephony network system that permeates from the First Generation (1G) to the new technology that has been studied to be implemented in the Fifth Generation (5G) will be presented. Through the characteristics considered important for each one, you can provide a better understanding of the evolutionary process as Infrastructure, signal evolution of voice, data and image. In the First Generation (1G) Telephony has its structure based on analog signals , which from a device could hear the voice of a fixed point , was the emergence of the Advanced Mobile System (AMPS); The next moment there was a trend for the Second Generation (2G) that transformed the analog signal into digital signal and expanded the coverage area using the technologies of Division Multiple Access Time (TDMA), Division Multiple Access Code (CDMA) and Global System for Mobile Communications (GSM), and thus can make a connection with a base station. The Third Generation (3G) was the breakthrough for the technology in Division Multiple Access Code Broadband (WCDMA) that it was possible to access internet allowing file transfer, online service and excellent voice quality. The Fourth Generation (4G) is not yet fully defused but pro Multiplexing Orthogonal Frequency Division (OFDM) that allows multiple users to access the internet network, the various types of services such as, makes their technology: data, photos, videos and make the connection with high quality. Finally the Fifth Generation (5G) that purports to be an improved extension of 4G technology, combining several technologies such as CDMA, OFDM Multiple Access and Code Division Carrier (MCCDMA) promising to be one hundred (100) thousand times faster than its predecessor 4G .

**Keywords:** AMPS. TDMA. OFDM. MCCDMA. 5G.

## LISTA DE SIGLAS

1G	Primeira Geração
2G	Segunda Geração
3G	Terceira Geração
4G	Quarta Geração
5G	Quinta Geração
AMPS	Sistema de Telefonia Móvel Avançado
BDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Banda
BSs	Estações Base
CDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Código
CN	Rede Cognitiva
CR	Rádio Cognitivo
Gbps	Gigabits por segundo
GHz	Giga-hertz
GIMCV	Aldeia Global de Informação de Comunicação Multimídia
GSM	Sistema Global para Comunicação Móvel
HDTV	Televisão de Alta Definição
HPUEs	Alta Prioridade
HSPA	Pacote de Acesso de Alta Velocidade
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricista e Eletrônicos
IP	Protocolo de Internet
LDMS	Serviço Local de Distribuição Multiponto
LPUEs	Baixa Prioridade
LTE	Evolução de Longo Prazo
Mbps	Megabits por Segundo
MCCDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Código de Operadoras
MIMO	Múltiplas Entradas/Múltiplas Saídas
MTC	Tipo de Comunicação de Máquina
OFDM	Multiplexação Por Divisão de Frequência Ortogonal
PARP	Taxa Média de Risco de Pacote
PMM	Tecnologia Paralela Multimodo
PS	Comutação por Pacote
RAT	Acesso de Tecnologia por Rádio
SC-FDMA	Divisão de Frequência de Acesso Múltiplo por Portadora Única
Tbps	Terabits por Segundo
TDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo
UWB	Banda Ultra Grande
WCDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Código em Banda Larga
WIMAX	Interoperabilidade Mundial para Acesso por Micro-ondas
Kbps	Kilobits por segundo

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CONCEITO BÁSICO DA REDE 4G.....	19
FIGURA 2 – REDE MULTICAMADAS COMPOSTA POR MACROCÉLULAS.....	24
FIGURA 3a – CARGA LIMITADA.....	29
FIGURA 3b – USO INTERNO CELULAR CARREGADO .....	29
FIGURA 4 – ARQUITETURA 5G .....	33
FIGURA 5 – SUPER NÚCLEO.....	34
FIGURA 6 – SEGMENTOS DA TECNOLOGIA DO NÚCLEO MESTRE .....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VISÃO GERAL DE USO DA PRIMEIRA GERAÇÃO.....	15
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA 1G .....	15
TABELA 3 – CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA 2G.....	17
TABELA 4 – REQUISITOS COLABORATIVOS DO SISTEMA 5G .....	28
TABELA 5 – COMPARAÇÃO BÁSICA ENTRE 3G, 4G E 5G.....	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 MOTIVAÇÃO E IMPORTÂNCIA.....</b>	<b>10</b>
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivos Gerais.....	12
1.2.3 Objetivos Específicos .....	12
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	12
1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	13
<b>2 REDES MÓVEIS: EVOLUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
2.1 Primeira Geração: Sistema 1G.....	14
2.1.2 Características do sistema 1G .....	15
2.2 Segunda Geração: Sistema 2G.....	16
2.2.1 Características do Sistema 2G.....	16
2.3 Terceira Geração: Sistema 3G .....	17
2.3.1 Características do sistema 3G .....	18
2.4 Quarta Geração: Sistema 4G .....	18
2.4.1 Características do sistema 4G .....	20
<b>3 REDES 5G .....</b>	<b>21</b>
3.1 Conceitos do padrão 5G.....	21
3.1.1 Interferências em redes multicamadas 5G.....	23
3.1.2 Conceito de Inteligência no 5G.....	26
3.1.3 Como obter inteligência?.....	26
3.1.4 Colaborações entre diferentes tecnologias .....	27
3.1.5 Aplicações específica de interface de rádio.....	28
3.1.6 Conceitos de CR (Rádio Cognitivo).....	30
3.1.7 Requisitos para a tecnologia 5G.....	31
3.1.8 Arquiteturas da tecnologia 5G.....	32
3.1.9 Núcleo Mestre .....	34
3.1.10 Necessidade da tecnologia 5G .....	36
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO E IMPORTÂNCIA

No artigo “5G Tecnologia Móvel” (2013) [1] as autoras apresentam um histórico do desenvolvimento da telefonia, é perceptível que o seu surgimento não está tão longe assim. Através da comunicação por um determinado ponto fixo, foi possível obter a comunicação com o mundo.

As autoras mostram que a mobilidade em tempos atuais é uma das maiores conquistas da sociedade moderna: a tecnologia que antes era fixa, tornou-se móvel e o número de telefones móveis, que antes parecia uma realidade distante, aumentou significativamente, elevando o nível de conexão que anteriormente não conseguia atender as altas taxas de comunicação de dados e como consequência a rede de telefonia móvel foi forçada a descobrir novas formas de tecnologias.

Os serviços da rede móvel é uma das áreas que mais tem se desenvolvido, e para que a mobilidade seja capaz de expandir, é necessárias alterações na rede de transmissão. Assim as chamadas “gerações” vão surgindo, como é caso da 1G, 2G, 3G e 4G procurando solucionar problemas de conexão. E mesmo que estejam atendendo as necessidades do momento, para suportar os infindáveis softwares e hardwares em surgimento é preciso adaptar as novas realidades. O processo de implementação de uma geração nem sempre tem seu ciclo terminado e uma outra já surge, como é o caso da tecnologia 5G, que promete ser 1.000 (mil) vezes mais rápida do que a sua antecessora, a 4G, como afirma o artigo “5G Uma Visão Tecnológica” (2013) [2] e ainda permitir altas taxas de transferência de dados para pelo menos 100 (cem) bilhões de dispositivos, ou seja, taxa de transferência de dados até 10 Gigabits por segundo (Gbps).

Segundo o artigo “5G Tecnologia Móvel” (2013) [1] a proposta é inovar o Acesso de Tecnologia por Rádio (RAT) evoluindo as tecnologias existentes como: LTE, HSPA, GSM e WIFI.

No artigo “5G Tecnologias Emergentes e Desafios de Pesquisa para Redes Sem Fio” (2013) [3] o autor complementa que, embora não haja um consenso da

indústria, o 5G será uma tecnologia com maior taxa de dados e com grande eficiência energética, com sinais emergentes de novidades futuras. Por exemplo, no novo padrão IEEE 802.11ac, a eficiência energética é alta para uma rede sem fio com aumento acentuado da presença de operadores de telefonia celular, algo que não foi visto anteriormente.

Isso indica interesses crescentes no cruzamento de diferentes tecnologias para suportar taxas de dados de conectividade. Os autores do artigo “Tecnologias Emergentes e Desafios de Pesquisa para 5G Redes Sem Fio”(2013) [3] acreditam que o 5G será composto de vários padrões de comunicação interligados, que vão desde redes de área metropolitana sem fio baixas até redes sem fio pessoais, fornecendo taxa de transferência e conectividade necessária.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal deste trabalho é possibilitar uma visão geral de como será a nova tecnologia 5G, no que diz respeito ao seu desempenho.

### 1.2.3 Objetivos Específicos

Como objetivo específico, este trabalho procura estudar e analisar a tecnologia existente na quinta geração comparando-a com as tecnologias existentes nas gerações anteriores.

## 1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esta monografia tem como plano de fundo, uma pesquisa baseada em levantamento inicial de artigos científicos, procurando revelar o estudo que vem sendo realizado, discutido e testado a respeito da tecnologia 5G.

É a partir da compreensão do estudo levantado em torno da quinta geração, que será apresentado o conceito por trás dessa tecnologia que tem como parâmetros as tecnologias anteriores: 1G a 4G.

## 1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Esta monografia é composta dos seguintes capítulos:

Capítulo 2, apresenta uma breve evolução das gerações existentes na rede móvel, suas tecnologias e a importância para o funcionamento dos dispositivos móveis.

Capítulo 3, apresenta a fundamentação teórica, as tecnologias que farão parte do processo de estruturação da quinta geração e sua importância para o futuro.

Capítulo 4, finaliza o trabalho com as ponderações e conclusões sobre esta monografia.

## 2 REDES MÓVEIS: EVOLUÇÃO

Os autores do artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] esclarece que o processo evolutivo da comunicação da rede de telefonia móvel começou com experimentos de contato por rádio. Através de suas ondas foi possível transmitir uma mensagem a longa distância e com essa descoberta, novas formas de comunicação à distância começaram a ser implementadas ao redor do mundo. E que no momento atual, a indústria de dispositivos móveis impulsionada pelo avanço tecnológico sem fio tem crescido significativamente, lançando a cada ciclo curto de tempo dispositivos adaptados as novas técnicas de comunicação móvel. Um processo que no decorrer do surgimento de cada nova tecnologia, transformou esses dispositivos em aparelhos cada vez mais compactos e com poder de comunicação cada vez maior.

O telefone fixo analógico que faz parte da primeira geração, deu seu lugar as novas técnicas denominadas de 2G, 3G e 4G como demonstrará este estudo.

### 2.1 Primeira Geração: Sistema 1G

Como mencionado acima, a primeira geração denominada 1G é a geração analógica que teve seu surgimento na década de 80, chamada de Sistema de Telefonia Móvel Avançada (AMPS), como afirma Arunabha e Debnath Abhinandan em seu artigo: “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] sobre a evolução tecnológica dessas gerações. Segundo eles, essa geração foi lançada primeiramente em 1983 na Austrália, e em seguida no norte e sul da China.

Na tabela a seguir os autores apresentam um levantamento dos dados dessa primeira geração. Como pode se notar a tecnologia 1G possuía uma configuração bem baixa.

Tabela 1 – Visão geral da Rede Telefônica da Primeira Geração.

S.No	Country	Population in m	Mobile users in m	Mobile %
1	China	1341	1010	75.32
2	India	1210	911.68	75.42
3	USA	310	327	104
4	Russia	142	224	154
5	UK	61	75	122
6	Germany	81	107	130
7	Japan	127	121	95
8	Pakistan	178	114	66.5
9	Brazil	192	245	127

Fonte: Arunabha Debnath (2013)

### 2.1.2 Características do sistema 1G

É possível depreender a partir do artigo que a primeira geração tinha uma capacidade limitada, pois o espaço para o crescimento do espectro era pequeno, possuindo uma comunicação fraca, sem proteção, pois o nível de segurança não era adequado, consequência da fraca manipulação de recursos obtidos.

Para melhor entendimento das características dessa geração, a tabela retirada do artigo: “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] exibe os dados com a característica dessa geração.

Tabela 2 – Característica do sistema 1G

Característica do sistema 1G	
Estação Base Tx banda	869 – 894 MHz
Banda MUTx	824 – 549 MHz
Canal Bandwidth	30 KHz
Número dos canais de voz	790
Número de canais de controle	42
Potência máxima M U	3 W
Raio de tamanho celular	2 – 20 km
Canais de voz de modulação	FM
Canais de controle de modulação	FSK

Fonte: Arunabha Debnath (2013)

## 2.2 Segunda Geração: Sistema 2G

A segunda geração deu o passo inicial para a transformação da rede de comunicação móvel para o momento presente.

Denominada de tecnologia digital como passou a ser chamada, pelo fato de transformar sinais analógico em sinal digital, o sistema 2G consegue suportar em uma mesma área de cobertura um número maior de usuários com uma qualidade melhorada de comunicação.

No artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4], os autores mencionam que esse avanço tecnológico só foi possível graças as tecnologias TDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Código) e GSM (Sistema Global para comunicações Móveis), que permitiam fazer conexão entre os aparelhos por uma estação rádio base, que utilizava a divisão de um mesmo canal de controle.

### 2.2.1 Características do Sistema 2G

As principais características apontadas pelo artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] descrevem uma tecnologia que comprime e codifica a voz transformando-a em sinais digitais. A codificação da voz em sinal digital possibilitou a comunicação simultânea de chamada, permitindo que duas chamadas pudessem ser feitas ao mesmo tempo ou até mesmo colocar uma chamada em espera, além de notificar uma chamada, caso o dispositivo estivesse ocupado, e ainda oferecer serviço adicional: como envio de mensagens e e-mail.

Essa codificação permitiu que os sinais de voz fossem transformados em sinais mais leves e menores, o resultado foi a diminuição dos ruídos que havia na rede analógica e a economia de energia de rádio.

Outro fator considerado importante pelo artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] é a economia da energia que fez com que a bateria celular pudesse ter uma durabilidade maior.

A tabela a seguir mostra a configuração estrutural da segunda geração que praticamente revolucionou a tecnologia de comunicação móvel.

Tabela 3 – Configuração da Segunda Geração

Característica da configuração da Segunda Geração	
Taxa de transporte de bits	270,8 kbps
Taxa de codificação da voz	13 kbps
Canal de largura de banda	200 kHz
Usuários por canal	8
Potência máxima móvel	20W

Fonte: Arunabha Debnath (2013)

### 2.3 Terceira Geração: Sistema 3G

A medida que houve evolução na tecnologia de comunicação de redes sem fio e evolução dos aparelhos que até então só permitiam fazer conexão analógica, houve o avanço na tecnologia digital que permitiu não só a chamada de voz, mas também a comunicação de dados através de imagens, áudio e vídeo.

No artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] a terceira geração é a elevação da segunda geração para um nível mais avançado, onde o sinal digital passou a fazer parte da nova tecnologia sem fio, integrando-a a uma rede sem fio global. O sistema 3G foi implementado pela primeira vez em 2001 no Japão, no mesmo ano na Coreia do sul, em 2003 nos Estados Unidos e lançado na Índia em 2008. Em 2010 quase todo o mundo já possuía a cobertura 3G.

Com a nova forma de comunicação de rede sem fio, grandes empresas do cenário global de dispositivos móveis começaram a disputar um mercado cada vez maior de usuários, que buscavam dispositivos capazes de se comunicar através de uma rede sem fio mais avançada, proporcionando a conexão de serviços que vai desde o envio de mensagem até o envio de imagem, áudio ou vídeo e a tecnologia denominada 3G possibilitava tudo isso.

### 2.3.1 Características do sistema 3G

Dentre as características que o sistema 3G possui o artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] elenca algumas consideradas principais como por exemplo: multimídia avançada (voz, dados, vídeo e controle remoto), usabilidade em todos os dispositivos móveis (telefones celulares, pagers, fax, vídeo conferência, internet), banda larga de alta velocidade comparada com segunda geração (2 Mbps), largura de banda 5 – 20 Mbps, Acesso Múltiplo por Divisão em Código de Banda Larga (WCDMA), frequência de banda 16 – 25 GHz, transferência de arquivo via internet, excelente qualidade de voz, serviços online, horários e fotografia.

### 2.4 Quarta Geração: Sistema 4G

O processo de transformação de cada geração, é uma melhoria trabalhada na geração anterior, e na quarta geração pode-se perceber que esse processo de melhoria modernizou a rede de tecnologia móvel com uma nova forma de se comunicar através da conexão pelo protocolo de internet, como demonstra o artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] através da figura a seguir.

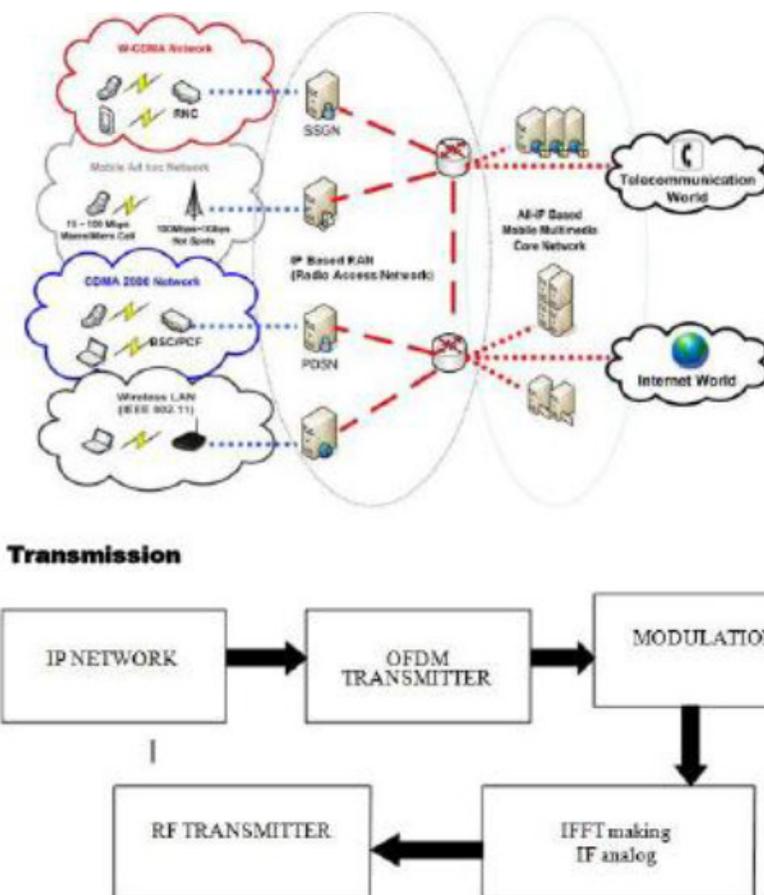


Figura 1 – Conceito básico da Rede 4G  
 Fonte: Arunabha Debnath (2013)

De acordo com artigo “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] a infraestrutura da quarta geração é composta por um conjunto de redes que usa o IP. Esse protocolo permite que vários usuários acessem a rede de internet, obtendo diversos tipos de serviços como: dados, fotos e vídeos em qualquer lugar, e ainda fazer uma ligação com alta qualidade. Esse processo é feito por um transmissor (Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal) que aceita os dados a partir de uma rede IP, convertendo e codificando antes de fazer a modulação. O OFDM proporciona uma melhor ligação e qualidade da comunicação sem muito atraso na escolha dos multi-caminhos.

### 2.4.1 Características do sistema 4G

As características de cada geração é sempre uma parte singular da arquitetura de cada uma. E o processo evolutivo dessas características levou a quarta geração ser 10 vezes melhor do que a sua antecessora a 3G, proporcionando um desempenho elevado no uso da tecnologia digital para servir de suporte para os diversos tipos de serviço como: TV Digital Móvel HDTV, vídeo conferência, acesso à internet em banda larga e etc.

Tiago Andrade Mota em seu tutorial “Redes 3G e Evolução para as Redes 4G” (2009) [5] elenca as seguintes características da tecnologia do sistema 4G:

- Evolução do Projeto de Parceria da Terceira Geração (3GPP) para um aproveitamento mais eficiente das bandas acima de 5 MHz.
- Uso de técnicas de Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas (MIMO), para tecnologia baseada em Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA).
- Uso da técnica de Multiplexação Por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDMA) no downlink e Divisão de Frequência de Acesso Múltiplo por Portadora Única (SC-FDMA) no uplink, para reduzir a Taxa Média de Pico de Pacote (PARP) por ser ineficientes pela perda de alto ganho, com isso reduz a complexidade do dispositivo móvel.
- Latência abaixo de 5ms com 5 MHz ou largura de banda maior. Com essa alocação de banda abaixo de 5 MHz, a latência abaixo de 10ms pode ser viabilizada.
- Suporta somente Comutação por Pacote (PS). Ou seja o serviço de voz para usuário é fornecido através de VoIP ou utilizando tecnologias legadas.
- A largura de banda escalável é até 20 MHz, com bandas menores cobrindo 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz e 15 MHz. Considerando também a banda 1,6 MHz para casos específicos.
- A taxa máxima de dados no downlink de até 100 Mbits e uplink de até 50 Mbits/s com largura de banda de 20 MHz.

### 3 REDES 5G

A quarta geração de rede móvel ainda está em processo de configuração de sua estrutura de uso e de implementação de sua tecnologia, e em alguns lugares o processo da terceira geração nem começou, mas uma nova tecnologia desponta com o intuito de transformar o acesso à rede móvel. Exemplo disso é o Brasil que caminha para entregar um serviço adequado para o usuário ainda na terceira geração, mesmo que a quarta já seja oferecida por algumas operadoras.

Vários desafios podem ser apontados como barreira para que os problemas de acesso à rede móvel sejam solucionados, como por exemplo, o grande crescimento de usuário por área, problemas de transmissão de dados por estação rádio base, estações sem manutenção ou com capacidade reduzida de envio de sinal e até mesmo dificuldade burocrática perante aos órgãos competentes para que novas estações sejam instaladas.

A modernização da tecnologia não depende de uma localização específica, e não é pelo fato de um determinado local não conseguir atender as exigências desse avanço que outras que já completaram o seu ciclo, não possa investir em pesquisa do melhoramento da tecnologia já implementada. Sendo assim, alguns países aliados às grandes empresas investem em pesquisa para melhorar a comunicação em rede móvel.

No artigo “5G: Uma Visão Tecnológica (2013)” [2] o autor afirma que a Quinta Geração surge como a nova tecnologia 5G e que já está sendo testada em laboratório, e com perspectiva de ser lançada em 2020.

#### 3.1 Conceitos do padrão 5G

O projeto 5G, como pode ser chamado, é analisado por Cornélia Ionela Badoi e colaboradores no artigo “5G Baseado em Radio Cognitivo” (2010) [6] como a geração inteligente. De acordo com os autores o termo inteligente é associado pela primeira vez na literatura devido ao fato de ser uma tecnologia capaz de escolher a estrutura tecnológica que melhor atende a requisição solicitada.

O artigo defende que o princípio da inteligência da quinta geração trabalha com interconexão ilimitada da rede sem fio através da convergência e cooperação entre as tecnologias proporcionando uma variedade de serviços com uma taxa de transmissão altíssima.

Ekram Hossain e colaboradores no artigo “5G: Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio” (2014) [7], confirmam a ideia do artigo “5G Baseado em Radio Cognitivo” (2010) [6], dizendo que a rede sem fio 5G será uma mistura de níveis de rede de diferentes tamanhos, com poderes de transmissão de conexão inteligente e heterogênea acessadas por um grande número de dispositivos sem fio.

De acordo com os autores do artigo “5G: Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio”(2014) [7], o aprimoramento da arquitetura juntamente com a tecnologia de comunicação física avançada, como a multiplexação espacial de alta ordem de saída e entrada múltipla (MIMO), vai proporcionar maior capacidade de acesso simultâneo de usuários comparado a rede 4G. Para ele, o grande desafio será trabalhar com a interferência do recurso de rádio heterogêneo em múltiplas camadas para redes celulares 5G, pois os métodos tradicionais de gerenciamento de interferência de recurso de rádio como: alocação de canais, controle de potência, associação celular e balanceamento de carga em rede de camada única pode não ser eficiente neste ambiente, mesmo os desenvolvidos para duas camadas e será necessário dar uma atenção para esse problema de interferência.

O artigo “Revisão Próxima Geração Tecnologias de Comunicação Sem Fio” (2013) [4] acrescenta que a tecnologia 5G terá a capacidade de acessar todos os aplicativos a partir de qualquer plataforma, em qualquer lugar e em qualquer horário, através de um ambiente integrado de várias aplicações. Essas aplicações serão o resultado de uma abordagem inteligente de sensores capazes de conectar ações humanas aos dispositivos, como o aviso inteligente por mensagem para o celular, a forma de abrir um carro, ou uma conta única para todos os serviços de telecomunicações independente da aplicação ou rede operadora, câmera de segurança em casa ligada à internet, para ver o ambiente de trabalho a partir de um notebook ou celular acessado por um site seguro, e até mesmo mensagens regulares do hospital para aviso de medicação necessária ou consulta agendada.

O artigo “5G Tecnologia Móvel” (2013) [1] ainda conceitua a tecnologia 5G como uma rede de internet totalmente sem fio, sem limitação e tornando a world wide web (www) sem fio completa. O artigo vê a quinta geração como uma extensão

da tecnologia 4G melhorada em que as tecnologias de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA), Multiplexação por Divisão de Freqüência Ortogonal (OFDM), Acesso Múltiplo por Divisão de Código de Operadoras (MCCDMA), Ultra WideBand (UWB), rede Serviço Local de Distribuição Multiponto (LMDS) e IPv6 são integradas e suportadas entre si. Vai além ao dizer que tecnologias de quinta geração oferecem capacidades de dados enormes, volumes de chamadas ilimitadas e dados infinitos transmitidos juntos dentro do mais recente sistema operacional móvel, e irá fazer uma diferença importante ao adicionar mais serviços e benefícios para todo o mundo 4G, sendo uma tecnologia inteligente com conexão sem limites, levando ao mundo um acesso ininterrupto de informação universal.

### 3.1.1 Interferências em redes multicamadas 5G

Ekram Hossain em seu artigo “5G Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio”(2014) [7], descreve alguns fatores que considera como desafios de interferência que irão surgir em redes 5G, devido a algumas razões que afetam a dinâmica de interferência no *uplink* e *downlink* da rede como, por exemplo: a heterogeneidade de implantação densa de dispositivos sem fio, o desequilíbrio da cobertura de tráfego de carga devido a diferentes potências de transmissão das Estações Base (BSs) no *downlink*, restrições de acesso público ou privado em diferentes níveis de interferência, prioridades no acesso aos canais de diferentes frequências e estratégias de alocação de recurso. Segundo ele, os fatores acima têm os seguintes desafios principais:

- Métodos de controle de potência para redes de múltiplas camadas: otimização das associações celulares e os acessos para o usuário no *uplink* ou acesso de transmissão das Estações Base (BSs) no *downlink*, são técnicas clássicas para aumentar simultaneamente o desempenho do sistema em vários aspectos, como redução de interferência, maximização de rendimento e redução no consumo de energia. O primeiro é necessário para maximizar a eficiência do espectro, enquanto que o último é necessário para minimizar a potência, mantendo a qualidade da ligação desejada. Não sendo eficiente para se conectar a um BS congestionado, mesmo com sua alta taxa

de sinal de interferência (SIR), a associação de células também deve considerar o estado de cada BS (carga) e o estado de cada UE (Estação Usuário). Para controle de potência, a prioridade de diferentes níveis também precisam ser mantidas, incorporando as restrições de qualidade HPUEs. Ao contrário do *downlink*, a potência de transmissão no *uplink* depende de bateria, independentemente de energia do usuário do tipo BS com a qual os usuários estão conectados. A energia da bateria não sofre variação significativa de usuário para usuário, sendo assim, os problemas de cobertura e desequilíbrio de carga de tráfego não podem existir no *uplink*. Isto ocasiona políticas de associação assimétricas consideráveis entre o *uplink* e *downlink* para o usuário. É necessário desenvolver quadros de otimização conjuntas que podem fornecer soluções próximas ao ideal ou ideais para o *uplink* e o *downlink*. E para lidar com o problema da assimetria tanto no *uplink* quanto no *downlink*, soluções separadas seriam um bom caminho, assim os usuários poderiam se conectar em dois BSs diferentes para transmitir o *uplink* e o *downlink*, esta seria uma boa solução para o padrão 5G, como mostrado na figura a seguir.

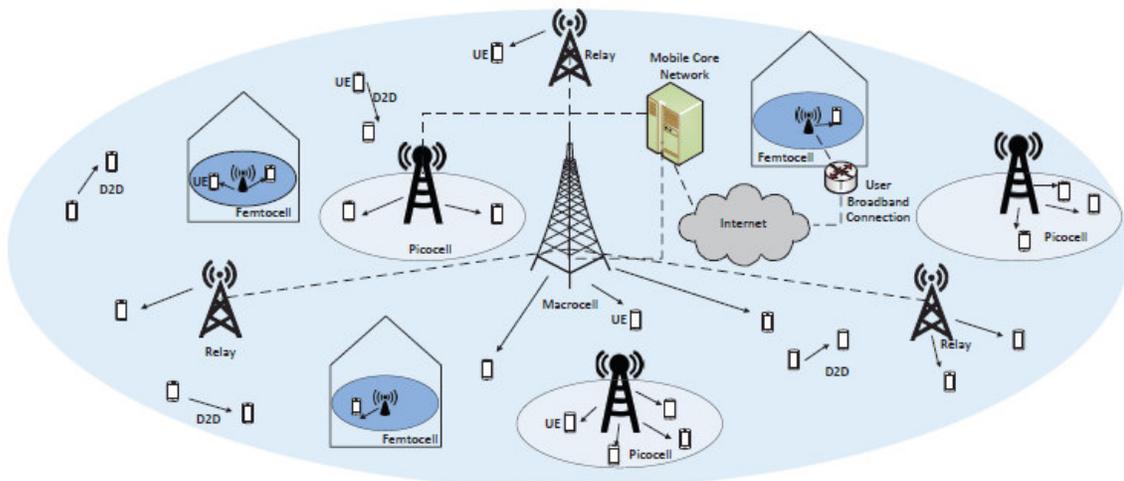


Figura 2 – Rede de Multicamadas Composta por Células maiores.  
Fonte: Ekram Hossain (2014)

- Métodos eficientes para apoiar associação simultânea de múltiplas BSs: Baseado na comparação dos regimes existentes CAPC em que cada usuário pode associar a um único BS, a conectividade simultânea

de diversos BS poderia ser possível em rede multicamadas no 5G, e isso melhoraria o rendimento do sistema, reduziria a queda de interrupção utilizando de forma eficiente os recursos disponíveis, especialmente para usuários que estivessem na borda da célula. Os esquemas existentes CAPC devem ser estendidos para suportar eficientemente a associação simultânea de um usuário em vários BSs e determinar em que condições uma determinada UE está associada a que BSs no *uplink* e/ou *downlink*.

- Métodos de cooperação eficientes na coordenação entre vários níveis: a cooperação e coordenação entre os diferentes níveis será um requisito importante para amenizar a interferência em rede 5G. A cooperação entre uma célula maior e uma célula pequena foi uma proposta para o LTE no contexto de uma célula sensível, onde os UEs são autorizados a ter uma ligação dupla simultânea entre uma célula maior e uma célula pequena na comunicação de um *uplink* e *downlink*. Como já foi mencionado anteriormente no contexto de assimetria de potência de transmissão na ligação ascendente e descendente, um UE pode ter maior transmissão de potência de ligação descendente a partir de uma célula maior, enquanto que o ganho de percurso maior de ligação ascendente pode ser a partir de uma célula pequena vizinha. Sendo assim o UE, pode associar a uma célula maior no *downlink* e na célula pequena no *uplink*. Uma solução viável baseada na cooperação entre BSs em diferentes níveis, seria um regime baseado na cooperação entre BSs em diferentes níveis, como, por exemplo, a cooperação entre uma célula maior e uma célula pequena, que podem ser desenvolvidos para diminuir a interferência na rede. Estes regimes precisam ser adaptáveis, considerando a localidade do usuário, as condições do canal para maximizar a eficiência espectral de energia da rede.

### 3.1.2 Conceitos de Inteligência no 5G

Segundo Ekram Hossain e colaboradores no artigo “5G Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio” (2014) [7] o termo inteligência aplicado na quinta geração, se deve ao fato dessa inteligência criar uma infraestrutura que permite a comunicação sem fio com taxas de dados de até 1 Terabits (Tbps) de comunicação, essa comunicação permitirá que a rede sem fio seja integrada a rede global através de uma operação dinâmica, justamente por ser uma arquitetura flexível.

Para que esse projeto consiga esse objetivo, esse sistema de inteligência deve possuir alguns requisitos primordiais como descreve o artigo.

- Protocolo e arquitetura de rede heterogêneas capaz de proporcionar uma cooperação entre a camada de enlace e a camada física. Além de fazer uma integração global de sistema sem fio, que seja capaz também de fornecer uma integração de conexão com fio juntamente com links de satélite de alta capacidade de uso.
- Aplicação para redes de Aldeia Global de Informação de Comunicação Multimídia (GIMCV) que possa interligar as aplicações, capaz de atender as necessidades do usuário em qualquer situação: saúde, educação, localização, etc.
- Capacidade de aplicação inteligente, que forneça comunicação através da tecnologia de rádio, com cobertura que atenda não só uma região específica, mas que interligue a uma rede global com uma taxa de 1 Tbps chegando até ao usuário com total mobilidade, seja dentro de casa ou dentro de um carro.

### 3.1.3 Como obter inteligência?

A estrutura de inteligência será composta de forma que seja adquirida na divisão do espectro da rede em pequenas células eficientes, com uma gestão dinâmica do espectro que será otimizado por diferentes tecnologias, como a utilização agregada do acesso à rede heterogênea.

No artigo “5G Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio” (2014) [7] Ekram Hossain e colaboradores afirmam que o conceito de Rádio Cognitivo (CR) e Rede Cognitiva (CN) usa uma frequência superior, e essa é a melhor maneira dessa inteligência ser implementada. Essa cognição é sustentada por técnicas adaptadas com alta performance, com capacidade de alcançar a comunicação global.

Reunindo todos esses aspectos, o projeto de uma rede inteligente será capaz de proporcionar uma conectividade a qualquer hora e em qualquer lugar, reunindo um ambiente de comunicação com e sem fio para toda uma rede global através de IP (protocolo de internet).

#### 3.1.4 Colaborações entre diferentes tecnologias

Como já foi descrito neste estudo, para que haja um aproveitamento inteligente da conexão da rede móvel na quinta geração é preciso haver uma colaboração entre tecnologias, e de acordo com Josef Noll e Mohammad M. R. Chowdhury autores do artigo 5G: Continuidade dos Serviços em Ambientes Heterogêneos (2011) [8], a estratégia desse sistema colaborativo é de fundamental importância para o funcionamento do projeto.

Na tabela a seguir, é possível ter uma visão geral da integração das tecnologias envolvidas, sendo que, cada geração tem seu papel importante na fundamentação do processo que incorpora o serviço específico de cada geração otimizando a comunicação em questão.

Segundo os autores, essa colaboração entre os sistemas é muito importante e deve ser suportada pelas interfaces disponíveis com autenticação transparente na integração e otimização dos serviços personalizado disponíveis.

Tabela 4 – Requisito colaborativo do sistema 5G

Generation	Frequency	Radio	Authentication	Devices	Applications
1G	450, 900 MHz	Analog	Credential	Handset	Voice
2G <sup>a</sup>	900, 1,800 MHz	TDMA	SIM, EAP-SIM	Handset	“1G” & SMS (data)
3G <sup>a</sup>	2,100 MHz (1,800 MHz)	WD-CDMA	USIM, ISIM, EAP-AKA	“2G” & modem	“2G” & multimedia
B3G/4G	450–2,700 MHz	OFDMA, SC-FDMA	UMTS-AKA & FutureSIM <sup>b</sup>	“3G” & inbuilt	“3G” & broadband
5G	450–5,800 MHz	Collaborative radio	Service continuity “B3G” & Diameter++	“B3G” & mobile TV, others	Service continuity

Fonte: Josef Noll · Mohammad M. R. Chowdhury (2011)

A tabela 4 é um resumo das aplicações que tende a servir como exemplo da aplicação na interface de rádio, com serviços específicos de cada tecnologia que serão selecionados para servir como suporte de colaboração.

### 3.1.5 Aplicações específica de interface de rádio

De acordo com o artigo, as altas taxas que o sistema da quinta geração propõem no ambiente de rede móvel sem fio é uma solução aplicada através de uma interface de rádio específica. Analisa que, as tecnologias 3G e LTE chegou a avançar nesta abordagem fornecendo operação na faixa de frequência de 450-2 e 700MHz, mas não seguiu em frente.

Aponta que a quinta geração unirá à sua qualidade de transmissão, seu foco principal, a preocupação com danos provocados a saúde e os seguintes:

- A redução do número de interfaces de rádio ativas minimizará interferências e aumentará o desempenho da rede;
- A redução de estações rádios contribuirá para a diminuição de riscos à saúde provocado por radiações de micro-ondas.
- O alto custo de fornecimento de serviços, que varia de tecnologia para tecnologia como por exemplo a tecnologia de voz, que fica mais barato produzir em 3G do que em 2G.

- Diferentes tipos de serviços exigem diferentes tipos de largura de banda de comunicação, então cada serviço só usará o requisito necessário para a comunicação desejada como por exemplo: o uso de voz por uma banda estreita será suficiente além de cumprir o requisito de menos consumo de energia.
- O uso do serviço do LTE conectado através da tecnologia 3G por circuito comutado.

Na figura a seguir, os autores do artigo “5G: Continuidade dos Serviços em Ambientes Heterogêneos” (2011) [8] propõem um entendimento melhor dessa aplicação de rádio colaborativa através de um cenário de uma rede móvel.

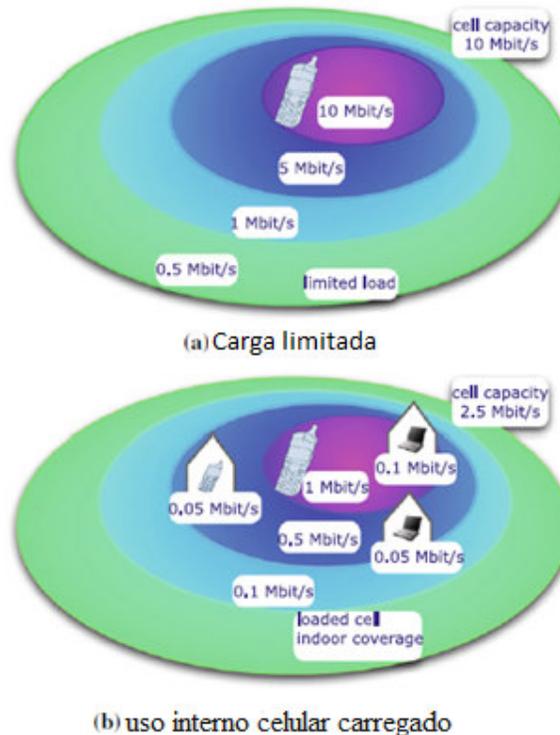


Figura 3 – (a) Carga limitada (b) Uso interno Celular carregado.  
Fonte: Josef Noll · Mohammad M. R. Chowdhury (2011)

Na figura em questão, em uma célula móvel com capacidade de 10 Mbits, o usuário só perceberá uma alta taxa de dados quando estiver perto do centro da célula, ou seja ao se afastar da célula haverá uma diminuição da taxa de dados para 0.5 Mbits como é mostrado na figura 3<sup>a</sup> mas sem perda de dados.

A capacidade de transmissão nesta célula será reduzida para 2.5 Mbits caso o aumento de tráfego aumente, como consequência os usuários das bordas só poderão ter 0.05 Mbits de transmissão, como pode ser visto na figura 3b.

A rede colaborativa propõem fornecer ao usuário final uma alta taxa de dados de transmissão, através do reforço geral da capacidade total da rede disponível como pode ser notado no entendimento proposto por Josef Noll e colaboradores (2011) [8].

Saddam Hossain em seu artigo “5G Sistemas de Comunicação Sem Fio (2013) ” [9], afirma que a rede 5G será uma nova tecnologia que irá fornecer todas as aplicações possíveis, usando apenas um dispositivo universal, e interligando a maioria das infraestruturas de comunicação já existentes. Os terminais 5G serão um multimodo atualizável e habilitado por rádio cognitivo. Terão softwares definidos com esquemas de modulação por rádio e a atualização do software poderá ser baixada da Internet. As redes móveis 5G incidirão sobre o desenvolvimento dos terminais de usuário, onde os terminais terão acesso a diferentes tecnologias sem fio ao mesmo tempo e vão consolidar fluxos de várias tecnologias. Além disso, o terminal vai fazer a melhor escolha entre os diferentes provedores de rede de acesso sem fio/celular para um determinado serviço.

### 3.1.6 Conceitos de CR (Rádio Cognitivo)

Para Hossain (2013) [7], rádio cognitivo é um transceptor (feixe), capaz de compreender e responder a um ambiente operacional através da comunicação computacional inteligente sobre recursos de rádio, explorando a comunicação relacionada de redes sem fio de forma adequada para atender as necessidades dos serviços.

### 3.1.7 Requisitos para a tecnologia 5G

Segundo Ekram Hossain e colaboradores no artigo “5G Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio” (2014) [7], os sistemas de comunicações móveis e sem fio 5G, exigirão uma mistura de novos conceitos de sistemas para aumentar a eficiência da energia espectral e para que isso ocorra ele elenca alguns requisitos básicos necessários para o sistema:

- Taxa de dados de latência: a previsão para áreas urbanas densas com redes 5G é que a taxa de dado será de 300 Mbps no *downlink* e 60 Mbps no *uplink*, isso em 95% dos locais.
- Tipo de Comunicação de Máquina (MTC) e dispositivos: o número de dispositivos sem fio tradicionais com conectividade com a internet (telefones inteligentes, *smartphones* e *tablets*) podem ser superados em número pelos dispositivos MTC que pode ser usado em veículos, eletrodomésticos, dispositivos de vigilância e sensores.
- Comunicação de ondas milimétricas: o aumento de tráfego e o aumento de diferentes dispositivos como também o aumento de serviços, vai demandar conseqüentemente de aumento de área espectral maior do que a alocada para o padrão 4G, a solução será a utilização de bandas de frequência de ondas milimétricas (28 GHz e 38 GHz) para solucionar o problema de pouco recurso espectral que permite a transmissão de bandas maiores do que a convencional de 20 canais MHz usado pelo sistema 4G.
- Vários RATs (Acesso de Tecnologia por Rádio): a proposta do padrão 5G não é substituir a tecnologia existente, mas melhorar as tecnologias que já existem como o GSM (Sistema Global de Comunicações Móveis), HSPA+ (Rede de Acesso de Pacotes em Alta Velocidade) e LTE (Evolução a Longo Prazo) proporcionando uma evolução do sistema para um desempenho melhor.
- Acesso priorizado ao espectro: a prioridade de acesso tanto em tráfego como em camadas existirá em redes 5G. Essa restrição se deve ao fato das diferentes necessidades do usuário, como confiabilidade,

requisitos de latência e restrição de energia. A prioridade com base em camadas é para garantir a proteção dos usuários que têm acesso compartilhado do espectro entre células maiores e células menores em uma rede de duas camadas, pois células pequenas podem criar “zonas mortas” em *downlink* para usuários de células maiores. Mas tanto o usuário de células maiores quanto de células menores desempenhará papel de alta prioridade (HPUEs) e baixa prioridade (LPUEs).

- Captação de energia para a comunicação eficiente: um dos principais desafios do sistema 5G será melhorar a eficiência energética dos dispositivos sem fio, com restrição de bateria e para prolongar o tempo de vida dessa bateria, bem como a melhoria da eficiência energética, uma solução interessante será captar energias ambientais (energia solar e eólica). Além disso, pode também se captar energia a partir de sinais de rádio ambiente (energia RF). A informação simultânea e a transferência de potência (SWIPT) é uma tecnologia promissora para redes sem fio 5G, mas os circuitos para captação de energia ainda não estão disponíveis para a arquitetura receptora convencional, sendo apenas projetada para transferência de informações, o que pode não dá certo para o SWIPT. Esse impasse é devido ao fato de ambas as informações tanto de energia como de transferência operar com diferentes sensibilidades receptoras (-10dBm e -60dBm), sendo assim a solução será fazer a combinação de diferentes tecnologias para fazer a captação de energia.

### 3.1.8 Arquiteturas da tecnologia 5G

A arquitetura, segundo o artigo de Saddam Hossain “5G Sistemas de Comunicação Sem Fio (2013) ” [9], mostra uma rede móvel em que os terminais e componentes de rede são dinamicamente adaptados e atualizados para cada nova situação.

De acordo com Hossain (2013) [9], a capacidade de atualização baseada em rádio cognitivo inclui a capacidade dos dispositivos móveis em determinar a localização e obter informações dessa localização (temperatura, tempo, etc.), dos espectros utilizados pelos dispositivos vizinhos e dessa forma fazer troca de frequência, ajuste de potência de saída e até mesmo alteração de parâmetros de transmissão.

Na figura apresentada por Hossain[9], é descrito como que o Rádio Cognitivo se comporta diante das mudanças no ambiente e como responde, procurando atender as operações requisitadas melhorando o seu desempenho.

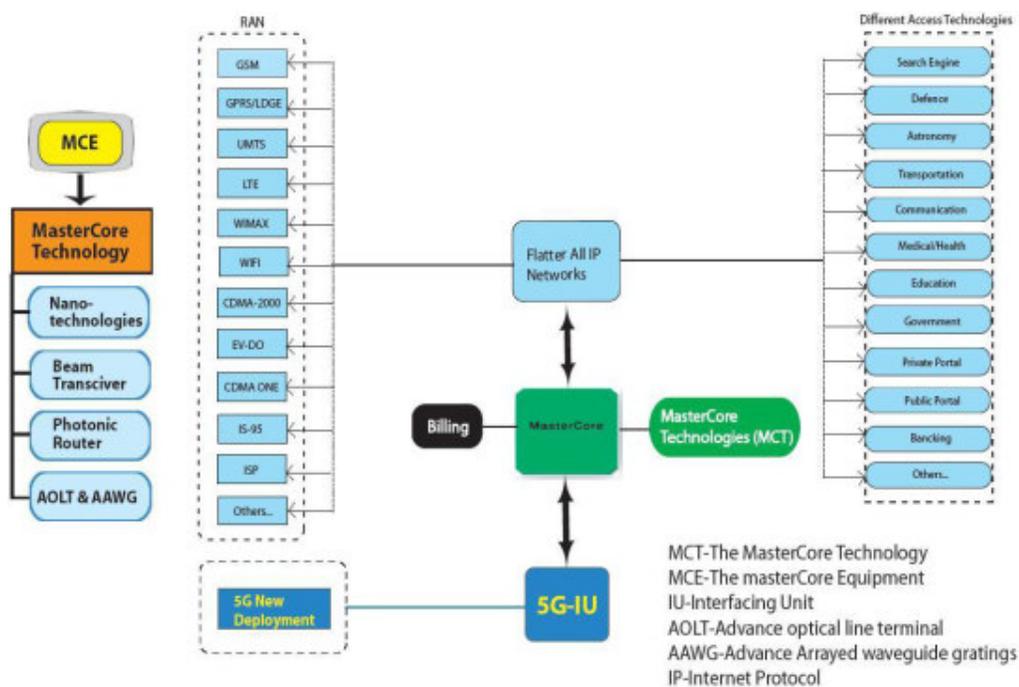


Figura 4 – Arquitetura 5G.  
Fonte: Saddam Hossain (2013)

Para os autores do artigo “Revisão da próxima geração de tecnologia de comunicação sem fio (2013)” [4] o núcleo de redes de telecomunicações existentes, são formados de maneira hierárquica onde o tráfego de assinantes é encaminhado no ponto de agregação (BSC/RNC) e, em seguida direcionado para o *gateway* como mostrado na figura abaixo. Eles afirmam que a arquitetura no plano de IP diminuirá a carga no ponto de agregação de tráfego passando diretamente da estação base para os *gateways* de mídia; todos os operadores de rede (GSM, CDMA, WiMax, rede fixa) poderão ser conectados a um único super núcleo com alta capacidade, ou

seja a realização de uma infraestrutura de rede única. Eles ainda afirmam que o conceito de super núcleo eliminaria todas as tarifas e complexidades de interconexão que as operadoras enfrentam no atual momento e que também reduziria o número de entidades de rede na extremidade de uma ligação à outra, reduzindo assim consideravelmente a latência.

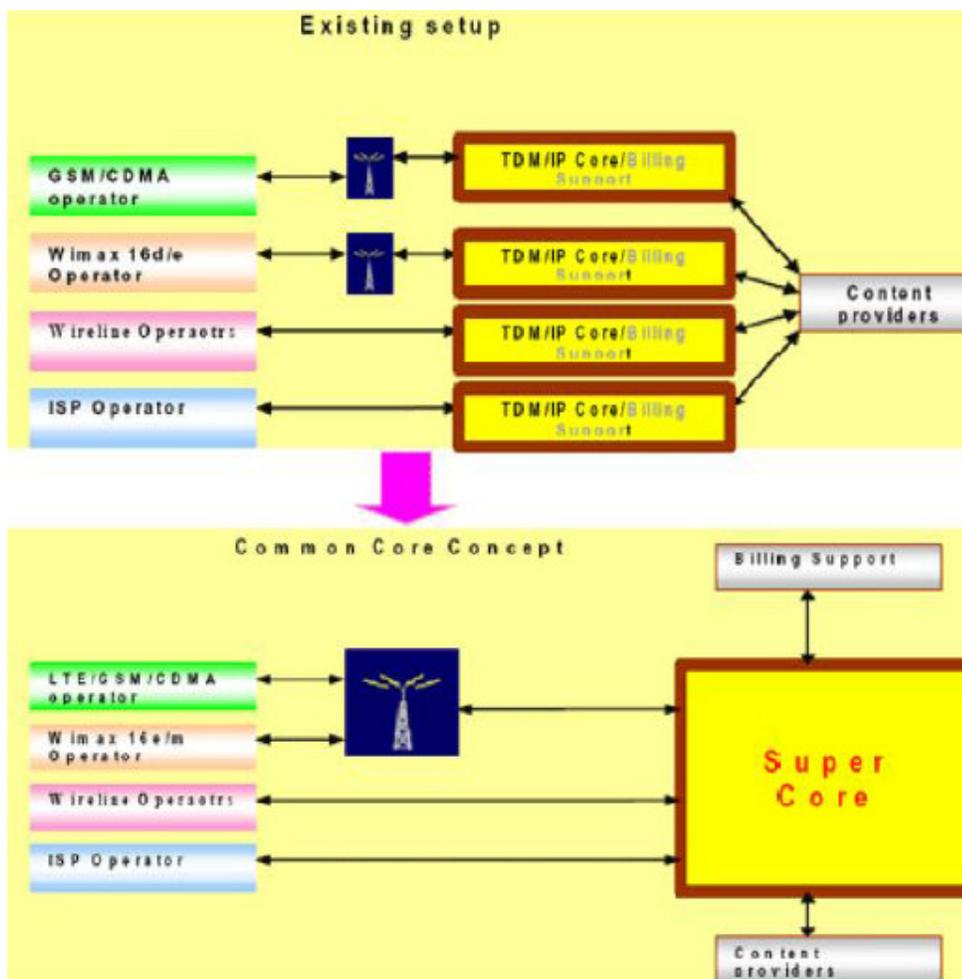


Figura 5 – Super núcleo  
Fonte: Arunabha Debnath (2013)

### 3.1.9 Núcleo Mestre

O autor conceitua o núcleo mestre, a convergência para a nanotecnologia, a Tecnologia Paralela Multimodo (PMM), a computação em nuvem, rádio cognitivo e plataforma de IP. O núcleo mestre ou núcleo central, mostrado na Figura 4, terá essa capacidade de gerenciar as funções particulares de cada tecnologia envolvida.

Como já foi dito, para que o projeto da quinta geração atinja o seu potencial, é necessário um terminal único capaz de operar em uma rede de acesso heterogênea. Para Saddam Hossain “5G Sistemas de Comunicação Sem Fio (2013) [9]” o terminal totalmente atualizável poderá alterar as funções de comunicação dependendo da rede ou da demanda de usuários.

Para o autor o núcleo mestre sendo expansível e suportando várias tecnologias faz com que a capacidade de atualização seja auto adaptada para um ambiente dinâmico que está sempre sendo alterado, essa adaptação tem a missão de satisfazer um determinado conjunto de requisitos com o objetivo de melhorar a prestação de serviços e utilização do espectro.

Cada vez que o núcleo mestre percebe uma solicitação de serviço por parte do usuário ou por demanda, ele altera o seu status de comunicação de rede para não deixar que o serviço tenha uma alteração de qualidade no processo final. O autor explica que a capacidade de atualização pode ser feita tanto no *software* quanto no *hardware*, e apenas por operadoras quando estas acrescentarem na rede equipamentos adicionais para aumentar a capacidade da rede em um determinado momento.

Na figura a seguir o autor descreve como que o núcleo mestre gerencia o processo de atualização da rede em um determinado momento específico, interligando *hardware* e *software* e processadores programados para executar tarefas com diferentes elementos de processamento para fins e objetivo diversos.

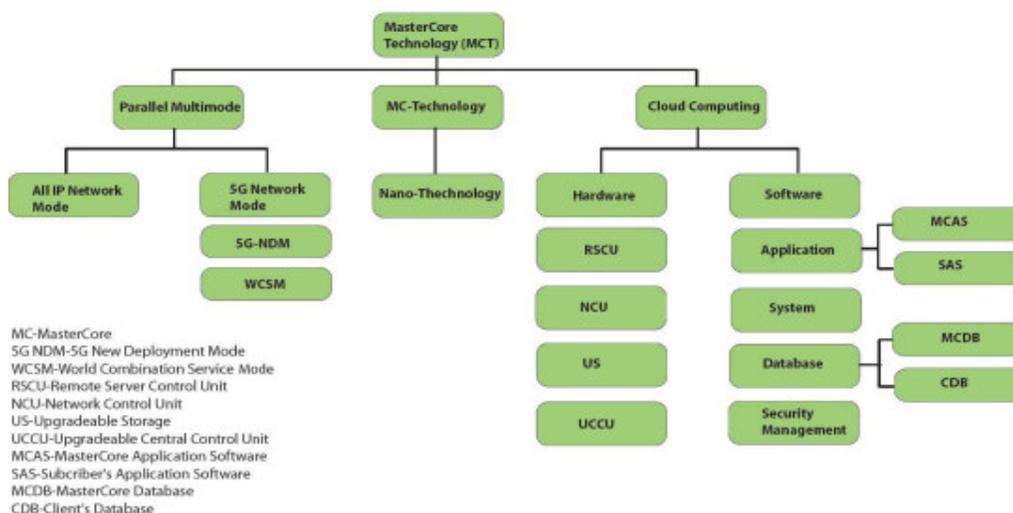


Figura 6 – Segmentos da Tecnologia do Núcleo Mestre  
 Fonte: Saddam Hossain (2013)

### 3.1.10 Necessidade da tecnologia 5G

Para Hossain[9] a tecnologia 5G se faz necessária para que a rede móvel possa fornecer maior facilidade de interação do usuário com seus dispositivos móveis em tempo real, e que o usuário sinta a diferença não só nas altas taxa de transferência mas também em outros requisitos como:

- Interoperabilidade entre as operadoras;
- Menor consumo do uso de bateria;
- Menor probabilidade de interrupção de conexão;
- Melhor cobertura e taxas de dados disponível na borda da célula;
- Maior segurança ao acesso dos serviços;
- Maior taxa de dados em mobilidade;
- Plataforma que suporte todos os tipos de tecnologias de acesso;
- Melhor escolha de caminhos de transferência simultânea de dados;
- Aplicações web sem fio com capacidade de velocidade superior a 4G;
- Aplicações combinadas com inteligência artificial;
- Taxas mais baratas de tráfego devido ao baixo custo de implantação de infraestrutura;
- Não prejudicial à saúde humana e,
- Antenas com sistemas inteligentes de feixe.

Para o autor o padrão 5G será uma tecnologia que irá fornecer todas as aplicações possíveis usando apenas um dispositivo universal e interligando a maioria das infraestruturas de comunicação já existente. Os terminais 5G será multimodo atualizável habilitado por rádio cognitivo. Esse terminal teria um software com esquemas definidos de modulação por rádio, que para ser atualizado basta baixar da internet. Esse terminal fará a melhor escolha entre os diferentes provedores de rede acesso sem fio para um determinado serviço.

Na tabela abaixo o autor faz uma comparação descritiva das características importantes de cada tecnologia e o avanço que cada uma obteve ao longo da trajetória da Rede Móvel de Comunicação Sem Fio.

Tabela 5 – Comparação básica entre 3G, 4G e 5G

Tecnologia / recursos	3G	4G	5G
Largura de banda de dados	2Mbps	2Mbps a 1Gbps	1Gbps ou Superior (por demanda)
Frequência de Banda	1.8 – 2.5 GHz	2 – 8 GHz	3-300GHz
Normas	WCDMA CDMA-200 TD-SCDMA	Acesso incluindo: OFMDA, MC-Rede CDMA – LMPS	CDMA e BDMA
Serviço	Áudio de alta qualidade integrada, vídeo e dados	Acesso à informação dinâmica; Transmissão HD; Roaming Global;	Acesso à informação dinâmica, Transmissão HD; qualquer demanda de usuários; União de todas as tecnologias; Roaming global sem problemas;
Acesso Múltiplo	CDMA	CDMA	CDMA e BDMA
Núcleo de Rede	Rede de pacotes	Rede por IP	Rede por IP e 5G Interface de Rede (5G-NI)
Definição	Banda Larga Digital, Pacote de dados	Banda Larga Digital, Pacote de dados, Rede por IP	Banda Larga Digital, Pacote de dados, Rede por IP, Alto Rendimento
Não Interferência	Horizontal	Horizontal e Vertical	Horizontal e Vertical
Início	2001	2010	2015

Fonte: Saddam Hossain (2013)

## 4 CONCLUSÃO

A Rede de Telefonia desde o seu surgimento, sofreu grandes transformações na comunicação e ao longo do tempo obteve grandes mudanças oferecendo serviços que em tempos atuais possui tecnologia de comunicação que proporciona essa comunicação entre dispositivos móveis com alta performance de interoperabilidade até em locais de difícil acesso. O sinal analógico foi transformado em sinal digital, o aparelho de comunicação que antes tinha um espaço fixo garantido, cedeu o seu lugar para um dispositivo móvel que, com sua grande capacidade de armazenamento e funcionalidades proporciona ao usuário uma conexão através de uma rede sem fio de alta qualidade.

Geralmente quando uma nova geração de telefonia móvel é implementada ela não tem um prazo final de entrega de serviço totalmente implementado, fatores esses que nem sempre depende de empresas que revendem seus serviços, mas de processos que acabam sofrendo mudanças ao longo do projeto. Como foi visto a Terceira Geração (3G) é que tem uma usabilidade maior de seus serviços, enquanto que a sua sucessora a Quarta Geração (4G) ainda não foi totalmente propagada. Mas, como foi visto neste estudo a Quinta Geração (5G) já está em fase de teste, com promessas de ser implementada até meados de 2020, sendo revolucionária em seus serviços, unindo tecnologias que existe na Geração 3G como voz, dados, vídeos e serviços disponíveis na Geração 4G como: Banda Larga Digital, Comunicação por IP, Transmissão HD, Dinamismo de troca de informação, etc.

O propósito da Tecnologia 5G não é ser uma nova tecnologia, apesar de o nome sugerir uma nova geração, mas sim de unificar o que há de melhor na tecnologia 3G e 4G. Além disso, pretende melhorar a parte do hardware como por exemplo os próprios dispositivos que servirão de estações bases para conexão entre os dispositivos, sendo assim, não haverá perda de sinal ou interrupção de serviços, conseguindo então manter a qualidade de conexão.

É grande a expectativa de melhoria em torno dessa tecnologia, mas, como ainda não há um teste final, tudo que se diz são apenas especulações que pode aproximar do projeto que vem sendo estudado e testado, ou senão exatamente como tal, e se tudo realmente concretizar, será um grande avanço da Rede de Comunicação de Telefonia Móvel.

## 5 REFERÊNCIAS

- [1] Ms. Reshma S. Sapakal e Ms. Sonali S. Kadam “5G Tecnologia Móvel” 2013.
- [2] Huawei Technologies CO, LTD. “5G Uma Visão Tecnológica” 2013.
- [3] Woon Hau Chin, Zhong Fan, e Russell Haines “5G Tecnologias Emergentes e Desafios para Redes Sem Fio” 2013.
- [4] Mr. Arunabha Debnath e Mr. Abhinandan “Revisão da Próxima Geração Tecnológica de Comunicação Sem Fio” 2013.
- [5] Mota A. Tiago “Redes 3G e Evolução para as Redes 4G” 2009.
- [6] Cornelia Ionela Badoi, Neeli Prasad, Victor Croitoru, Ramjee Prasad “5G Baseado em Rádio Cognitivo” 2010.
- [7] Ekram Hossain, Mehdi Rasti, Hina Tabassum, e Amr Abdelnasser “5G: Evolução para Múltiplas Camadas Celular Sem Fio” 2014.
- [8] Josef Noll, Mohammad M. R. Chowdhury “5G: Continuidade do Serviço em Ambiente Heterogêneos” 2011.
- [9] Hossain Saddam “Sistemas de Comunicação Sem Fio” 2013.