

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA - DAELN
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE
COMPUTADORES**

REDES 5G

**CURITIBA
2015**

RAFAEL VIEIRA TRISTÃO

REDES 5G

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de especialista em Teleinformática e Redes de Computadores, do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Alexandre S. Pereira Cardoso, MSc.

CURITIBA

2015

RAFAEL VIEIRA TRISTÃO

REDES 5G

Monografia apresentada ao Departamento de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito final para avaliação e aprovação do Curso de Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores.

Data de Aprovação:

___/___/_____

Banca Examinadora:

Profº Alexandre S. P. Cardoso, MSc. (Orientador)

SUMÁRIO

RESUMO	V
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	7
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	7
1.3 JUSTIFICATIVA TEÓRICA E PRÁTICA	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 REDES DE TELEFONIA MÓVEL (1G, 2G, 3G, 4G, 5g).....	10
2.2 REDES 5G.....	12
2.3 TECNOLOGIAS	13
2.4 DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO DA REDE 5G NO BRASIL E NO MUNDO	21
3 METODOLOGIA	24
3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	24
3.2 DELIMITAÇÃO E DESIGN DA PESQUISA.....	24
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	26
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	30
6 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	34

RESUMO

O presente trabalho irá abordar as principais questões envolvendo a próxima rede de telefonia móvel (5G). Na Introdução é feita uma abordagem sobre o tema, suas características, os problemas envolvidos, os objetivos, as etapas do trabalho e os resultados esperados que serão obtidos ao final da pesquisa.

A Revisão da Literatura será feita através de artigos científicos publicados em jornais, revistas e outros Órgãos da área de tecnologia e telecomunicações. A pesquisa será feita com foco nas tecnologias que serão necessárias para compor a estrutura das novas redes 5G. Além disso, serão estudados tópicos referente à todas as gerações de telefonia móvel e por fim, será descrito como andam os testes, preparativos e desenvolvimento da estrutura das redes 5G no Brasil e no Mundo.

O terceiro capítulo irá apresentar os procedimentos da pesquisa, utilizados para coleta de dados e também a forma adotada para tratamento dos mesmos. Além disso, será feita a especificação do problema e as perguntas que deverão ser respondidas através da pesquisa.

Na Apresentação dos Resultados serão descritos obviamente os resultados da pesquisa, abordando todas as gerações anteriores de telefonia móvel, apresentando as melhorias que serão feitas para as futuras redes e também sobre os desafios que deverão ser resolvidos para a construção dessas arquiteturas de rede.

Como irão funcionar/trabalhar essas novas redes para fornecer conectividade à bilhões de dispositivos que certamente farão parte da nossa sociedade à partir de 2020 será o assunto discutido no capítulo cinco (Discussão dos Resultados).

E a Conclusão irá mostrar os pontos mais interessantes dessas novas tecnologias, além de definir a importância que essas redes de telefonia móvel exercem na sociedade que vivemos. Irá abordar também como anda o desenvolvimento do 5G pelo mundo, mostrando quem está saindo na frente.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de comunicação das pessoas desde que os aparelhos celulares começaram a aparecer no mercado aumentou exponencialmente, não só em termos de telefonia, mas por troca de dados pela Internet. Esse consumismo obriga o setor de Telecomunicações fornecer toda a estrutura necessária para dar suporte às toneladas de bits trafegadas diariamente pelas redes. A partir de 1980, as primeiras gerações de telefonia móvel focaram em fornecer telefonia de qualidade, principalmente através da comutação por circuitos. Desde que o 3G foi implantado em meados dos anos 2000, o foco mudou e o objetivo passou a ser o de dar sustentação à troca de dados via IP e fornecer serviços através da Internet. Avançando na questão, as redes 4G foram estruturadas para prover a troca de dados via IP, exclusivamente, com comutação por pacotes.

Devido a todas essas características que antecederam as Redes 5G, essa nova geração de telefonia móvel vem com objetivos de conceber ao usuário uma experiência gigabit, trabalhar com uma latência muito reduzida, próxima a zero, possibilitar conectividade ubíqua, como sugere Patel, Chauhan e Kapadiya (2012) "A rede de amanhã será a "rede das redes" e irá prover serviços ininterruptos ao fazer roaming através de inúmeros acessos via rádio". Mas para que isso se torne realidade, existem enormes desafios que precisam ser resolvidos.

Vários países já começaram o desenvolvimento das redes 5G para que a partir de 2020 seja possível oferecer ao público em geral toda a experiência que se espera com as novas tecnologias que irão compor a estrutura dessas redes.

Com isso, o objetivo do trabalho é pesquisar como anda o desenvolvimento dessas redes no Brasil e no mundo, especular as tecnologias que serão empregadas e ao mesmo tempo levantar todos os desafios que exigirão uma evolução muito grande nas técnicas de comutação, de multiplexação e por fim, do espectro eletromagnético.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Conseguir fornecer uma estrutura que suporte os bilhões de dispositivos que estarão conectados à Internet em 2020 e superar os inúmeros problemas de infraestrutura é uma tarefa árdua para todo o setor de Telecomunicações. Os recursos físicos, como a faixa do espectro eletromagnético é bem limitada, algumas políticas públicas e dificuldades de investimentos também trazem grandes dificuldades ao setor. Segundo Cornélio (2011), o Sistema LTE encontra muitas dificuldades para entrar no mercado brasileiro, pois os governos e a ANATEL ainda não chegaram a um acordo sobre qual frequência será reservada ao LTE, além do valor econômico que essa tecnologia trará para o Brasil, porém já existe certa “pressão” (principalmente por parte da indústria) pela adoção da Frequência 2,5 GHz, dessa maneira os fabricantes estarão garantindo a compatibilidade entre os equipamentos e, conseqüentemente, a queda nos custos. E mais, segundo algumas publicações, o Ministério das Comunicações pretende encerrar os serviços de TV associados à faixa dos 700 MHz somente em 2016.

A pesquisa se focará nos desafios para implementar as redes de telefonia móvel e em específico o 5G, além de levantar as tecnologias e técnicas que serão utilizadas para resolver essas questões.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Apresenta-se a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos que ajudam no entendimento dos objetivos desta pesquisa.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar todas as tecnologias e levantar os desafios na implementação das Redes 5G.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar as estratégias na utilização da limitada faixa do espectro eletromagnético;
- Identificar as técnicas que poderão fornecer conectividade e resiliência aos dispositivos;

- Analisar os principais desafios que serão encontrados no desenvolvimento das redes 5G;

1.3 JUSTIFICATIVA TEÓRICA E PRÁTICA

Abaixo encontram-se as justificativas teórica e a prática deste trabalho.

1.3.1 JUSTIFICATIVA TEÓRICA

O avanço da telefonia móvel é explicado pela necessidade de comunicação universal em todas as áreas, entre pessoas físicas, entre empresas e consumidores, de simples aplicativos até processos complexos gerenciados na Internet. Essa dependência faz com que o setor de Telecomunicações evolua e crie maneiras de suportar o grande volume de dados trafegados diariamente nas redes.

A Internet das Coisas é um ótimo exemplo para justificar a necessidade do avanço em pesquisas e investimentos na próxima rede de telefonia móvel. A complexidade das aplicações e a dependência cada vez maior pela Internet faz com que o segmento cresça e melhore cada vez mais seus produtos e serviços.

1.3.2 JUSTIFICATIVA PRÁTICA

Devido aos grandes desafios da área, a busca por soluções para problemas como a falta de espaço no espectro eletromagnético ou ter que aumentar significativamente a velocidade nas transmissões, as Redes 5G serão necessárias e até fundamental para suportar o avanço no uso de aparelhos móveis como smartphones, relógios inteligentes e tablets além de possibilitar futuras implantações como carros autônomos, cidades inteligentes, cirurgias à distância, entre outros produtos e serviços que irão facilitar e dar conforto a bilhões de pessoas pelo mundo “Com o aumento de escala de dispositivos IoT e a adoção do IPv6 (Internet Protocol version 6) é previsto um aumento exponencial de sistemas inteligentes nas cidades” (CAVALHERI, 2015).

A monografia irá abordar todos esses temas sobre as Redes 5G e como elas serão peças chave para fornecer conectividade e interação entre as pessoas. Serão abordadas também as principais tecnologias que irão ditar as tendências tecnológicas para a próxima década, e por fim, levantar todos os desafios que

deverão ser superados para dar estrutura à nova geração de redes de telefonia móvel.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 REDES DE TELEFONIA MÓVEL (1G, 2G, 3G, 4G, 5G)

As gerações celulares diferem, em geral, em quatro aspectos principais, segundo Mousa (2012): acesso via rádio, taxas de dados, largura de banda e tecnologias de comutação. O 1G, primeira geração de sistemas celulares, era um sistema predominantemente analógico, teve uma largura de banda na faixa de 10 a 30 kHz, dependendo do tipo e do serviço do sistema. As taxas de dados oferecidas ficavam em torno de 10 Kbps após a conversão analógica para digital. O acesso de rádio era o FDMA e a comutação era por circuito, adequada para serviços de voz.

A primeira fase do 2G (segunda geração) com tecnologia GSM oferecia uma taxa de dados de até 9,6 Kbps e aumentou na segunda fase para atingir uma taxa de pico de mais do que 300Kbps com largura de banda de 200 KHz. A Alteração para comutação por pacote em adição ao de circuito começou a partir da segunda fase e o acesso via rádio foi o TDMA / FDMA.

Para os sistemas do 3G (Terceira Geração), a taxa de dados de pico começou de 2 Mbps na primeira fase e se aproximou de 50Mbps em fases consecutivas em com uma ampla largura de banda de 5 MHz. O regime de acesso aprovado para o 3G foi o CDMA e a comutação continuou a ser por circuito em adição ao de pacote. No entanto, no início do 3,5G, com o sistema HSDPA, o foco era apenas na comutação por pacotes.

No 4G (quarta geração), as taxas de dados de pico começaram a 100 Mbps e teoricamente deve alcançar mais de 1 Gbps no downlink que se beneficiam de uma largura de banda variável de 20, 40 ou até mesmo 70 MHz. A comutação só por pacote ou All IP foi aprovada e o acesso de rádio mudou de CDMA para OFDMA e SC-FDMA. Em adição aos sistemas celulares, as tecnologias sem fios atuais incluem Redes Locais sem Fio (WLAN) 802.11 e Redes Metropolitanas sem Fio (WMAN) 802.16. Além disso, *ad-hoc* Rede Pessoal sem fio (WPAN) e redes sem fio para TV digital estão ganhando mais interesse. “As gerações futuras irão incluir novos sistemas, tais como sistemas de acesso à banda larga sem fio, sistemas de transporte inteligentes, estação de plataforma de alta altitude e redes locais de ondas milimétricas” (MOUSA, 2012). Chave para as futuras gerações de

comunicação móveis são as comunicações multimídia, acesso sem fio às redes de banda larga fixa, e roaming entre diferentes sistemas.

Mousa (2012) indica que em sistemas móveis 4G, tais como WLAN, WMAN e celular, as tecnologias são combinadas em uma plataforma comum e interoperável para oferecer serviços em diferentes ambientes de rádio.

Por outro lado, o 5G (quinta geração de redes móveis sem fio) pode ser uma completa comunicação sem fio sem limitação, que nos trazem em um perfeito mundo real sem fio - World Wide Wireless Web (WWWW). 5G é um nome usado em alguns trabalhos de pesquisa e projetos para denotar a próxima grande fase de normas de telecomunicações móveis para além das normas do 4G / IMT-Advanced. Atualmente, 5G não é um termo usado oficialmente para qualquer especificação ou qualquer documento oficial tornado público pelas empresas de telecomunicações ou organismos de normalização, como 3GPP, o WiMAX Forum, ou ITU-R "A tecnologia 5G ainda não é padronizada, provavelmente terá o seu padrão definida em 2 ou 3 anos e seu desenvolvimento será iniciado à partir de 2020" (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012).

Apesar do mérito do largo espectro na faixa das ondas milimétricas, Karjalainen (2014) diz que esse tipo de comunicação celular tem sido considerado como um desafio. Principalmente devido as características do canal no espectro mm da onda, ou seja, grande perda de percurso, bem como o impacto da absorção de CO₂ atmosférico, O₂ e atenuação por chuva / névoa / neve que são esperados para reduzir a cobertura do serviço de forma significativa em comparação com sistemas móveis de banda larga já existentes. Além disso, apoio à mobilidade tem sido limitado. Tradicionalmente, devido a razões acima mencionadas, os cenários de potencial implantação da tecnologia mm de ondas foram pensados para ser limitado a uma comunicação de curto alcance, ponto-a-ponto em condições de line-of-sight (LOS) com baixa mobilidade. No entanto, segundo Karjalainen (2014), os resultados recentes demonstram que a comunicação mm de onda a 28 GHz foi provada ser uma tecnologia viável para a comunicação celular ao ar livre.

As últimas 3 gerações de telefonia móvel evoluíram muito, desde as tecnologias implantadas até as técnicas avançadas utilizadas em antenas, multiplexação e eficiência da rede. O quadro abaixo explica as principais diferenças entre elas:

Technology/features	3G	4G	5G
Data Bandwidth	2Mbps	2Mbps to 1Gbps	1Gbps & Higher (as demand)
Frequency Band	1.8 - 2.5 GHz [16]	2 - 8 GHz [16]	3-300GHz [16],[18]
Standards	WCDMA CDMA-200 TD-SCDMA [19]	All access convergence including:OFMDA,MC-CDMA Network-LMPS [19]	CDMA & BDMA
Technology	Broad bandwidth CDMA,IP technology [19]	Unified IP And seamless combination of broadband LAN/WAN/ PAN and WLAN [19];	Unified IP and seamless combination of broadband, LAN/WAN/PAN/WLAN [19] and technologies for 5G new deployment (could be OFDM etc.);
Service	Integrated high quality audio, video and data	Dynamic information access, wear-able devices, HD streaming; global roaming;	Dynamic information access, wear-able devices, HD streaming; any demand of users; upcoming all technologies; global roaming smoothly;
Multiple Access	CDMA	CDMA	CDMA & BDMA
Core Network	Packet Network	All IP Network	Flatter IP Network & 5G Network Interfacing(5G-NI)
Definition	Digital Broadband, packet data	Digital Broad band, Packet data, All IP	Digital Broadband, Packet data All IP, Very high throughput
Hand off	Horizontal	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical
Start from	2001 [12]	2010 [12]	2015 [12]

Figura 1 Diferenças entre as três últimas gerações de telefonia móvel.

Fonte: 5G Wireless Communication Systems, 2013, p.346.

2.2 REDES 5G

Mousa (2012) cita que a principal diferença, do ponto de vista do usuário, entre as gerações atuais e técnicas esperadas para o 5G será oferecer uma maior taxa de transferência; outros requisitos incluem:

- Menor consumo de bateria;
- Baixa probabilidade de falha; melhor cobertura e altas taxas de dados disponíveis na borda da célula;
- Múltiplos caminhos de transferência de dados simultâneos;
- Taxa de dados de aproximadamente 1 Gbps em mobilidade;
- Mais seguro; melhor rádio cognitivo / SDR Segurança;
- Maior nível de eficiência espectral;

- Worldwide wireless web (WWWW), aplicações sem fio baseadas na web que incluem completa capacidade multimídia além das velocidades do 4G;
- Mais aplicações combinadas com Inteligência Artificial (AI) antecipando que a vida humana será cercada por sensores artificiais que poderá se comunicar com telefones celulares;
- Não é prejudicial para a saúde humana;
- Taxas de tráfego mais baratas devido aos baixos custos de implantação da infra-estrutura;

Segundo Hossain (2013) o 5G será a nova tecnologia que irá fornecer todos os tipos de aplicações possíveis, utilizando apenas um dispositivo universal, e interligando a maior parte das infra-estruturas de comunicação já existentes. Os terminais 5G serão multimodo reconfiguráveis e com rádio cognitivo habilitado. As redes móveis 5G vão concentrar-se no desenvolvimento dos terminais de usuários, onde os terminais terão acesso a diferentes tecnologias sem fios ao mesmo tempo e vai combinar diferentes fluxos de diferentes tecnologias. Além disso, o terminal irá fazer a escolha final entre diferentes redes de acesso sem fio para um determinado serviço.

“O núcleo pode ser uma convergência de novas tecnologias como a nanotecnologia, computação em nuvem e Rádio cognitivo, e com base em todas as plataformas IP” (HOSSAIN, 2013). Essas novas tecnologias e os requisitos acima mencionados serão os próximos desafios em direção ao desenvolvimento 5G.

2.3 TECNOLOGIAS

A seguir apresentam-se as principais tecnologias que devem fazer parte e compor as redes 5G.

2.3.1 Rádio Cognitivo (CR) – Novas formas de utilização do Espectro

A cada nova geração de dispositivos móveis é normalmente atribuído novas bandas de frequência e mais uma ampla largura de banda espectral por canal de frequência, mas há pouco espaço para novas bandas de frequência ou canal de larguras de banda maiores. Isso ocorre porque o espectro tem sido e continuará a ser um recurso escasso para a indústria de mobile-comunicação. Historicamente, até agora, a indústria móvel tem contado com espectro dedicado para comunicação móvel e licenciado para um determinado operador. No entanto, em situações em que o espectro licenciado não estiver disponível, outras possibilidades de aumentar o espectro são de interesse. Isto poderia incluir o uso de espectro não licenciado ou secundário de espectro utilizado principalmente para outros serviços de comunicação, como um complemento para as operações no espectro licenciado. Espaço no espectro (em certas áreas) que não é utilizado é muitas vezes referida como "espaço em branco". Relacionado a isso entra o conceito de rádio cognitivo. No entanto, a aplicabilidade do rádio cognitivo para a comunicação celular é uma área relativamente nova e mais estudos são necessários para avaliar a viabilidade e o impacto de tal uso. Tecnologia de rádio cognitivo permite diferentes tecnologias de rádio compartilhar o mesmo espectro de forma eficiente e por forma adaptativa encontrar espectro não utilizado e adaptar o esquema de transmissão para utilizar o espectro. Esta gestão de recursos de rádio dinâmico é alcançada de forma distribuída, e depende de rádio definido por software. "Imagine-se modificando o seu aparelho celular de TDMA para CDMA pelo simples download de software através da INTERNET ou mesmo via rádio diretamente de uma ERB. Ou um turista, que ao viajar pela América do Sul simplesmente liga o seu celular e o aparelho se reconfigura automaticamente para a faixa de frequências e interface aérea da operadora do país em questão. Com a chegada da TV Digital, um software poderá ser carregado no aparelho celular de forma a poder assistir e interagir com a programação local. Enfim, este mesmo aparelho poderia ser reconfigurado para uma série de serviços, tarefas e aplicativos simplesmente pela substituição de softwares, desde a camada física até a camada de aplicação. Este é o cenário esperado para um futuro próximo, cuja tecnologia chave para o seu desenvolvimento é a de Rádios Definidos por Software (RDS)" (LIMA, 2013).

Segundo Patel, Chauhan e Kapadiya (2012), a tecnologia de rádio cognitivo estará em sistemas mais eficientes de comunicação via rádio a serem desenvolvidas. Estas novas tecnologias de rádio irão compartilhar o mesmo

espectro de forma eficiente por encontrar espectro não utilizado e adaptar o esquema de transmissão para os requisitos da tecnologia que está compartilhando o espectro. “O rádio cognitivo terá conhecimento de canal livre e canal ocupado, o tipo de dados a serem transmitidos, esquema de modulação, a posição de equipamentos de recepção e também outras variáveis do meio ambiente” (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012). Com o conhecimento dos parâmetros acima o rádio deve capturar o melhor espectro disponível para atender às necessidades dos utilizadores e qualidade dos serviços. Quando o nível de ocupação aumenta, em seguida, os sistemas de rádio cognitivos (RC) tem de se mover continuamente de um canal para outro, reduzindo a eficiência do sistema e, no pior caso, o sistema não funcionará. Como um aumento da utilização de rádio cognitivo em uma única frequência, o algoritmo deve ser eficaz de modo que o desenvolvimento do sistema RC irá mover-se somente quando for necessário.

2.3.2 Acesso múltiplo por divisão de feixe e Beamforming:

De acordo com Patel (2012) um sistema de comunicação móvel tem para prestar um serviço de qualidade a um grande número de usuários e a um custo menor. Um grande desafio para a tecnologia sem fio é aumentar a capacidade do sistema com qualidade dentro de um espectro de frequência limitada. Para resolver este problema são necessárias técnicas de acesso múltiplo. Hoje em dia no sistema sem fio, são exemplos o FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access) e OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), diversas técnicas de acesso são utilizadas. Atualmente, técnicas de divisão de frequência e tempo são utilizadas entre vários usuários. Por conseguinte, a capacidade de um sistema de comunicação móvel depende do tempo e frequência. Pesquisas e desenvolvimento na Coreia do Sul sugeriram o BDMA como uma interface de rádio para 5G, que não é dependente dos recursos de frequência / tempo.

Na técnica BDMA (Beam Division Multiple Access), a estação base atribui um feixe separado para cada estação móvel para que a antena direcione o feixe de acordo com a localização de estações móveis. “Esta técnica de acesso múltiplo

aumenta significativamente a capacidade do sistema” (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012). Inicialmente, a estação base e estação móvel não conhecem as posições um do outro de modo que a estação móvel encontra a sua posição e sua velocidade de movimento e transmite omnidirecionalmente do mesmo para a estação base. Com base na velocidade e posição da estação móvel em movimento, a estação base calcula a direção e largura de um feixe de downlink. Quando a estação móvel e a estação base estão em estado LOS e sabem a posição do outro, então ambos podem comunicar uns com os outros pelo feixe separado. Na técnica de BDMA, múltiplos feixes de padrões distintos são formados usando o agrupamento de fase da antena. Quando as estações móveis estão localizadas a um ângulo diferente com a estação base, a estação base transmite um feixe diferente no ângulo diferente para transmitir dados simultaneamente. Se as estações móveis se encontram no mesmo ângulo com a estação de base, então eles compartilham o mesmo feixe. A estação de base pode alterar a largura dos feixes, a quantidade de feixes e a direção de acordo com um ambiente de comunicação. O feixe é dividido em três dimensões para que ele possa acomodar mais usuários. A eficiência de radiação da antena pode ser maximizada com a correspondência de padrão de radiação da estação móvel e antenas da estação base.

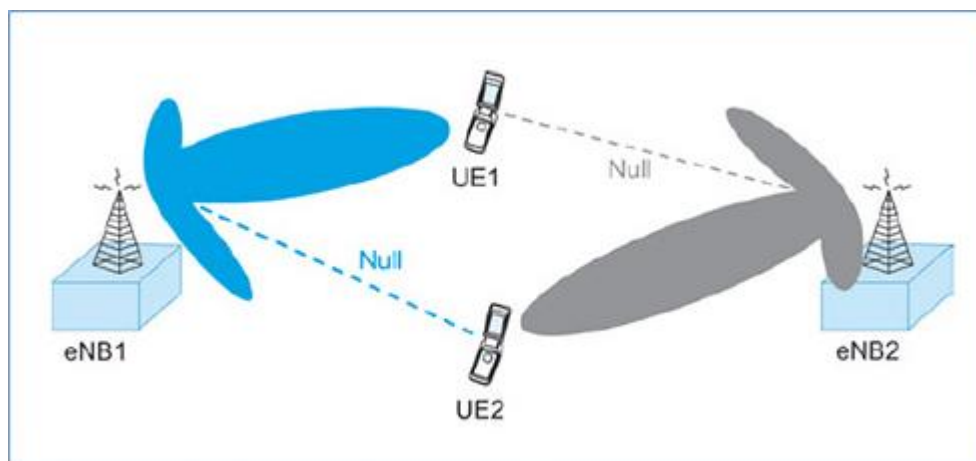


Figura 2 Sistema Beamforming.

Fonte: 5G Wireless Communication Systems, 2013, p.346.

2.3.3 Suporte IPV6:

Segundo Sule e Joshi (2014), o core da rede IP será baseada em IPv6 (IP versão 6) em vez de IPv4. Isto é mais propício para um grande número de dispositivos com endereços IP e também suporta a mobilidade muito melhor que seu antecessor. O núcleo IP provavelmente será implementado usando ATM (Asynchronous Transfer Mode) - um passo evolutivo do núcleo 3G baseado em Frame Relay. No sistema 5G, cada telefone celular terá permanente um endereço IP "Home" e "cuidados de endereço", que representa a sua localização atual. Quando um computador na internet quer se comunicar com o telefone celular depois da primeira vez, ele envia um pacote para o "endereço de casa" e subsequentemente o servidor no endereço de casa envia um pacote para a localização real através da rede local. O servidor também envia um pacote para o computador para informar o endereço correto para que os futuros pacotes sejam enviados para esse endereço. Por causa das múltiplas camadas e sub-redes o IPv6 é necessário para a mobilidade. Os endereços IPv6 são de 128 bits, que é quatro vezes mais do que os 32 bits do IPv4. Este endereço de 128 bits será dividido em quatro partes. A primeira parte de 32 bits pode ser definido como o endereço residencial de um dispositivo, segunda parte pode ser usado para "cuidados de endereço", à terceira parte para tunelamento para estabelecer uma conexão entre a linha e a rede local sem fio e última parte do endereço IPv6 pode ser usado para uma VPN. O objetivo da rede 5G é substituir a rede móvel atual com um único padrão de rede em todo o mundo com base em IPv6 para o controle de pacote de dados, vídeo e voz.

2.3.4 Multihoming:

"É uma técnica usada para aumentar a resiliência de uma conexão à Internet para uma rede IP" (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012). A próxima geração de rede irá suportar handover vertical, e o usuário pode, simultaneamente, ser conectado a várias tecnologias de acesso sem fio e mover-se entre elas. A internet, através das múltiplas interfaces de rede ou IP endereçável a um único dispositivo é chamado de multihoming. Para configuração de rede multihoming deve-

se atribuir múltiplos endereços IP para diferentes tecnologias sem fio disponíveis em um mesmo dispositivo. Se um dos links falhar, então o seu endereço de IP será inacessível, mas outro endereço IP ainda vai trabalhar para que seja possível acessar a internet.

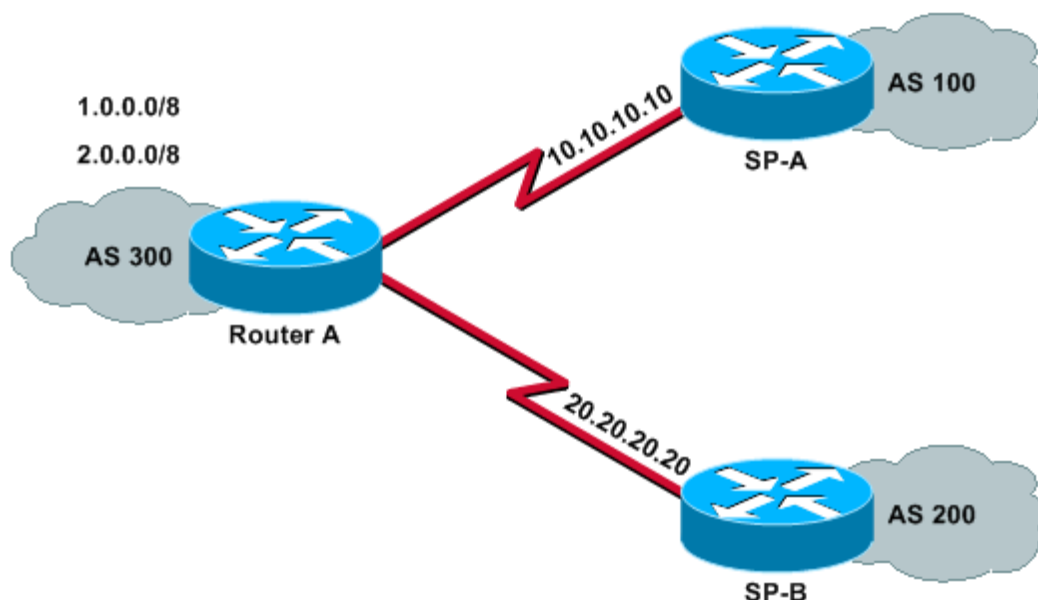


Figura 3 Multihoming.

Fonte: 5G Future Mobile Technology-Vision 2020, 2012, p.8.

A figura acima mostra a rede BGP para dois prestadores de serviços. Desta forma, as técnicas multihoming são aplicadas para aumentar a confiabilidade da rede. Multihoming cresceu em popularidade por causa da disponibilidade do endereço IPv6 e suporta melhor o protocolo multihoming do que o endereço IPv4 tradicional.

2.3.5 Redes Pervasivas:

Tratam-se de redes que fornecem computação ubíqua "A Computação Ubíqua, também chamada de Computação Pervasiva e UbiComp, descreve a presença direta e constante da informática e tecnologia na vida das pessoas, em suas casas e ambientes de convívio social." (ADAMI, 2014). A crescente demanda por tecnologia de banda larga móvel também aumenta o número de tecnologias sem

fibra e isso fornece conectividade de área local para áreas remotas. Segundo Hossain (2012), a rede 5G irá combinar Unified IP e banda larga, LAN / WAN / PAN / WLAN, OFDM, entre outras tecnologias. A próxima Rede de Telefonia Móvel irá fornecer serviços sem interrupções quando estiver em roaming em muitos esquemas de acesso por rádio. O usuário pode, simultaneamente, ser conectado a várias tecnologias de acesso sem fio e mover-se entre elas. Estas tecnologias de acesso pode ser um 2.5G, 3G, 4G, 5G ou redes móveis, Wi-Fi, WPAN, ou qualquer outra tecnologia de acesso futuro. Se o usuário estiver recebendo vários fluxos a partir de diferentes fontes e uma dessas fontes falhar, em seguida, outra tecnologia fornecerá a conexão. Em 5G, o usuário pode fornecer múltiplas concorrências de transferência de dados e também o usuário pode se mover globalmente. Depois do 4G, as redes irão fornecer mídia independente de handover, com suporte para handover vertical e IEEE 802.21.

O padrão IEEE 802.21 suporta handover entre redes do mesmo tipo, bem como tipos distintos de redes. Esta norma permite handover para e de 802.3, 802.11, 802.15, 802.16, redes 3GPP e 3GPP2 com diferentes mecanismos de handover. Este tipo de transferência é chamado de handover vertical. IP móvel proporciona mecanismos de handover verticais para diferentes tipos de redes, mas pode ser lento no processo. Para suportar handover vertical, a estação móvel deve ter dois tipos de cartão SIM para que ele possa trabalhar em bandas WLAN e UMTS. Em redes celulares, a decisão de handover é feita sobre a potência relativa do sinal, bloqueio de chamadas e taxas de queda de chamadas, etc. A decisão de handover vertical é feita com base na potência relativa do sinal, preferências do usuário, tipos de aplicação, condições da rede, custo, entre outros. Handover vertical é um nó de rede que muda automaticamente o seu tipo de conexão para acessar uma infra-estrutura de apoio. Quando um dispositivo de computação pode se conectar à Internet através de duas tecnologias de rede diferentes, ele é automaticamente conectado à rede disponível. Este rearranjo ou mutação de uma rede para a outra é o handover vertical (JANSSEN, 2014).

2.3.6 Group Cooperative Relay Techniques

Com o desenvolvimento da MIMO (entrada múltipla saída múltipla) o sistema oferece maior rendimento e confiabilidade em uma rede sem fio. De acordo com Patel (2012) esta tecnologia é muito vantajosa para o lado da estação base, mas não sobre o lado do usuário, devido ao tamanho e ao consumo de energia. A forma alternativa para isso é Grupo de técnicas de Relay Cooperativa. Na comunicação cooperativa, a fonte transmite dados para o destino, mas o usuário Relay também pode ouvir a transmissão. O utilizador também processa e encaminha esta mensagem para o destino e os sinais recebidos são combinados. Ambos os sinais são transmitidos por caminhos diferentes ganhando diversidade. Diversidade Cooperativa pode ser realizada de duas maneiras:

- Amplificar-e-Encaminhar

Nesta, a estação recebe o sinal, amplifica e depois encaminha sem decodificação. Este sistema é útil quando o nó relay tem menos potência. A grande desvantagem deste sistema é de também amplificar o ruído no nó de retransmissão.

- Decodificar-e-Encaminhar

Nesta, a estação recebe o sinal, decodifica e, em seguida, encaminha para o destino. É possível adicionar um código de correção de erros no nó de relay. Isso só é possível se a estação de relay tiver potência suficiente.

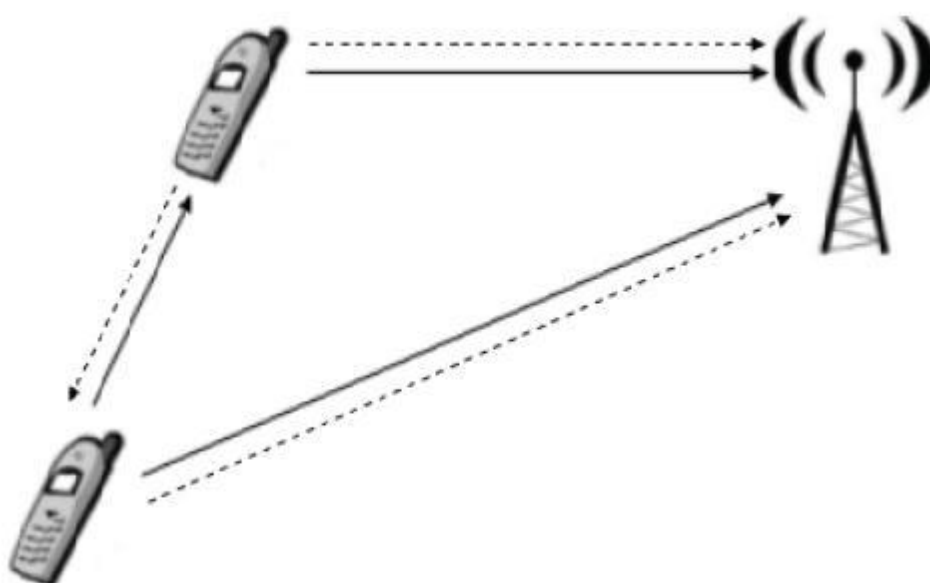


Figura 4 Diversidade Cooperativa.

Fonte: 5G Future Mobile Technology-Vision 2020, 2012, p.9.

2.3.7 Arquitetura Redes 5G:

Redes de telecomunicações existentes estão em formas hierárquicas, nas quais o tráfego é agregado no BSC / RNC e, em seguida, encaminhado para gateways. A arquitetura de IP flat vai reduzir a carga sobre o ponto de agregação e o tráfego vai passar diretamente da estação base para os gateways de mídia. O super núcleo é baseado na plataforma IP. Todos os operadores de rede podem ser ligados a um super núcleo com grande capacidade. Cada prática de engenharia tem seus próprios padrões e integrar estes padrões requer um processo sistemático e demorado. Uma arquitetura comum é necessária para todas as práticas de engenharia, isso irá regularizar o problema de conectividade de internet, bem como a partilha de informações. Redes IP Flat é a chave para fazer o 5G aceitável para todos os tipos de tecnologias. Na nova geração de redes, será benéfico transmitir voz, vídeo e dados utilizando comutação por pacote ao invés de comutação por circuito. Cada dispositivo móvel terá que alocar um IP baseado na rede conectada e sua localização. (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012).

2.4 DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO DA REDE 5G NO BRASIL E NO MUNDO

O Brasil mal entrou na era da conectividade móvel 4G e em outras partes do mundo já estão dando o próximo passo. Na Europa, a companhia chinesa Huawei já trabalha com pesquisas em seus laboratórios para desenvolver um novo padrão de acesso à internet. Com previsão para chegar ao mercado entre 2020 e 2030, o 5G seria cem vezes mais rápido que qualquer conexão móvel atual, com uma velocidade estimada em 10 Gb/s. Uma das tecnologias estudadas pela Huawei para tornar isso possível é a Cloud-RAN, que são redes de acesso via rádio baseadas na nuvem. Recentemente a International Telecommunication Union (ITU) debateu algumas especificações preliminares para a tecnologia 5G, num evento que decorreu em San Diego, tendo já definido que esta tecnologia deverá oferecer taxas

de transmissão na ordem dos 20 Gbps, ou seja, (teoricamente) velocidades 20x superiores à tecnologia 4G a 1 Gbps.

Já na Coreia do Sul, para implementar a tecnologia, o governo fez parcerias com a fabricante coreana LG, operadoras de telefonia locais e com a fabricante coreana Samsung, que realizou testes preliminares divulgados em maio de 2013. Neles, pôde-se observar que a conexão 5G ultrapassa a casa dos 1 gigabit por segundo. Porém, o sinal só alcançou dois quilômetros com a ajuda de 64 antenas. Com isso, o governo coreano planeja investir US\$ 1,5 bilhão (cerca de R\$ 3,6 bilhões) em infraestrutura para garantir o aprimoramento da tecnologia, para que chegue à velocidade desejada. A expectativa é ter uma versão de testes estável em 2017 e, até 2020, a rede 5G pronta para comercialização, (ALVES, 2014).

O Japão também está iniciando a implantação de protótipos das redes 5G. A fabricante de equipamentos de telecomunicações chinesa ZTE irá implantar sua tecnologia "pré-5G" com testes comerciais iniciando no ano que vem. A vice-presidente da ZTE, Li Cui, disse que o plano é construir um centro de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia wireless em Tóquio até o fim de 2015 e não revelou o quanto pretende investir no Japão. O plano é investir 200 milhões de euros globalmente em tecnologias 5G e de comunicações móveis entre 2015 e 2018 (LEE, 2015).

De acordo com o site Olhar Digital, a Universidade Federal do Ceará e a fabricante sueca Ericsson trabalham no desenvolvimento da tecnologia 5G no Brasil. A parceria volta-se para o estudo de novas faixas de espectro - chamadas ondas milimétricas - sistemas com alta densidade de antenas, comunicação entre dispositivos e redes heterogêneas. Mais de 40 profissionais entre pesquisadores, alunos e funcionários atuam em três frentes num laboratório em Fortaleza: pesquisa, patentes e padronização. Porém é dado como certo o atraso na implantação das Redes 5G no Brasil, isso deverá ocorrer por inúmeros motivos, mas principalmente pelo Brasil ainda nem ter implementado o 4G no padrão definido pelo ITU (International Telecommunication Union): o LTE Advanced. Atualmente a TV analógica no Brasil utiliza o espectro eletromagnético na faixa de 700MHz que é o padrão adotado praticamente em todo o mundo para a tecnologia LTE Advanced. Devido a isso, o Ministério das Comunicações definiu, em junho de 2014, o cronograma do desligamento do sinal analógico em cada município. Com a transição, que está sendo aguardada especialmente pelas operadoras, a frequência

de 700 MHz será liberada para o 4G. No Brasil, as redes móveis de quarta geração usam atualmente as faixas de 1.800 MHz e 2.600 MHz. Dessa forma, espera-se que o prazo final de 31 de dezembro de 2018 para o desligamento do sinal de TV analógica seja respeitado. As operadoras de telefonia que venceram o leilão deverão distribuir aparelhos e antenas para todas as famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família. As companhias devem investir R\$ 3,6 bilhões no pagamento de custos para essa transição segundo o site com a Agência Brasil divulgado no site da EBC (Empresa Brasil de Comunicação).

As especificações finais do padrão 5G deverão estar prontas em Outubro deste ano, sendo depois aprovadas por mais de 193 países membros da ITU. A implementação (em massa) do 5G está prevista para 2019/2020, mas é provável que esta tecnologia possa vir a ser usada, em modo experimental, já em 2018, nos Jogos Olímpicos de Inverno que vão acontecer em Pyeongchang, na Coreia do Sul.

3 METODOLOGIA

O objetivo da metodologia de pesquisa segundo Lakatos e Marconi (1991) é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos. O trabalho em questão procurou se focar de acordo com esse objetivo.

No presente trabalho, foi optado em explorar como andam os estudos e o desenvolvimento das redes 5G no Brasil e no mundo além de levantar as principais tecnologias envolvidas que irão ditar os rumos da próxima rede de telefonia móvel que entrará em vigor na próxima década. A pesquisa foi feita através de artigos de jornais internacionais da área de telecomunicações e também de órgãos e revistas especializadas no assunto.

3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são os desafios na implementação de uma Rede 5G?

3.1.1 Perguntas ou Hipóteses de Pesquisa

As redes 5G estarão preparadas para a demanda de usuários da próxima década?

Quais serão as tecnologias que farão parte da próxima geração de telefonia móvel?

Qual é o estado atual do desenvolvimento da rede 5G no Brasil?

3.2 DELIMITAÇÃO E DESIGN DA PESQUISA

Abaixo apresentam-se todos os procedimentos utilizados para o design e delimitação da pesquisa, demonstrando os principais temas abordados.

3.2.1 Procedimentos de Coleta de Dados

O tema abordado nesse trabalho ainda não foi muito difundido, pois são tecnologias que em alguns casos nem foram desenvolvidas e são apenas teorias. Diante disso, o primeiro procedimento de coleta de dados utilizado na pesquisa foi a investigação bibliográfica em fontes já tornadas públicas com relação ao tema de estudo como livros, monografias e teses que resultou na revisão da literatura.

A finalidade da pesquisa bibliográfica segundo Lakatos e Marconi (1991) é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, permitindo que o pesquisador, dessa forma, não somente resolva problemas conhecidos, mas também possa explorar novas áreas que não são claras o suficiente. Portanto, a pesquisa bibliográfica vai além da repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, ela propicia o exame de um tema sob um novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

A procura pelo conteúdo envolveu um trabalho intenso em cima de artigos recentes sobre o tema e que abordassem os conceitos utilizados na área de Telecomunicações, que tivessem um foco maior nas tendências tecnológicas da próxima geração e que demonstrassem a situação atual da arquitetura dessas redes pelo mundo. Além de procurar responder diversas dúvidas a respeito dos enormes desafios que engenheiros, técnicos, fabricantes e empresas da área terão de enfrentar para conseguir implementar essas redes a tempo e com qualidade.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta etapa apresenta os resultados da pesquisa entre todos os artigos selecionados para esse trabalho. Em relação a todas as gerações de telefonia móvel, os autores explicam como que os sistemas foram evoluindo, desde o 1G que utilizava um sistema analógico com multiplexação por frequência (FDMA) até a próxima geração de telefonia móvel (5G) que será totalmente baseada na arquitetura IP, facilitando a entrega de serviços, latência zero e altas taxas de tráfego de dados. A segunda geração (2G), de acordo com Mousa (2012), utilizou a tecnologia GSM (Global System for Mobile) e já entrou na era digital. Em meados de 1995, o sistema GSM sofreu um upgrade e foi implementado o GPRS (General packet radio service) que entregava uma taxa de transferência de dados de 171.2Kbps. Após isso, entrou em cena o EDGE que oferecia uma velocidade teórica de até 470kbps. Para a terceira geração de telefonia móvel (3G), foi definido que o sucessor do GSM seria o UMTS (W-CDMA). A taxa de transferência de dados era superior a 2Mbps utilizando 5 MHz de largura de banda. As tecnologias HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) e a HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) apareceram como sendo a evolução do UMTS. Na quarta geração (4G) houve melhorias na tecnologia das antenas como beam-forming e MIMO (Multiple Input Multiple Output), alcançando assim, taxas superiores a 42 Mbps no downlink. Depois de HSDPA/HSUPA, veio o HSOPA (High Speed OFDMA Packet Access); O projeto, chamado de LTE (Long Term Evolution), atingiu taxas de até 200 Mbps para downlink e 100 Mbps para uplink utilizando OFDMA para a modulação dos dados. As razões para atualizar o UMTS para HSOPA são o surgimento de tecnologias competitivas, tais como WiMAX que tem custo baixo se comparado com o custo de implementação de uma nova rede. A maior parte da infra-estrutura existente permanece a mesma, exigindo apenas as principais evoluções como torres/antenas e em telefones celulares. HSOPA usa OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) e a tecnologia de antena MIMO. Ele suporta até 10 vezes mais usuários do que os sistemas baseados em W-CDMA e precisa de um poder de processamento menor em cada aparelho.

Já Hossain (2013), explica que o 3GPP está padronizando o LTE Advanced como o futuro padrão para o 4G. Um sistema 4G pode melhorar as redes

de comunicação existentes e é esperado para prestar uma abrangente e segura solução baseada em IP onde serviços como voz, streaming de multimídia e dados serão fornecidos aos utilizadores a todo tempo e em qualquer lugar, além disso, com taxas de dados muito mais elevadas em comparação com as gerações anteriores. Uma característica comum dos novos serviços a serem prestados com o 4G é a exigência nos requisitos em termos de QoS (Quality of Service). Aplicações como o acesso sem fios à banda larga, serviço de mensagens multimídia (MMS), vídeo-chat, mobile TV, conteúdo HDTV e Digital Video Broadcasting (DVB) estão sendo desenvolvidos para serem usados com uma rede 4G. Os principais requisitos para LTE Advanced já aprovados são:

- Pico na taxa de dados de downlink: 1 Gbps, Uplink: 500 Mbps;
- Largura de banda: 70 MHz em DL e 40 MHz em UL;
- Taxa de transferência duas vezes maior do que em LTE;
- Taxa de transferência média três vezes maior do que em LTE;
- Eficiência do espectro três vezes maior do que em LTE; Pico de eficiência do espectro downlink: 30 bps / Hz, Uplink: 15 bps / Hz;
- Mobilidade: mesmo que o LTE;
- A cobertura deverá ser otimizada.

Sule e Joshi (2014) explicam como será a transição da rede 4G para a 5G, a Rede All-IP (AIPN) é uma evolução do sistema 3GPP para satisfazer as crescentes exigências do mercado de comunicações celulares. É uma plataforma comum, válida para todos os tipos de tecnologias de acesso via rádio. O principal foco da AIPN é melhorar a tecnologia de comutação por pacotes, e agora ela fornece uma evolução contínua tanto em termos de desempenho e custo. Os principais benefícios da arquitetura AIPN inclui uma variedade de diferentes sistemas de acesso, custos mais baixos, acesso contínuo universal, aumento da satisfação do usuário e latência reduzida. Mas, com as vantagens do IP vêm alguns perigos: com o fluxo de dados trafegando mais livremente e a internet sendo aberta não só para os desenvolvedores, mas também para todos os tipos de criminosos e vírus, desenvolvedores e operadores enfrentam novos desafios de segurança que devem ser resolvidos adequadamente. Nesse caso, a tecnologia 5G RAN (radio access network) irá ser uma rede mesh dinâmica baseada em IP backhaul. Em

redes 5G podem haver muitos tipos de estação base incluindo UDN (user densification network), maciço MIMO (multiple-input multiple-output), macro tradicional, e D2D. Estas várias estações base irão coordenar um com o outro na horizontal com mais frequência do que em redes 4G, e assim vai exigir uma rede mesh sem fio dinâmica e adaptável.

Em contraste com o 4G, os terminais 5G terão rádios definidos por software e esquemas de modulação, bem como novos sistemas de controle de erros que poderão ser baixados da Internet. O desenvolvimento para os terminais de usuário será um foco nas redes móveis 5G. Os terminais terão acesso a diferentes tecnologias sem fios ao mesmo tempo e o terminal será capaz de combinar diferentes fluxos de diferentes tecnologias. Em 5G, cada rede será responsável por lidar com a mobilidade do usuário, enquanto o terminal irá fazer a escolha final entre os diferentes provedores de rede de acesso sem fios para um determinado serviço. Essa escolha será baseada em um middleware aberto e inteligente no celular.

A visão de Mohapatra (2014) alerta sobre os desafios de utilizar a faixa de ondas milimétricas nas redes 5G. A tecnologia sem fio de onda milimétrica para 5G vai desempenhar um papel muito sério como um aumento da infra-estrutura celular. Para superar uma escassez de largura de banda global de prestadores de serviços sem fio, hoje em dia operadoras de telefonia celular avançam para entregar baixa latência e alta qualidade de vídeo. Ele também fornece aplicação multimídia para dispositivos sem fio. A capacidade tecnológica de ondas milimétricas ainda é desconhecida para muitos países em desenvolvimento. Sua capacidade para responder a futura demanda de comunicação da sociedade não é apreciada e a necessidade de investir em novos estudos na área é cuidadosamente negligenciada.

O aumento exponencial do crescimento de dados sem fio cria desafios para as empresas sem fio para suprimir escassez de largura de banda em todo o mundo. Para o mundo de hoje os prestadores de rede de comunicação sem fio estão tomando diversas medidas no sentido de fornecer aplicações multimídia de alta qualidade, zero ou baixa latência e muito mais aplicações multimídia. Mas eles são altamente limitados ao espectro de frequência que varia de 700 MHz a 2,6 GHz. Para obter um novo espectro mm de onda para as redes 5G, muitas oportunidades e desafios deverão ser enfrentados, eles são:

- As bandas baixas de onda mm devem ser alocadas a outros serviços como backhaul móvel e por satélite.

- No campo da viabilidade de compartilhamento há necessidade de mais pesquisa.
- Tecnologias de rádio cognitivo e cancelamento de interferência serão necessários.
- Tanto para backhaul quanto para o acesso deve haver oportunidade para desenvolver o uso compartilhado de ondas de milímetro.

Hoje há 4 gerações de sistemas de comunicação sem fio, uma para cada 10 anos desde 1980: primeiro sistema celular FM em 1981; segunda tecnologia Digital em 1992; 3G em 2001 e em 2011 4G LTE-A.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos pela pesquisa mostram principalmente a evolução dos sistemas de telefonia móvel desde 1980, além disso, é possível observar os enormes desafios de implantar essas redes desde então. A cada nova década, as tecnologias precisam evoluir para conseguir atender a enorme demanda por informação e suprir as próximas tendências como, por exemplo, a Internet das Coisas, carros autônomos e cidades inteligentes. As redes 5G deverão oferecer suporte para ganhos de até 1.000 vezes em capacidade, além de suportar conexões para pelo menos 100 bilhões de dispositivos a partir da próxima década, e experiência para o usuário de 10 Gbps com latência e tempos de resposta extremamente baixas. A implantação destas redes irá surgir entre 2020 e 2030. O acesso via rádio para o 5G será construído sobre ambas as novas tecnologias de acesso de rádio (RAT) e envolvidas pelas tecnologias sem fio existentes (LTE, HSPA, GSM e Wi-Fi). "As principais funcionalidade que queremos adicionar nas redes 5G é o usuário poder conectar simultaneamente múltiplas tecnologias sem fio e poder trocá-las entre si" (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012). Avanços em inovação das redes sem fio também irão impulsionar o crescimento econômico e social de maneiras totalmente novas. O 5G será capaz de fornecer conectividade integral entre as pessoas e as máquinas conectadas.

Outro assunto abordado na pesquisa e que representa um grande desafio para as redes 5G é o impacto no espectro eletromagnético. "O grande desafio na arquitetura e desenvolvimento dos sistemas 5G pode ser facilmente citados como prover características e arquitetura que irá aumentar a capacidade e qualidade do sistema com o limitado espectro de frequência disponível, cuja banda de frequência e largura de banda serão de '3-300GHz' e '1Gbps e acima' sucessivamente" (HOSSAIN, 2013). Além da utilização flexível e eficiente do espectro disponível em diferentes cenários de implantação de rede, liberando espectro adicional também será necessário para suportar aumento da capacidade em mil vezes até 2020 - e até mesmo aumentos mais elevados para 2040 e além. Mas enquanto um consenso global que está se formando indica que é necessária uma largura de banda adicional

do espectro de 500MHz a 1GHz, será preciso levar em conta as seguintes considerações:

- Disponibilidade das faixas do espectro por região e as leis locais que governam seu uso deverão ser harmonizadas para a circulação global e para que as economias de escala para dispositivos móveis não sejam afetados negativamente.
- Como todas e novas bandas IMT serão utilizadas para alcançar 10 Gbps para o usuário final é um grande desafio para a concepção de sistemas de 5G.

Para maximizar a eficiência de espectro, todas as tecnologias de acesso e tecnologias de interface aéreas programáveis deverão ser capazes de mapear os requisitos dos serviços para haver as melhores combinações de recursos de frequência e de rádio. A contínua integração de SDN (Software Defined Network) e tecnologias de arquitetura em nuvem irão ajudar a realizar isso, e vai facilitar a customização on-demand de tecnologias de redes móveis garantindo QoS (Quality of Service) e reduzindo o consumo de energia.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo identificar os conceitos e analisar o desenvolvimento das Redes 5G no Brasil e no mundo, além disso, descrever as principais tecnologias envolvidas nessas redes, onde teve como início a coleta de referências bibliográficas para embasar o estudo e auxiliar na pesquisa. Diversos artigos, principalmente internacionais, foram encontrados e continham informações valiosas sobre as características que farão parte das Redes 5G, seu papel diante da crescente procura por comunicação multimídia e também os rumos que a próxima geração de telefonia móvel deverá seguir para que a comercialização seja iniciada a partir de 2020.

O estudo traz uma contribuição significativa quanto ao esclarecimento de como deverá ser a estrutura das Redes 5G, principalmente devido ao crescimento exponencial no número de dispositivos que terão acesso à internet na próxima década, que será em torno de 100 bilhões. Em muitos países as Redes 5G já começam a sair do papel, operadoras de telefonia e fabricantes de hardware tem desenvolvidos protótipos dessas redes e dessa forma ter um deslumbramento do que esperar daqui a alguns anos. A pesquisa na comunicação sem fio tem evoluído a ponto de competir de igual para igual com a fibra ótica. As Redes 5G prometem oferecer conectividade onipotente, sendo mescladas entre diversos tipos de comunicação sem fio.

O desenvolvimento das redes móveis sem fio está indo em direção a maiores taxas de dados e princípio all-IP. Atualmente, existem muitas tecnologias de acesso de rádio disponíveis, que fornecem possibilidade de comunicação com base em IP na camada de rede, assim como existe a migração de todos os serviços em ambiente IP, incluindo a telefonia tradicional e até mesmo a televisão, para além dos serviços de Internet tradicionais, tais como web e correio eletrônico. Por outro lado, os dispositivos móveis estão obtendo a cada ano mais poder de processamento, mais memória a bordo, e maior duração da bateria para as mesmas aplicações (serviços). Espera-se que a filosofia inicial Internet de manter a rede mais simples possível, e dando mais funcionalidades para os nós finais, possa se tornar realidade na futura geração de redes móveis, aqui referido como 5G, respondendo assim a primeira e a segunda pergunta de pesquisa que foram: 1) As redes 5G estarão

preparadas para a demanda de usuários da próxima década? ;e 2) Quais serão as tecnologias que farão parte da próxima geração da telefonia móvel.

Por se tratar de um assunto ainda pouco explorado aqui no Brasil, houve dificuldades em encontrar uma gama maior de documentos e artigos para auxiliar nas referências bibliográficas, porém foi possível identificar a movimentação de outros países com grande interesse no desenvolvimento da nova rede de telefonia móvel. Portanto podemos concluir que o estado atual do desenvolvimento da rede 5G no Brasil encontra-se em estágio embrionário, respondendo a terceira pergunta de pesquisa proposta neste trabalho. Os desafios serão grandes e exigirão muito trabalho, criatividade e tecnologia de ponta para conseguir fornecer toda a estrutura necessária aos bilhões de usuários das redes de telefonia móvel. O presente trabalho cria oportunidades para estudos futuros sobre o tema, consolidando a importância dessas redes em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

ADAMI, Anna (infoescola). **Computação Ubíqua.**

<http://www.infoescola.com/informatica/computacao-ubiqua/>

Agosto 2014.

ALVES, Paulo (TechTudo). **Coreia do Sul já prepara nova rede 5G; velocidade pode ser mil vezes maior que 4G.**

<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/01/coreia-do-sul-ja-prepara-nova-rede-5g-velocidade-pode-ser-mil-vezes-maior-que-4g.html>

Agosto 2014.

CAVALHERI, Paulo. **Fórum discute tecnologias inteligentes.**

<http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2015/05/21/forum-discute-tecnologias-para-cidades-inteligentes>

Mai 2015.

CORNELIO, José. **Inovações Tecnológicas no Setor de Telecomunicações no Brasil: Desafios e Oportunidades do LTE para expansão da Telefonia Móvel.**

<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/11026/Disseta%C3%A7%C3%A3o%20Jos%C3%A9%20Bruno%20Maciel%20Corn%C3%A9lio.pdf?sequence=1>

Março, 2011.

HIGA, Paulo. **Quando a TV analógica será desligada na sua cidade.**

<https://tecnoblog.net/158674/data-desligamento-sinal-tv-analogica/>

Mai 2015.

HOSSAIN, Saddam. **5G Wireless Communication Systems.** American Journal of Engineering Research (AJER), Vol.2, 2013.

JANSSEN, Cory. **Definition of Vertical Handover.**

<http://www.techopedia.com/definition/24985/vertical-handover>

Agosto 2014.

KARJALAINEN, NEKOVEE, BENN, KIM, PARK e SUNGSOO. **Challenges and Opportunities of mm-Wave Communication in 5G Networks.** CROWNCOM Junho 2014, Oulu, Finland.

KLEINA, Nilton. **Huawei quer redes 5G na Europa a partir de 2020.**
<http://www.tecmundo.com.br/huawei/41346-huawei-quer-redes-5g-na-europa-a-partir-de-2020.htm>
Junho 2013.

LEE, Yimou (Reuters). **ZTE e Softbank firmam parceria para instalar tecnologia "pré-5G" no Japão.**
<http://br.reuters.com/article/internetNews/idBRKCN0PK2LX20150710>
Julho 2015.

LIMA, André. **Rádio definido por software: O próximo salto no mundo das telecomunicações e computação.**
http://www.revdigonline.com/artigos_download/art_13.pdf
Dezembro 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

MOHOPATRA, SWAIN, PATI e PRADHAN. **Road Towards Mili Meter Wave Communication For 5G Network: A Technological Overview.** Transactions On Machine Learning and Artificial Intelligence. Vol2, Junho 2014.

MORENO, Sayonara. **Fim do sinal analógico de TV começa a ser divulgado amanhã.**
<http://www.ebc.com.br/noticias/2015/04/fim-do-sinal-analogico-de-tv-comeca-ser-divulgado-amanha>
07/04/2015.

MOUSA, Anwar. **Prospective of Fifth Generation Mobile Communications.** International Journal of Next-Generation Networks (IJNGN) Vol.4, No.3, Setembro, 2012.

PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA. **5G: Future Mobile Technology-Vision 2020.** International Journal of Computer Applications (0975 - 8887) Vol.54, No.17, Setembro, 2012.

PINTO, Pedro. **"Esqueça" as redes 4G! Rede móvel 5G será 20x mais rápida.**
<http://pplware.sapo.pt/tutoriais/esqueca-as-redes-4g-rede-movel-5g-sera-20-x-mais-rapida/>
Junho 2015.

SULE, JOSHI. **Architectural Shift from 4G to 5G Wireless Mobile Networks.** International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol.3, Setembro 2014.