

# "Mobile Networks: From 4G to 5G"

Gonçalo Pinto, João Parente, and Jose Costa

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal  
e-mail: {a83732,a84197,a84829}@alunos.uminho.pt

**Abstract.** As redes m3veis evolu3ram ao longo de uma s3rie de gera33es, cada gera33o representou melhorias tecnol3gicas significativas em rela33o 3s anteriores e, portanto, numa fase de transi33o e implementa33o de uma nova gera33o torna-se ainda mais importante compreender as mudanças e impactos desta. Este ensaio apresenta uma breve an3lise das gera33es passadas; dos problemas que a sociedade enfrenta com a gera33o implementada atualmente; das mudanças que ir3o surgir com a nova gera33o, dos problemas que esta ter3 pela frente, das possibilidades que ir3 trazer e da sua implementa33o em Portugal. A pesquisa para este ensaio foi baseada na an3lise de artigos e sites devidamente reconhecidos e creditados. Verificou-se que apesar desta nova gera33o trazer in3meras possibilidades e aplicabilidades, existem diversos fatores que precisam de continuar a ser estudados e resolvidos para atingir os valores teoricamente pretendidos de forma a satisfazer as necessidades e objetivos da sociedade atual. A partir da an3lise realizada podemos concluir que, embora existam muitos aspetos que precisam de ser melhorados, a nova gera33o dever3 fornecer maiores taxas de transfer3ncias de dados, um aumento da mobilidade e uma redu33o no consumo de energia por parte das redes isto, vai permitir mais experi3ncias e serviços superiores aos utilizadores.

## 1 Introdu33o

Desde a segunda metade dos anos 1990, o uso de aparelhos eletr3nicos tem aumentado cada vez mais e mais rapidamente. Atualmente, existem 2.71 mil milh3es de utilizadores de smartphones no mundo, ou seja, 35.13% da popula33o mundial possui um smartphone sendo esta a maneira mais usada para aceder 3 internet[1]. Atualmente, um smartphone traz diversas funcionalidades para al3m da m3quina fotogr3fica, calculadora ou calend3rio, permite-nos por exemplo: aceder rapidamente ao nosso e-mail, 3s redes sociais, facilmente efetuar uma pesquisa, visualizar um v3deo em qualquer momento, ouvir m3sica em qualquer lugar, realizar um simples pagamento entre muitas outras possibilidades.

## 2 Redes m3veis

Existem muitas vantagens na utiliza33o dos smartphones tais como: o acesso em qualquer lugar, a qualquer hora e ilimitado 3 rede por meio de um dispositivo leve e altamente port3til. Os smartphones funcionam enviando e recebendo sinais de r3dio de baixa pot3ncia. Os sinais s3o enviados e recebidos a partir de antenas conectadas a transmissores e recetores de r3dio, conhecidas como esta33es r3dio base. Uma esta33o r3dio base oferece cobertura para uma determinada 3rea geogr3fica denominada "c3lula". As c3lulas ficam alinhadas umas pr3ximas 3s outras, semelhante a uma colmeia. Estas esta33es base fornecem 3 c3lula a cobertura de rede que pode ser usada para transmiss3o de voz, dados e outros tipos de conte3do. Uma c3lula normalmente usa um conjunto diferente de frequ3ncias das c3lulas vizinhas, para evitar interfer3ncias e fornecer qualidade de serviço garantida dentro de cada c3lula, isto permite que v3rios dispositivos comuniquem entre si em qualquer lugar da rede, via esta33es base, mesmo que, alguns destes movam-se entre esta33es base.

### 3 Diferentes gerações

As redes móveis evoluíram através de uma série de gerações, cada uma representou melhorias tecnológicas significativas em relação às gerações anteriores. As duas primeiras gerações de redes móveis introduziram as ligações por voz (1G) e as mensagens (2G). As gerações subsequentes apoiaram a proliferação dos smartphones, permitindo o acesso à Internet (3G) [2]. Atualmente, encontramos-nos na quarta geração (4G) implementada de forma consolidada, o que permitiu melhorar a velocidade de transferência de dados.

### 4 Contextualização do problema

Devido à procura de maiores taxas de transferências de dados, à maior exigência dos utilizadores em obter mais potencialidades do sistema que utilizam no seu dia a dia; bem como, a imergência de novas tecnologias, como a interconexão digital de objetos do nosso quotidiano tornou-se necessário implementar/inventar uma nova geração, a quinta geração, denominada 5G. Esta geração tem como objetivo providenciar maiores taxas de transferências de dados, latência imensamente baixa e uma significativa melhoria na qualidade de serviço observado pelo utilizador. Atualmente, esta geração não se encontra totalmente disponível, contudo, já existem muitos estudos e testes de forma a implementar esta nova tecnologia a fim de satisfazer as necessidades da população mundial a curto prazo.

### 5 5G inovações e respetivos problemas

No momento, ainda não está claro quais tecnologias que o 5G vai inovar/implementar, contudo tendo em conta os problemas atuais, as exigências e as necessidades que surgem diariamente existem com certeza aspetos a necessitarem de ser melhorados. Para entender como o 5G será diferente das redes 4G atuais, iremos abordar alguns tópicos que estarão ou poderão vir a ser considerados no sentido, de serem aperfeiçoados de forma a melhorar a qualidade dos serviços por parte dos utilizadores e quais os respetivos problemas para o facto de ainda não estarem a ser implementados:

#### 5.1 Ondas milimétricas

Devido a cada vez mais pessoas e dispositivos consumirem mais dados, estes permanecem amontoados nas mesmas faixas do espectro de radiofrequência que as operadoras sempre usaram, isto significa, menos largura de banda para todos, causando o serviço mais lento e provocando mais quebra nas conexões. Uma forma de contornar este problema é transmitir sinais numa faixa totalmente nova do espectro, transmitindo através de ondas milimétricas, que usam frequências mais altas do que as ondas de rádio que há muito tempo são usadas. Estas ondas milimétricas são transmitidas em frequências entre 30 e 300 gigahertz e possuem esta designação porque variam em comprimento de 1 a 10 mm. Porém, existe uma grande desvantagem nas ondas milimétricas, porque estas não podem viajar, facilmente, através de edifícios ou obstáculos podendo ser absorvidas por árvores ou pela chuva; desta forma, as redes 5G necessitam de aumentar a quantidade de antenas tradicionais, por área, com uma outra nova tecnologia, as denominadas small cells [3].

#### 5.2 "Small cells"

Small cells são estações base portáteis em miniatura que requerem energia mínima para operar e podem ser colocadas a cada 250 metros ou mais nas cidades. Para evitar que os sinais sejam eliminados, as operadoras podem instalar milhares dessas estações numa cidade para formar uma rede densa, que atua como uma equipa de retransmissão, isto é, recebendo sinais de outras estações base e enviando dados para os utilizadores em qualquer local. Porém, o grande número de small cells necessárias para construir uma rede 5G pode dificultar a instalação em áreas rurais [3].

### 5.3 MIMO massivo

A tecnologia MIMO descreve sistemas sem fio que usam dois ou mais transmissores e receptores para enviar e receber mais dados de uma só vez. Atualmente, as estações base 4G têm uma dúzia de portas para antenas que lidam com todo o tráfego. Com a nova geração, pretende-se que estas estações possam suportar cerca de cem portas, o que significa que muito mais antenas podem caber numa única matriz, desta forma leva o conceito apresentado inicialmente a outro nível, este aumento de capacidade significa que uma estação base pode enviar e receber sinais de muitos mais utilizadores ao mesmo tempo, aumentando a capacidade das redes móveis. Assim esta nova implementação é chamada de MIMO massivo. O principal desafio para o MIMO massivo é reduzir a interferência e transmitir mais informações de muitas outras antenas ao mesmo tempo. No entanto, a instalação de muitas outras antenas para lidar com o tráfego de dados móveis, causa mais interferência com o cruzamento dos sinais. É por isso que as estações 5G devem incorporar a formação de feixe [2], [3], [4].

### 5.4 Beamforming

Beamforming é um sistema de sinalização de tráfego para estações base que identifica a rota mais eficiente para entregar os dados a um determinado utilizador e que reduz a interferência para utilizadores próximos no processo. A formação de feixe pode ajudar matrizes massivas de MIMO a fazer um uso mais eficiente do espectro ao seu redor [3], [5].

### 5.5 Full duplex

As estações base e os smartphones atualmente dependem do funcionamento de transdutores que tem como função, transmitir e receber informações na mesma frequência ou operar em frequências diferentes se o utilizador pretender transmitir e receber informação ao mesmo tempo. Com o 5G, um transceptor poderá transmitir e receber dados ao mesmo tempo, na mesma frequência. Esta tecnologia é conhecida como full duplex e pode dobrar a capacidade das redes sem fio levando a redução no tempo de transmissão e receção dos dados. Para obter full duplex nos nossos dispositivos, os investigadores devem projetar um circuito que possa rotear sinais de entrada e saída para que não colidam enquanto uma antena esteja a transmitir e receber dados ao mesmo tempo. Isto é especialmente difícil, devido à tendência de as ondas de rádio viajarem para frente e para trás na mesma frequência. Uma desvantagem do full duplex é que cria mais interferência de sinal, através de um eco desagradável, para uma antena transmitir e receber ao mesmo tempo só vai ser possível com uma tecnologia especial de cancelamento de eco [3], [5].

## 6 Possibilidades/propostas relevantes do 5G

Após anos de antecipação e expectativa as redes sem fio da quinta geração estão finalmente a tornar-se uma realidade. O 5G pode e vai afetar as nossas vidas de forma mais dramática do que qualquer mudança de tecnologia desde o aparecimento da Internet, porque o 5G vai permitir que o mundo esteja totalmente conectado.

Por exemplo, as cidades vão ficar mais inteligentes com a atualização para o 5G, vai permitir que estas sejam capazes de gerir de forma inteligente o fluxo de tráfego, a qualidade do ar, o uso de energia, a segurança pública e muito mais. Um relatório da Accenture Strategy de 2017 prevê que o uso de redes 5G para gerenciar tráfego e energia pode economizar 160 mil milhões de dólares às cidades.[6]

O 5G vai afetar também a maneira de como vamos trabalhar quer ao nível da agricultura usando sensores no solo e câmaras no ar para identificar doenças nas culturas, determinar

quando regar e reduzir o uso de pesticidas, quer ao nível da indústria implementando robôs conectados para automatizar trabalhos perigosos ou repetitivos.

Como todos os dias constatamos ocorrem milhares de acidentes de automóvel, sendo a maior parte deles por erro humano. Uma forma de evitar isto seria tornar os carros autónomos, para isso estes devem comunicar entre si através de sensores embutidos em semáforos, sinais de trânsito ou na estrada de forma a evitar acidentes e minimizar o congestionamento permitindo deslocações com maior segurança. Contudo, os carros devem obter respostas instantaneamente e é aí que as redes 5G de baixa latência entram. Em testes feitos por uma equipa na Dinamarca a velocidades entre 30 e 120km/hr no total de 19.000km concluíram que com 4G LTE atual, existem alguns aspetos que não permitem condições que garantam a segurança nem eficiência na comunicação sendo alguns deles: o tempo de resposta no envio e na receção de uma mensagem ao destino(RTT), onde este varia entre os 51 e os 72ms que por pouco satisfaz os requisitos necessários, contudo este tempo pode ser influenciado por atrasos ou baixas taxas de transmissão devido a congestionamentos ou baixa cobertura de rede, o tempo de troca de conexão dos dispositivos com as antenas telefónicas, que deveria estar na ordem dos 0ms e segundo os dados recolhidos encontra-se na ordem dos 40ms. Esta equipa apresentou algumas melhorias no processo de “handover execution”, estas sugerem passar de uma abordagem “break-before-make”, onde um dispositivo perde a conexão a uma antena antes de estabelecer contacto com a próxima antena, para uma “make-before-break”. Um dos aspetos positivos detetado foi uma grande cobertura da rede, com 99% da região testada a ser coberta, apesar de estes dados poderem ser tendenciosos, devido aos dados recolhidos serem só referentes à cobertura em estrada, sendo que, um aspeto importante em mobilidade conectada é também a segurança em zonas subterrâneas como parques ou túneis.[7].

Uma das outras potencialidades com a utilização da quinta geração poderá ser o aperfeiçoamento de uma simples consulta médica, graças às visitas virtuais ativadas por redes sem fio de baixa latência e com qualidade HD. Dispositivos médicos irão capturar os nossos sinais vitais e posteriormente transmitir aos médicos, permitindo que estes detetem sinais precoces de ataques cardíacos, derrames ou outros eventos com risco de vida.

Por fim, em consequência de maior débito de informação e baixa latência do 5G, a realidade aumentada e virtual pode finalmente tornar-se uma realidade prática, por exemplo, dois trabalhadores da mesma empresa, mas de cidades distantes poderão trabalhar lado a lado; ou num futuro próximo, podemos estar no conforto do nosso sofá assistindo à emoção de um evento desportivo como estivéssemos no próprio local.

## **7 Estado atual em Portugal**

Portugal é hoje um dos países europeus com maior cobertura e densidade de redes de fibra, o que coloca o nosso país numa posição de vantagem comparado com outros países para implementar e aproveitar o potencial do 5G. Contudo, Portugal encontra-se bastante atrasado comparado com Espanha que já oferece o serviço. Divergências entre operadores, reguladoras e governos ajudam a explicar este atraso juntamente com as tensões geopolíticas entre os EUA e a China, propiciadas pela capacidade redistributiva do poder desta tecnologia e protagonizadas pela Huawei, a empresa mais avançada no desenvolvimento dos equipamentos e que detém a maior parte das patentes essenciais para implementar esta tecnologia. Todavia para explorar a baixa latência, maior transferência de dados e melhor qualidade do serviço é preciso utilizar fibra ótica que permite transportar os fluxos de dados recolhidos e enviados sem limitações. Como já foi referido anteriormente podemos afirmar que o 5G pode ser uma das primeiras revoluções a nível tecnológico que está a acontecer onde Portugal ocupa uma posição de liderança numa área chave para o seu aproveitamento e desenvolvimento [8].

## 8 Conclusão

Em suma, apesar de nos encontrarmos numa fase de transição de geração e com algumas implementações já ao nível do 5G, podemos afirmar que o 5G é e será a base das tecnologias móveis. Centrando-se na experiência do utilizador para uma convergência de multinível e ampla inovação, para isso, o uso de altas frequências leva a um aumento da capacidade dos sistemas, uma mobilidade como nunca antes testemunhada e com que as redes e terminais consumam muito menos energia. A tecnologia 5G combinada com a internet móvel vai proporcionar a evolução das redes, baseado no sistema de nuvem com recursos virtualizados, esta convergência de serviços e de redes acabarão por trazer mais experiências e serviços superiores aos utilizadores.

## References

1. Bankmycell. HOW MANY PHONES ARE IN THE WORLD?. Acedido em 28 de Setembro de 2019, em : <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>
2. Kurose, J.F., Ross K.W.(2012).”Computer networking: a top-down approach”,6ªEdição, Pearson.
3. Nordrum, A., Clark, K. e IEEE Spectrum Staff (2017) Everything You Need to Know About 5G. Acedido em 28 de Setembro de 2019, no Web Site do IEEE Spectrum: <https://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/everything-you-need-to-know-about-5g>
4. Harris, Paul & Beach, Mark & Armour, S. & Mings, I.. (2017). From MIMO to massive MIMO. Microwave Journal. 60. 22-42.
5. Agiwal, M.,Roy A., Saxena N. (2016).“Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey”. IEEE communications surveys & tutorials. Vol. 18, no. 3. 1617-1650.
6. Accenture. (2017). New Research from Accenture Strategy highlights Economic and Societal Impact of Investing in 5G Infrastructure. Acedido em 28 de Setembro de 2019, no Web site da Accenture: <https://newsroom.accenture.com/news/new-research-from-accenture-strategy-highlights-economic-and-societal-impact-of-investing-in-5g-infrastructure.htm>
7. Lauridsen, M., Giménez, L.C., Rodriguez, I., Sørensen, T.B. e Mogensen, P. (Março de 2017). From LTE to 5G for Connected Mobility. Network Testing and Analytics. IEEE Communications Magazine. 156-162.
8. O Jornal Económico. (2019). 5G, o 5J das tecnologias. Acedido em 28 de Setembro de 2019, no Web site do Jornal Económico: <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/5g-o-5j-das-tecnologias-491593>