

Cobertura de redes 4G na Microrregião Turística das Lagoas: Testes realizados em Melincué, SF, Argentina

Gustavo Alberto González Capdevila¹, Gustavo Griebler², Jean Lucas Espindola da Silva da Rosa²

¹Universidad del Aconcagua - Consejo de Investigaciones (CIUDA)
Mendoza Ciudad - MZ - Argentina

²Instituto Federal Farroupilha - Campus Avançado Uruguaiana - RS - Brasil

info@gonzalezcapdevila.com.ar, {gustavogriebler,juniorejina}@gmail.com

Abstract. *This paper describes the theoretical framework and the use of 4G cellular telephony networks in the Microregion Turística das Lagoas located in the Argentine province of Santa Fe (SF), specifically in the city of Melincué. This work intends to map the 4G mobile networks in this place with the objective of making available a report on the current situation of these networks through the OpenSignal / 4Gmark applications, considered two the best tools currently, then identify the locations that present problems and determine their possible causes, view that Melincué is considered one of the most important cities of this tourist microregion. Finally, a future work will be shown to improve the problems detected.*

Resumo. *O presente artigo descreve o marco teórico e a utilização das redes de telefonia celular 4G na Microrregião Turística das Lagoas situada na província argentina de Santa Fé (SF), especificamente, na cidade de Melincué. Este trabalho pretende realizar um mapa das redes móveis 4G neste local com o objetivo de disponibilizar um relatório sobre a situação atual dessas redes, através dos aplicativos OpenSignal / 4Gmark, consideradas duas das melhores ferramentas atualmente, e em seguida identificar os locais que apresentam problemas e determinar suas possíveis causas, haja vista que Melincué é considerada uma das cidades mais importantes desta microrregião turística. Finalmente, será exibido um trabalho futuro para melhorar os problemas detectados.*

1. Introdução

Este artigo pretende analisar a situação atual da cobertura 4G na cidade argentina de Melincué/SF, que é considerada uma das mais importantes da Microrregião Turística das Lagoas. Segundo os testes realizados no mês de novembro de 2018, este local turístico a nível internacional não oferece uma qualidade de sinal 4G ótima para os visitantes usarem a Telefonia, Internet, WhatsApp, Redes Sociais, etc.

Além disso, segundo o mapa 4G realizado pela empresa britânica de monitoramento e desempenho de redes *OpenSignal*, Melincué tem uma cobertura 4G de alta qualidade e velocidade, mas os testes realizados com o aplicativo homônimo e 4Gmark determinaram graves problemas em alguns locais dessa cidade [OpenSignal e

4Gmark 2018]. Por conseguinte, é preciso realizar as seguintes perguntas ou questionamentos de pesquisa:

1. *Por que o local geográfico onde se encontra o “Melincué Casino & Resort”, site testado aqui, tem cobertura 4G fraca?*

2. *Quais são os motivos pelos quais os resultados obtidos com os aplicativos OpenSignal e 4GMark no local testado são bem diferentes entre si?*

Por outro lado, o relatório publicado em novembro de 2018 pela empresa britânica OpenSignal não descreve a condição atual da rede 4G na província argentina de Santa Fé/SF, embora faz uma comparação entre as três principais cidades da Argentina (Buenos Aires, Rosário e Córdoba) [OpenSignal 2018]. No entanto, os autores deste artigo procuraram relatórios oficiais da rede 4G em SF, mas, infelizmente, nenhum dado foi possível achar.

Portanto, será apresentado neste artigo um conjunto de experiências organizadas em etapas, e baseadas em medições realizadas com os aplicativos OpenSignal¹ e 4GMark², que exibem o estado atual dos sinais em um local específico para os seguintes tópicos: latência, download, upload, torres de celulares, redes Wi-Fi disponíveis, operadores de telefonia, qualidade da Internet, Streaming, etc. Estes aplicativos foram utilizados como parte da metodologia em diferentes artigos científicos realizados no Brasil e na Argentina a partir de 2015, por exemplo: *Brasil*: Redes móveis na fronteira Argentina-Brasil; etc. [González Capdevila, Griebler e Castro Caurio 2015-2016] - *Argentina*: Cobertura de redes 4G no Rio de la Plata: Testes realizados na travessia Argentina - Uruguai [González Capdevila, 2016].

Já a primeira etapa consiste na realização de um conjunto de testes ou medições das redes 4G em diferentes locais da cidade argentina de Melincué/SF, utilizando dois Smartphones Samsung Galaxy S8 da operadora argentina Movistar. Estas experiências foram organizadas segundo o mapa de cobertura 4G publicado por OpenSignal na região, levando em conta as dificuldades detectadas pelos usuários em locais específicos.

A segunda etapa consiste na classificação e análise desses dados coletados, organizando-os em tabelas e figuras, com a finalidade de exibir os resultados de forma clara e precisa.

Finalmente, a terceira e última etapa consiste na identificação dos locais pesquisados onde foram detectados diferentes problemas e, em seguida, analisar as possíveis causas, e realizar, num futuro próximo, uma proposta de solução viável que será informada formalmente às operadoras da região.

¹ *OpenSignal* é uma empresa britânica fundada em 2010 por Brendan Gill, James Robinson, Sam, Westwood e Sina Khanifar. © 2016 OpenSignal Inc.

² *4GMark* é uma empresa francesa especializada na medição da experiência (QoE) e qualidade do serviço (QoS) das redes de telecomunicações.

2. Marco teórico

Redes de computadores têm sido utilizadas há pelo menos cinquenta anos. Desde os testes bélicos conduzidos pelos norte-americanos na década de 1960 até os dias de hoje, muito já se conseguiu construir no que tange à evolução tecnológica na área.

Atualmente, as redes de computadores já convergem integralmente para redes móveis, em que a tecnologia celular é uma realidade, já que “agora, as pessoas esperam efetuar chamadas telefônicas de aviões, carros, piscinas e enquanto fazem jogging no parque” [Tanenbaum, 2003:161]. A evolução das redes móveis de telefonia, ou telefones celulares, passou por três gerações até se chegar à rede 4G: a primeira permitia tão somente a voz analógica, a segunda voz digital; e a terceira permitiu além da voz digital os dados (Internet, e-mail, etc.). A rede 4G permite conexões de até 1 gigabit, o que traz uma maior evolução a esta rede.

Uso de 4G caracteriza a grande utilidade sobre Computação Móvel. *Computação móvel tem se tornado mais de utilidade nas vidas alheias. Seus desempenhos se tornam cada vez mais eficazes e simples de utilizar.* Sua real função era de obter um uso de computação portátil (Tablets e Notebooks) que ganharam um grande avanço nos últimos anos (deixando de serem a segunda geração das invenções na humanidade) [Morimoto, 2011].

Com a rede 4G, cresce também o uso de dispositivos para suportar esta tecnologia. O uso de Smartphone é uma das invenções que ganha em comunicação. Antigamente os primeiros celulares apresentavam uma comunicação via “VOZ”, isso significava que seus aparelhos apresentavam uma melhoria entre comunicação portátil. Com grandes avanços, os Smartphones se tornaram mais evolutivos. Sua capacidade em transmitir “áudios, arquivos, Vídeos e Fotos” se torna mais eficaz entre o usuário. A utilização de Redes Móveis também se torna mais útil. Sua comunicação portátil (Como 3G (0.35mb/s), 4G (2.5mb/s), 4.5G (5.5mb/s)) são seus pontos mais fortes entre um Smartphone. Isso justifica o aumento de redes para operadoras, de que para obterem o acesso a redes mais pesadas, era preciso ter acesso mais rápido [Morimoto, 2011].

Um alcance estabelecido em dispositivos portáteis possibilita vários desempenhos entre os aparelhos eletrônicos. Desta forma caracteriza o uso das Antenas, que são responsáveis por equilibrar e enviar uma comunicação entre o usuário e o outro, que utilizam uma forma de rede de comunicação que chamamos de “Potência Total”. Toda antena concentra o sinal em determinadas direções, sendo que quanto mais concentrado é o sinal, maior é o ganho. Alguns locais de conexão podem apresentar uma estabilidade menor, isso explica, de que o ponto de acesso (antena mais próxima) está em um ponto mais afastado ao usuário resulta em uma conexão desequilibrada [Morimoto, 2011].

3. Testes realizados em Melincué

3.1 Introdução

Nos dias 18 e 19 de novembro de 2018 foi realizada uma experiência baseada em testes ou medições na cidade argentina de Melincué/SF (Figura 1). Em cada local testado foi utilizada uma amostra de cinco coletas de dados e em diferentes intervalos de tempo.

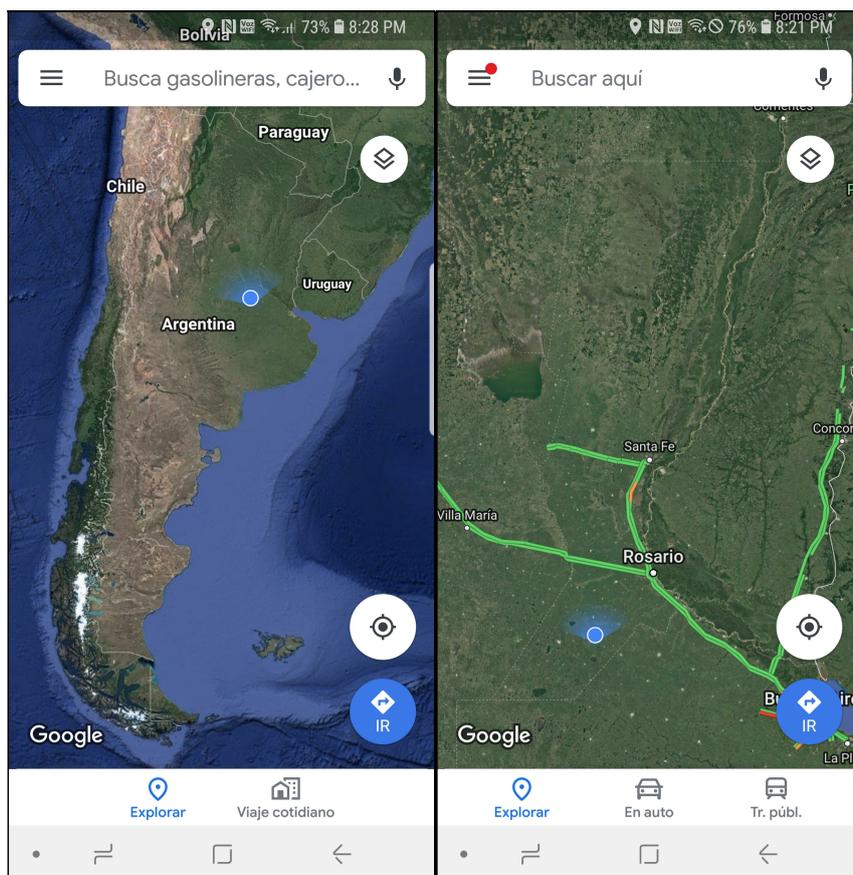


Figura 1. Ubiquação da cidade de Melincué no mapa da Argentina (esquerda) e na província de Santa Fé/SF (direita)

3.2 Experiências realizadas com o aplicativo OpenSignal

Em primeiro lugar, os resultados que serão exibidos pretendem responder as duas perguntas de pesquisa realizadas na introdução deste artigo, utilizando as opções *Painel*, *Teste de Velocidade* e *Cobertura*, disponibilizadas no aplicativo OpenSignal®. A Figura 1 exibe um mapa da cobertura 4G oferecida por OpenSignal® na Microrregião Turística das Lagoas, situada na província argentina de Santa Fé (SF):

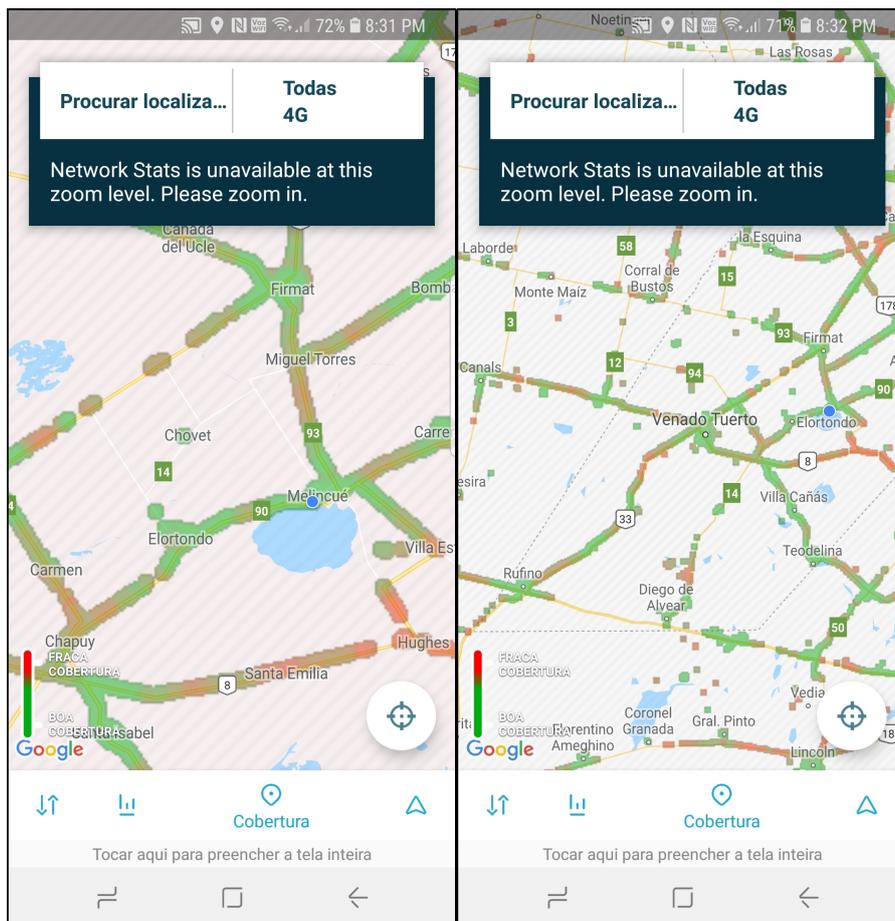


Figura 2. Cobertura móvel 4G na Microrregião das Lagoas/SF, Argentina

Na Figura 2 pode-se observar um ponto de cor azul que mostra a localização da cidade de Melincué nesta microrregião. Em seguida, foi escolhido um local geográfico que, segundo o mapa de cobertura de OpenSignal, a intensidade do sinal 4G é *alta* (cor verde), mas nos testes que serão exibidos, a realidade é muito diferente. O site que foi testado é o *Melincué Casino & Resort* e zonas próximas.

Este local foi testado durante os dois dias e os resultados coletados o dia 18/11/2018 com OpenSignal na seção *Painel*, exibe os níveis de intensidade do sinal que mudaram de *Ótimo* às 20h30m para *Ruim* às 20h47m. Resulta importante salientar que em apenas dezessete minutos a intensidade do sinal mudou de maneira incrível enquanto o dia 19/11/2018 os resultados são semelhantes:



Figura 3. Seção Painel do OpenSignal no Melincué Casino & Resort

Já a Figura 4 se exibem as antenas detectadas com o aplicativo nesse local. Veja-se que as antenas mudam permanentemente o dia 18 e, portanto, esse fato é estranho se o local tem cobertura 4G segundo afirmam as operadoras argentinas e o aplicativo OpenSignal. No entanto, o segundo dia de testes realizados no mesmo local, mostra que a antena não muda como aconteceu o dia anterior:

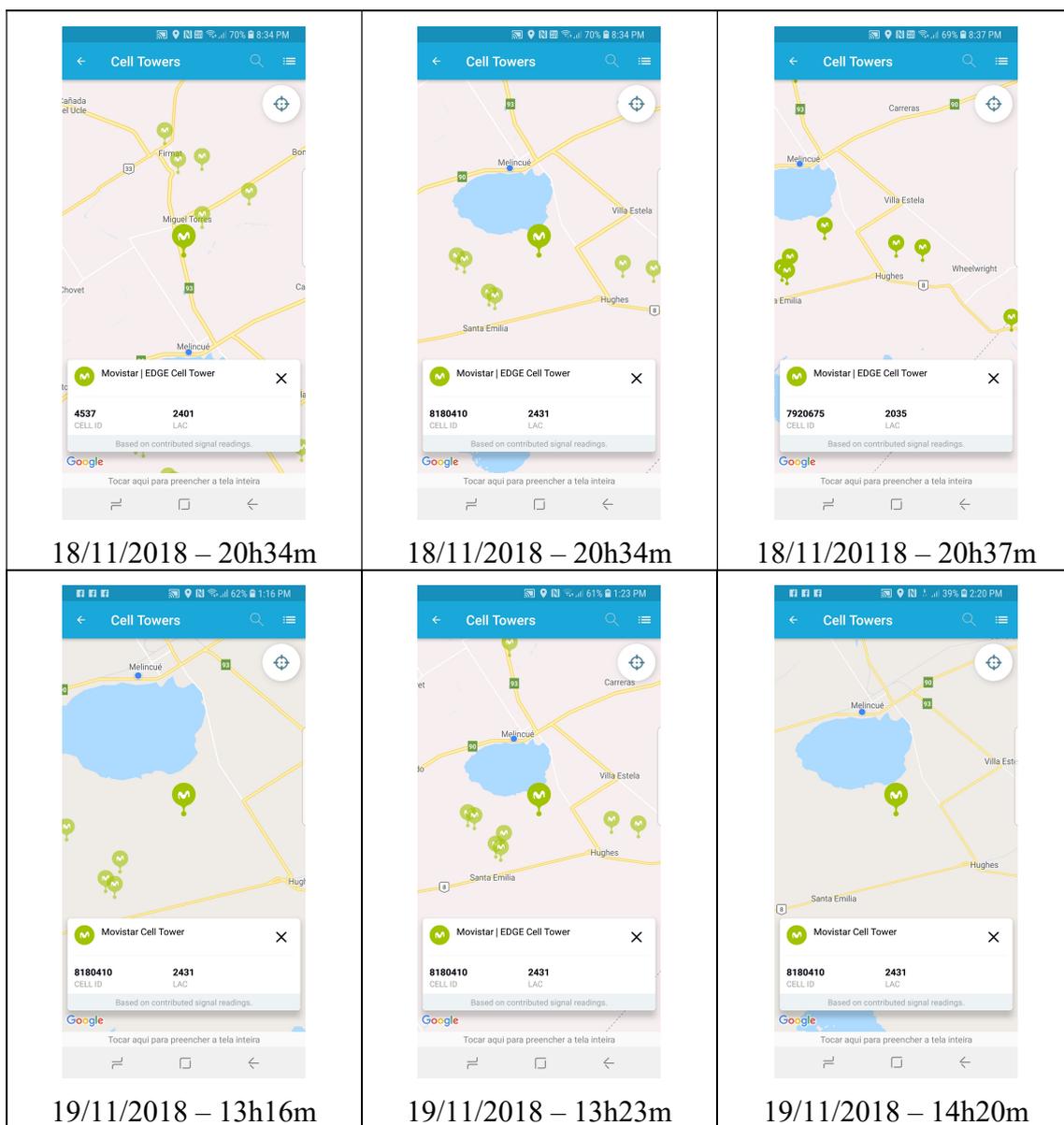


Figura 4. Lista de Antenas detectadas no Melincué Casino & Resort

Em relação aos testes realizados de *latência*, *download* e *upload* nesse local, observam-se valores *bons* de manhã, e *ruins (nulos)* de tarde e de noite. Estes resultados deveriam ser testados novamente num futuro trabalho para determinar as causas, pois é muito estranho este comportamento no mesmo local durante o mesmo dia.

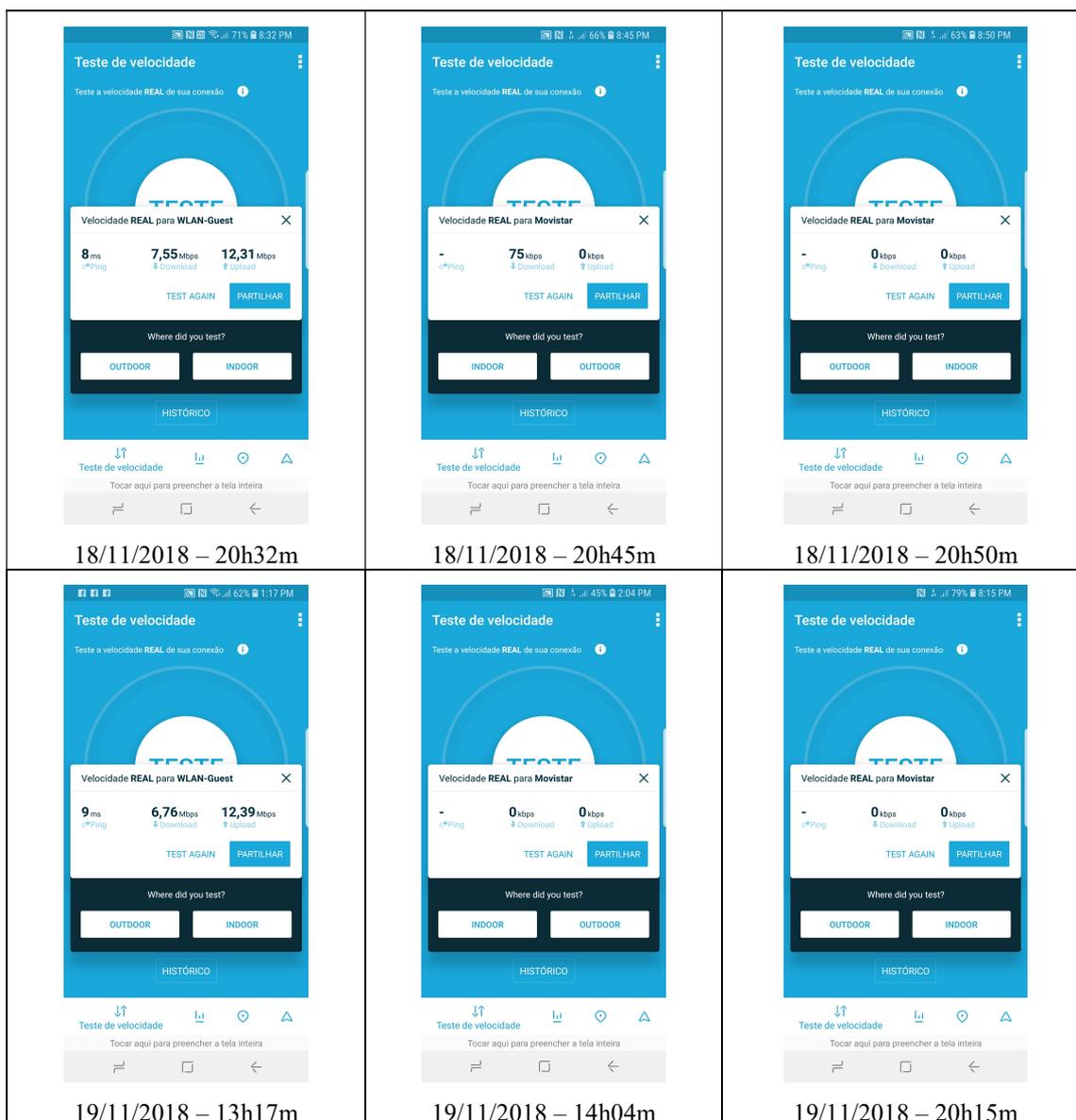


Figura 5. Testes de latência, download e upload no *Melincuê Casino & Resort*

A seguir, a Figura 6 exibe a cobertura 4G detectada neste local. Veja-se que a cidade de Melincuê tem cobertura fraca nos locais perto da lagoa homônima, mas no local onde fica o *Melincuê Casino & Resort* não existem problemas. No entanto, por que os testes realizados e exibidos indicam uma condição contrária?

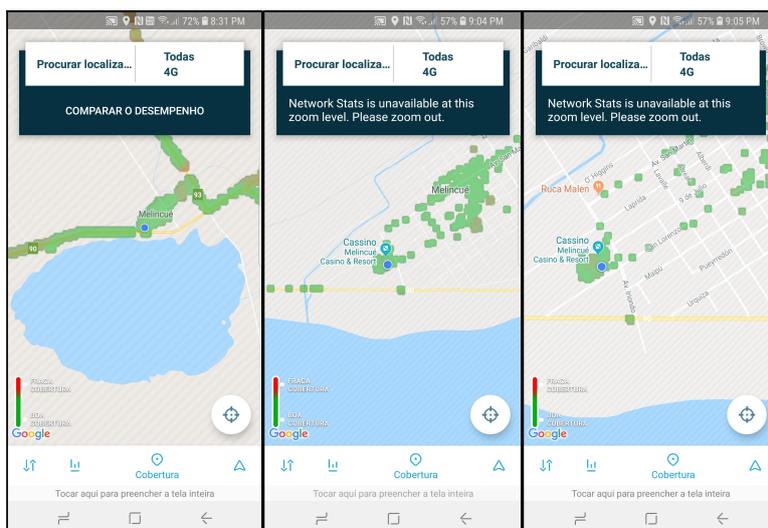


Figura 6. Cobertura 4G no Melincué Casino & Resort

Já a Figura 7 exibe mapas satélites deste local onde o ponto celeste indica sua localização exata:

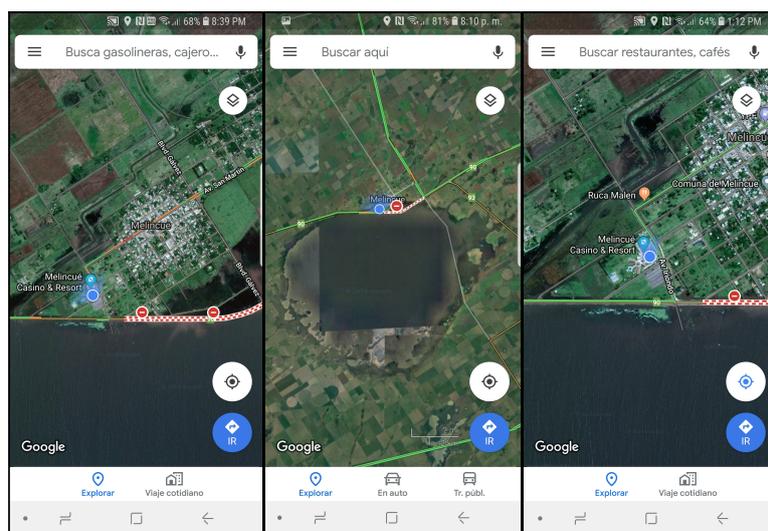


Figura 7. Mapas satélites no Melincué Casino & Resort

Finalmente, a Figura 8 mostra os resultados obtidos nos testes através de uma tabela e gráfico comparativo:

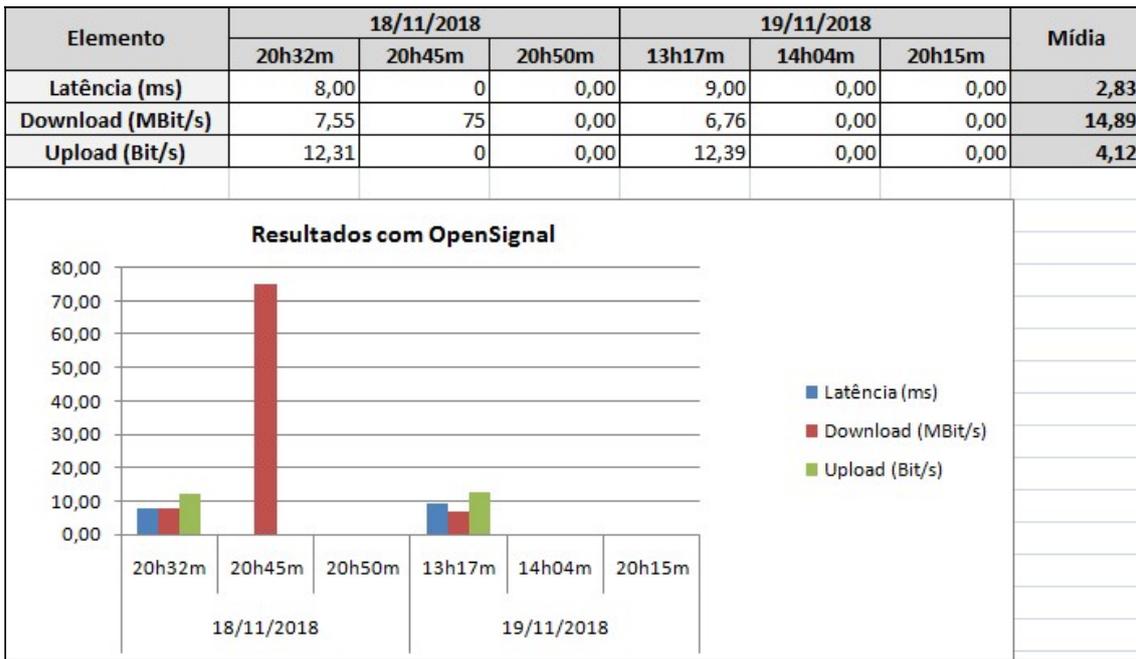


Figura 8. Tabela e gráfico comparativo com OpenSignal no *Melincué Casino & Resort*

Os testes conduzidos nos dois dias nos mostram uma grande variação de resultados, o que pode denotar uma má cobertura e entrega de sinal por parte da operadora avaliada. A região não tem recebido a qualidade de sinal que uma região desse porte deveria ter, mostrando taxas de download, em especial, muito díspares.

3.3 Experiências realizadas com o aplicativo 4GMark

Nesta seção serão exibidos os testes realizados no *Melincué Casino & Resort* utilizando o aplicativo 4GMark que tem um tema principal com duas opções para os usuários escolherem: FULL TEST e SPEED TEST. Neste trabalho os autores decidiram a opção FULL TEST para fazer uma comparação entre os resultados obtidos com este aplicativo e OpenSignal. Os seguintes resultados foram obtidos três horas depois de utilizar o outra App:





Figura 9. Resultados dos testes no Melincué Casino & Resort no primeiro dia
 Já no segundo dia de medições foram obtidos os seguintes resultados:

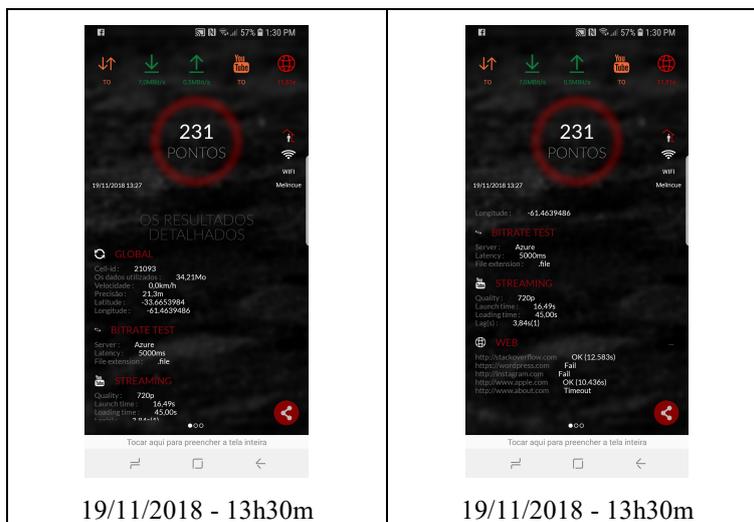




Figura 10. Resultados dos testes no *Melincué Casino & Resort* no segundo dia

Com a finalidade de fazer uma comparação entre os resultados detalhados anteriormente, será exibido, a seguir, um gráfico que mostra as variações entre *latência*, *download*, *upload*, *streaming*, entre outros elementos:

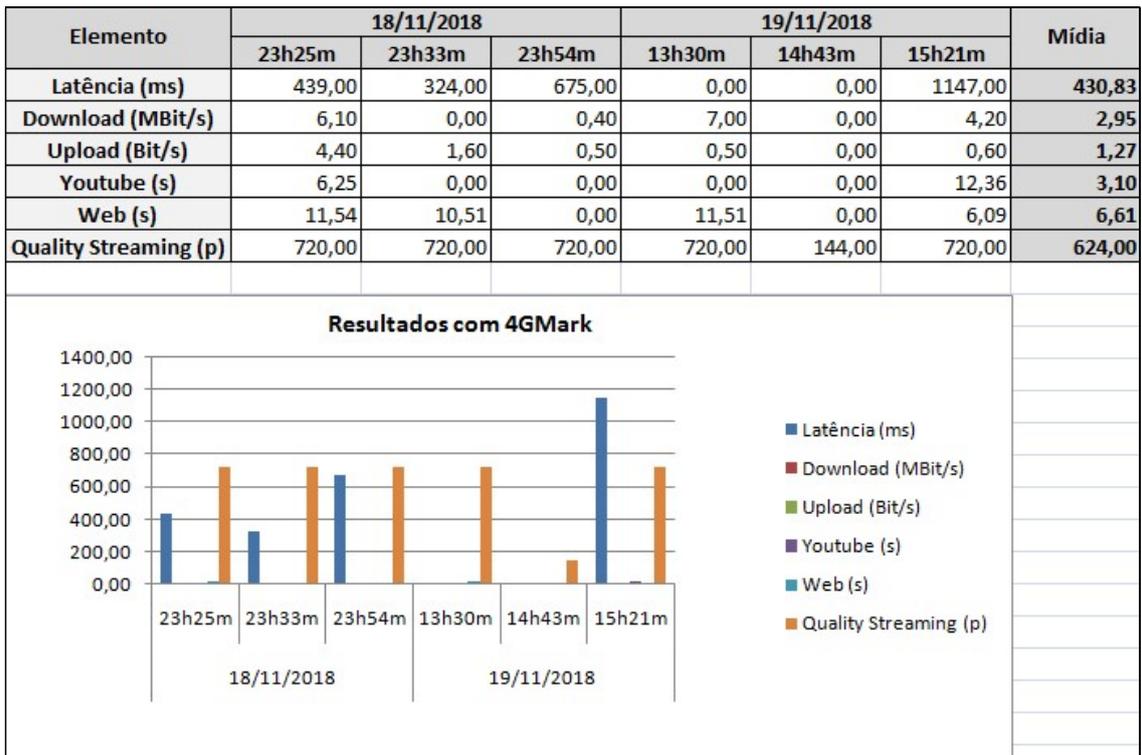


Figura 11. Tabela e gráfico comparativo com 4GMark no Melincué Casino & Resort

4G Mark é um aplicativo mais completo no que tange a informações e aplicativos a serem testados, além de fornecer taxas de latência, download e upload. Mesmo se mudando de aplicativo, os resultados dos testes na região testada mostraram-se semelhantes, ou seja, há uma variação grande de sinal e sua qualidade.

3.4 Comparações de resultados coletados com OpenSignal e 4GMark

Nesta seção será exibida uma comparação dos resultados obtidos com os aplicativos OpenSignal e 4GMark com o objetivo de responder os questionamentos da introdução. Os resultados que foram comparados são a média entre os valores obtidos nos testes realizados os dias 18 e 19 de novembro de 2018.

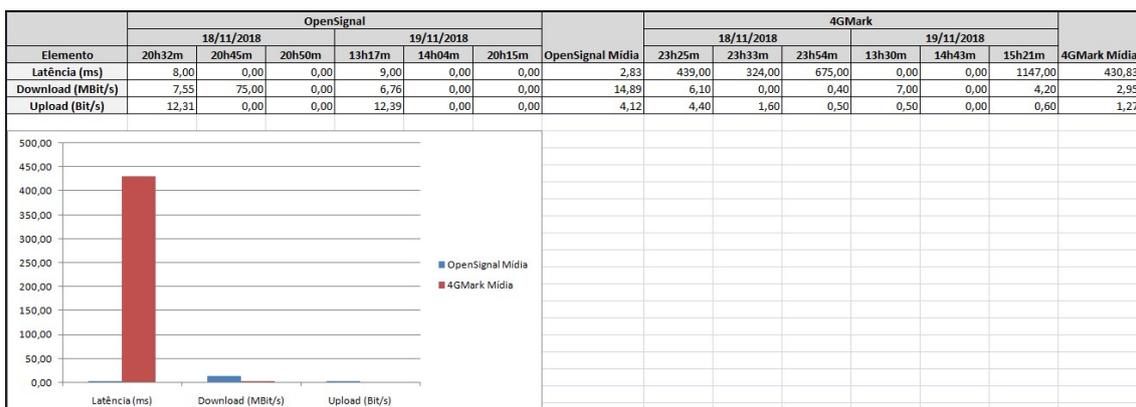


Figura 12. Gráfico comparativo entre OpenSignal e 4GMark no Melincué Casino & Resort

Analisando o gráfico anterior pode-se observar que a *latência* obtida com 4GMark é muito superior em relação a OpenSignal durante os dois dias de testes realizados. Portanto, o tempo de resposta do Smartphone utilizando este aplicativo é muito lento.

Já no *download* os resultados são muito inferiores quanto à latência, mas com uma diferença importante entre OpenSignal: 14,89 MBit/s e 4GMark: 2,95 MBit/s. Aqui é possível observar que o *download* resulta ser cinco vezes superior com OpenSignal em relação a 4GMark, aproximadamente.

Finalmente, a diferença no *upload* destes aplicativos é inferior quanto à *latência* e ao *download*, porém os resultados obtidos com OpenSignal foi de 4,12 MBit/s e com 4GMark de 1,27 MBit/s, ou seja, uma diferença percentual de 69,17.

3.5 Respostas aos questionamentos realizados

Na *Introdução* foram realizados dois questionamentos de pesquisa que serão respondidos a seguir:

1. Por que o local geográfico onde se encontra o “Melincué Casino & Resort”, site testado aqui, tem cobertura 4G fraca?

Uma antena é responsável por ampliar sua velocidade ou alcance de rede de comunicação para o usuário. Linhas de roteadores são dependentes de antenas para estabelecerem uma conexão mais estável, na utilização de repetidores ajudam a ampliar o seu alcance de rede. Isso explica o uso de redes em pontos turísticos com tamanho de rede de longa distância.

2. Quais são os motivos pelos quais os resultados obtidos com os aplicativos OpenSignal e 4GMark no local testado são bem diferentes entre si?

O comportamento de OpenSignal apresenta ferramentas que podem influenciar além do permitido, sua função “monitoração de platfond, minutos de chamadas e SMS” são seus pontos mais fortes. A banda larga de sinal entre operadoras testadas são variáveis, pois no Brasil as operadoras que mais são ricas em redes são CLARO e VIVO (51%), TIM (35%), enquanto a OI apresenta apenas 15% de limites em alcance.

O OpenSignal apresenta o ponto mais perto para que o usuário possa obter um acesso mais elevado do que apresenta (utilizando como bússola), sua especificação e

objetivo é ajuda a obter uma rede mais rápida (estando em um ponto mais próximo entre uma antena).

Já o comportamento de 4GMAK apresenta uma plataforma diferenciada. Suas especificações entre “FULL TEST” e “SPEED TEST” são seus pontos fortes. O 4GMARK surge também como função extra em examinar capacidade de visualização entre Vídeos (YOUTUBE), também inclui a velocidade de sua rede Global, que possibilita avaliar sua capacidade de ter contato em redes mundiais. O 4GMARK não apresenta ponto de intuito ao elevar o usuário à direção entre um ponto mais próximo (antena para aumentar seu alcance pela rede), o que diferencia esses pouco gráficos.

O OpenSignal se torna um pouco mais relevante na prática de examinar rede e sua especialidade se torna em capturar uma rede mais próxima para ampliar a velocidade no acesso ao usuário.

Cabe salientar que neste artigo não foram analisadas as categorias *clima* e *infraestrutura das antenas da região*, pois não foram consideradas inicialmente, mas, após os testes, os autores acham importante realizar um estudo futuro, haja vista que estas categorias poderiam ser determinantes para poder responder este questionamento.

Por outro lado, é preciso insistir que os aplicativos OpenSignal e 4GMark confirmaram a existência de problemas, em alguns casos, *graves*, no local testado. Além disso, não existem, ao que parece, relatórios oficiais que descrevam os problemas de conectividade.

4. Outras experiências de monitoramento de sinais 4G

A GSMA e o ITU publicam de forma permanente, pesquisas e relatórios sobre o monitoramento dos sinais 4G no mundo inteiro, porém nestes documentos não se descreve a realidade da telefonia móvel em diferentes locais de SF que merecem uma análise exaustiva, como por exemplo: Melincué. [GSMA 2019] e [ITU 2019]

Além disso, é muito importante fazer uma análise do estado da arte da tecnologia 4G em outros locais do mundo com características semelhantes a Melincué, com a finalidade de poder explicar o que acontece nesse local testado. A pesquisa realizada por Martínez Valencia e López Valencia (2015) sobre a implementação de Sistemas de Informação Geográfica/GIS como ferramenta estratégica em redes 4G na Colômbia, poderia fundamentar o que acontece no local onde se encontra o *Melincué Casino & Resort*.

A análise da infraestrutura e da mobilidade é um assunto que forma parte da resposta ao segundo questionamento da seção 3.5. Nos anais do SBRC (2016) foi publicado um minicurso que descreve estas categorias. Resulta relevante todo o conteúdo deste minicurso especialmente os relatórios: *Serviço de dados das operadoras de celular*, *Estudo de mobilidade* e *Infraestrutura*, que descreve a estado atual da rede 4G no Brasil.

Finalmente, os autores testaram diferentes sites de redes 4G na América do Sul, como por exemplo: *Argentina*: RN-174 (Rosário-Victoria), RN-40 (San Juan-Mendoza); *Brasil*: Redes móveis na fronteira Argentina-Brasil; etc. Nestes trabalhos acontecem situações semelhantes a Melincué, ou seja, dificuldades da rede 4G num

local que segundo alguns aplicativos de monitoramento tem cobertura 4G aceitável. [González Capdevila, Griebler e Castro Caurio 2015-2016 & González Capdevila 2017]

5. Conclusões

Redes móveis e de alta velocidade e alta necessidade para os usuários têm se tornado de fundamental importância nos dias atuais para a conectividade. Locais turísticos costumam demandar melhor qualidade de sinal das redes por conta do natural alto volume e fluxo de turistas. Dessa forma, testes para melhoria de sinal têm de ser efetuados e reportados às operadoras, como é o caso deste estudo.

Os testes entre os aplicativos 4Gmark e OpenSignal apresentam uma variância de comportamento. Apesar disso, se constituem em ótimas ferramentas para se aferir dados de conectividade. Ambos trabalham de maneira simples, eficaz e significativa para seu grande desenvolvimento dentre redes e plataformas (estudos levados em dados GMóveis e Wi-Fi).

Resulta importante salientar a precisão destes aplicativos que foi demonstrado em cada teste realizado; no entanto, outras ferramentas não foram utilizadas nesta pesquisa e poderiam ser adicionadas como, por exemplo: Tiempo Meteo, Previsão do Tempo, AccuWeather, The Weather Channel, Today Weather, entre outras. Dessa forma, os resultados teriam uma precisão muito maior.

Já na seção 4 foi mencionada que a GSMA e o ITU não publicaram resultados oficiais em relação ao estado atual da rede 4G nesta microrregião, nem sequer de locais relevantes do extenso território da província de Santa Fe/SF que merecem uma análise exaustiva.

Finalmente, este trabalho pretende analisar o estado da rede 4G com a finalidade de informar às operadoras sobre os resultados obtidos para elas melhorarem seus serviços, haja vista a potencialidade econômica, comercial e turística na Microrregião das Lagoas/SF, Argentina.

6. Trabalho futuro

Como trabalho futuro e de forma a melhor entender esta variante entre resultados entre os aplicativos e os horários testados, pretende-se introduzir novas variáveis, como *clima* e *infraestrutura das antenas da região*. Resulta importante analisar estas variáveis haja vista as variações observadas durante os testes realizados. A Microrregião das Lagoas tem uma variação do vento e da nebulosidade que, em muitos casos, faz imprevisível determinar uma metodologia de análise de uma variável em particular. Portanto, será necessária uma pesquisa interdisciplinar com especialistas em meteorologia.

Por outro lado, como consequência dos testes realizados na infraestrutura da rede 4G em Melincué/SF, Argentina, pode-se concluir inicialmente que é necessário um maior investimento das operadoras locais, segundo os resultados obtidos. No entanto, é preciso realizar uma análise de cada uma das antenas da região, com o objetivo de conhecer seu estado real em relação à variação do clima e, em seguida, informar às operadoras para decidirem uma ação específica.

Referências

- González Capdevila, Gustavo Alberto (2017). *De San Juan a Mendoza: Redes 4G en la Ruta Nacional 40, República Argentina*. Artigo publicado em www.academia.edu
- González Capdevila, Gustavo Alberto; Griebler Gustavo e Castro Caurio, Aline (2016). *Xarxes Mòbils a la Regió Litoral, República Argentina: Anàlisi de casos a les províncies de Santa Fe (SF) i Entre Ríos (ER)*. Livro digital PDF. ISBN: 978-987-26661-0-1. Gustavo Alberto González Capdevila Editor, Rosario, SF, Argentina.
- González Capdevila, Gustavo Alberto; Griebler Gustavo e Castro Caurio, Aline (2015). *Redes móveis na fronteira Argentina - Chile: Testes realizados na Região Patagônia*. Artigo publicado nos anais da REABTIC (Revista Eletrônica Argentina - Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação). Volume N° 1. Quarta edição. ISSN 2446-7634. Site oficial: <http://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/issue/view/4>
- González Capdevila, Gustavo Alberto; Griebler Gustavo e Castro Caurio, Aline (2015). *Redes Móveis na fronteira Argentina-Brasil: Testes realizados no Rio Grande do Sul e em Corrientes*. VI. Artigo publicado nos anais do Simpósio de Tecnologia da Informação da Região do Rio Grande do Sul (STIN). FEMA (Fundação Educacional Machado de Assis), Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil. Site oficial: http://www.fema.com.br/wp-content/uploads/2015/07/edital_15_2015.pdf
- GSMA (2019). *GSMA LA Operators*. Relatório disponibilizado em <http://www.gsma.com/latinamerica/es/gsma-la-operators>
- ITU (2016). *ITU global standard for international mobile telecommunications 'IMT-Advanced'*. Relatório disponibilizado em <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-adv/Pages/default.aspx>
- Martínez Valencia, Sebastián e López Valencia, Juan Daniel (2015). *Sistemas de Información Geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales*. Trabalho de pesquisa apresentado como opção parcial para a obtenção do grau acadêmico de Especialista em Sistemas de Informação Geográfica. Universidad de Manizales. Colômbia.
- Morimoto, C.E. (2011) *Redes: guia prático*. 2.ed. Sul Editores.
- OpenSignal & 4Gmark (2018) *Mapa de cobertura 4G em SF*. Relatório disponibilizado nos aplicativos OpenSignal, versão atualizada em 12 de setembro de 2018, e 4Gmark, versão atualizada em 18 de setembro de 2018.
- OpenSignal (2018) *State of Mobile Networks: Argentina (November 2018)*. Relatório publicado em novembro de 2018 e disponibilizado em: <https://opensignal.com/reports/2018/11/argentina/state-of-the-mobile-network>.
- SBRC (2016). *Sobre Revisitando Metrologia de Redes: Do Passado às Novas Tendências*. Minicurso publicado nos anais do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores realizado em Salvador, BA.
- Tanenbaum, A.S. (2003). *Redes de computadores*. Elsevier.