Análise de um Cenário Corporativo para Aplicação do Uso de Femtocélulas

Christiane Fernandes Dias e Silva

Christiane Fernandes Dias e Silva

Análise de um Cenário Corporativo para Aplicação do Uso de Femtocélulas

Monografia apresentada à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador:
Prof. Ederson Torresini, Msc.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

São José - SC
Fevereiro/2014

Monografia sob o título “Análise de um Cenário Corporativo para Aplicação do Uso de Femtocélulas”, defendida por Christiane Fernandes Dias e Silva e aprovada no dia 27 de Fevereiro de 2014, em São José - Santa Catarina, pela banca examinadora assim constituída:

_____

Prof. Ederson Torresini, Msc.
Orientador

_____

Prof. Diego da Silva de Medeiros, Msc.
IFSC

_____

Evilásio Garcia, Msc.
Agile Process

Dedicatória

Dedico esse projeto a toda minha família, pois sem a presença de cada um deles não haveria a possibilidade dessa caminhada.

Dedico esse projeto ao Mestre Ederson Torresini, sem o qual, a idealização e concretização desse momento também não seriam possíveis. Sua dedicação, paciência e incentivos foram de suma importância para esta jornada.

Tudo vale a pena. Se a alma não é pequena.

Fernando Pessoa

Agradecimentos

Minha gratidão acima de tudo ao bom Deus que me permite a cada dia a possibilidade de me tornar um ser humano melhor!

Aos meus amados pais, José Antônio e Maria Imaculada, pelo apoio incondicional, pela paciência e compreensão, pelo incentivo, por acreditar no meu potencial, por suportarem a nossa distância física, pelos ensinamentos e pelo amor que me dedicaram ao longo de uma vida toda!

Aos meus irmãos, Erick e Marianne, pelo carinho, amizade e amor mesmo na minha ausência!

Aos meus queridos, Sintia e Luiz Davi por compreenderem minhas inquietudes e por tantas vezes a minha ausência, por todos esses anos de paciência, carinho, incentivo e amor!

Aos meus avós, João e Maria José (sempre presentes), Manoel (sempre presente) e Ernestina por acreditarem que eu seria digna dessa conquista!

Ao meu orientador Ederson Torresini por me apresentar essa proposta, pela dedicação e incentivo!

A empresa Alfa, em especial ao Evilásio Garcia por proporcionar a possibilidade de desenvolver esse estudo!

A cada um dos meus amigos, novos e antigos, que de perto ou de longe, caminhou comigo!

Aos professores, por me agregarem conhecimento além da área estudantil, me impulsionando a novos horizontes!

Aos colegas de curso pelas horas de estudo, trabalho duro, parceria e realização pessoal!

As amizades que fiz desde o momento que cheguei ao Campus Universitário e que diariamente me saudaram com um bom dia, uma palavra amiga, ou ainda pela companhia e distração na cozinha do campus onde nossos almoços eram cercados de alegrias e entusiasmo me ajudando também a ter ânimo pra continuar!

A todos que acompanharam minha longa jornada, minha eterna gratidão!

Resumo

As comunicações móveis revolucionaram a história do ser humano e o seu modo de interação social. Com a evolução surgiram equipamentos cada vez menores e mais poderosos, a comunicação passou a acontecer em tempo real mesmo quando se estava do outro lado do mundo. Foram desenvolvidos supercomputadores e redes estruturadas coordenando e transmitindo informações a velocidades inacreditáveis. Do conceito do geral para o específico, das macrocélulas para as femtocélulas, mais uma vez a voz e os dados seguem seu caminho na enorme teia das comunicações.

Este trabalho apresenta os conceitos sobre a tecnologia de Femtocélulas, avaliando suas características, arquitetura e aplicação. Elucida o processo de acompanhamento da padronização e regulamentação desse dispositivo no Brasil pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL e finaliza com a apresentação de um breve estudo direcionado à compreensão da aplicação do uso de femtocélulas dentro de um ambiente corporativo.

Palavras-chave: Femtocélulas, Tecnologia 3G, Ponto de Acesso, Regulamentação.

Abstract

Mobile communications have revolutionized the history of human beings and their way of social interaction. With the evolution increasingly smaller and more powerful equipment emerged, communication started to happen in real time, even if to the other side of the world. Supercomputers and structured networks which coordinate and transmit information at unbelievable speed were developed. From general to specific concepts, from macrocells to femtocells; once again voice and data make their way in the huge web of communications.

This work presents concepts on the technology of femtocells, analyzing its features, architecture and implementation. It elucidates the process of monitoring the standardization and regulation of this device in Brazil by the National Telecommunications Agency - ANATEL and to conclude, brings a brief study addressed to the understanding of the application in using femtocells within a corporate environment.

Keywords: Femtocells, 3G Technology, Access Point, Rules.

SUMÁRIO

Lista de Figuras x

Lista de Tabelas xiii

1 Introdução p. 14

1.1 Motivação e Justificativa..... p. 16

1.2 Objetivos..... p. 17

1.2.1 Objetivos Gerais..... p. 17

1.2.2 Objetivos Específicos..... p. 17

1.3 Organização do Texto..... p. 18

2 Contextualização Histórico-Evolutiva p. 19

2.1 Femtocélulas..... p. 23

2.2 Arquitetura da Rede Femtocell..... p. 25

2.3 Padronização de Femtocélulas..... p. 29

2.4 Regulamentação da ANATEL..... p 31

3 Cenário de Estudos p. 42

3.1 Empresa Alfa..... p. 42

3.2 Coberturas Móveis..... p. 43

3.3 Análise Técnica..... p. 49

4 Considerações p. 68

4.1 Trabalhos futuros..... p. 68

Anexo A – Consulta Pública: Nº 53 - Norma para Uso de Femtocélulas em Redes do SMP ou do SME / ANATEL 2011-2012 p. 65

Anexo B - Regulamentação para uso de Femtocélulas/ANATEL - Resolução Nº 624, de 30 de Outubro de 2013 p. 75

Anexo C – Especificações Técnicas: Gateway Celular Digital UTECH, modelo MGC-22E p. 76

Lista de Abreviaturas e Siglas p. 78

Referências Bibliográficas p. 81

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução da tecnologia 3G..... p. 20

Figura 2 - Ambientes do IMT-2000. ..... p. 21

Figura 3 - Modelo LTE Femtocell NEC. Modelo da esquerda: uso residencial, modelo da direita: uso corporativo..... p. 23

Figura 4 - Esquema de funcionamento de uma rede com Femtocélulas..... p. 24

Figura 5 - Principais Componentes de uma rede Femtocell..... p. 27

Figura 6 - Principais desenvolvedores Femtocell..... p. 30

Figura 7 - Características das Femtocélulas Ericsson (2G) e Huawei (3G/HSDPA)..... p. 30

Figura 8 - Sede da Empresa Alfa..... p. 42

Figura 9 - Combinador Modelo MCP-8..... p. 43

Figura 10 - Empresa Alfa: circundada na cor verde. Antena compartilhada TIM e Claro: cor vermelho..... p. 44

Figura 11 - Pontos de deficiência do sinal: Vermelho: Pontos com deficiência parcial do sinal; Roxo: ponto com deficiência total; Azul: melhor ponto de captação do sinal..... p. 44

Figura 12 - Cobertura 2G da VIVO..... p. 45

Figura 13 - Cobertura 3G da VIVO..... p. 46

Figura 14 - Cobertura 2G da TIM..... p. 46

Figura 15 - Cobertura 5G da TIM..... p. 47

Figura 16 - Cobertura 2G da Claro..... p. 47

Figura 17 - Cobertura 3G da Claro..... p. 48

Figura 18 - Cobertura 2G da Oi..... p. 48

Figura 19 - Cobertura 3G da Oi..... p. 49

Figura 20 - Gateway GSM da UTech, modelo MGC-22E, 4 chips..... p. 51

Figura A.1 - Localização da Empresa Alfa..... p. 53

Figura A.2 - Distribuição das ERBs de acordo com as Operadoras Móveis..... p. 54

Figura A.3 - Distribuição local das Estações de acordo com as Operadoras Móveis circundando a Empresa Alfa..... p. 54

Figura A.4 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora Claro..... p. 55

Figura A.5 - Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro..... p. 55

Figura A.6 - Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro..... p. 56

Figura A.7 - Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro..... p. 56

Figura A.8 - Dados da Estação 5 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – 4peradora Claro..... p. 56

Figura A.9 - Dados da Estação 5 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro..... p. 57

Figura A.10 - Dados da Estação 6 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro..... p. 57

Figura A.11 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora Oi..... p. 58

Figura A.12 - Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi..... p. 59

Figura A.13 - Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi..... p. 59

Figura A.14 - Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi..... p. 59

Figura A.15 - Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi..... p. 60

Figura A.16 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora VIVO..... p.61

Figura A.17 - Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO..... p. 61

Figura A.18 - Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO..... p. 62

Figura A.19 - Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO..... p. 62

Figura A.20 - Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO..... p. 62

Figura A.21 - Dados da Estação 5 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO..... p. 63

Figura A.22 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora TIM..... p. 64

Figura A.23 - Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM..... p. 64

Figura A.24 - Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM..... p. 65

Figura A.25 - Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM..... p. 65

Figura A.26 - Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM..... p. 65

Figura A.27 - Principais ERBs compartilhadas pelas Operadoras: Claro, Oi, VIVO e TIM..... p. 66

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Terminais Móveis de acordo com as Tecnologias..... p. 21

Tabela 2 – Comparativo das Potências Medidas de acordo com as Operadoras p. 52

Tabela A.1 – Distância entre as Estações utilizadas pela Claro e a Empresa Alfa..... p. 58

Tabela A.2 – Distância entre as Estações utilizadas pela Oi e a Empresa Alfa..... p. 60

Tabela A.3 – Distância entre as Estações utilizadas pela VIVO e a Empresa Alfa..... p. 63

Tabela A.4 – Distância entre as Estações utilizadas pela TIM e a Empresa Alfa..... p. 66

INTRODUÇÃO

Qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da mágica.

Arthur C Clarke.

A história dos meios de comunicação no mundo jamais foi a mesma após a descoberta das comunicações móveis sem fio. A evolução datada a partir de 1897 com as descobertas de Guglielmo Marconi sobre a transmissão contínua via rádio entre navios ingleses revolucionou a era das comunicações e progressivamente com as evoluções tecnológicas, revolucionaria o modo como as pessoas se relacionam diariamente. Para Rappaport (2009, p.1):

> "A capacidade de fornecer comunicações sem fio a uma população inteira só foi concebida quando os laboratórios Bell desenvolveram o conceito celular nas décadas de 1960 e 1970. Com o desenvolvimento de hardwares de radiofrequência altamente confiáveis, em miniatura e estado sólido nos anos de 1970, nascia a era das comunicações sem fio."

Com o avanço das comunicações móveis, a integração entre o sistema de telefonia e a rede de dados foi fundamental. Essa rede de telecomunicações pode ser entendida como um conjunto de meios estruturais, envolvendo sua infraestrutura agregada aos meios de transporte de dados e, deve ser capaz de prover os produtos ofertados por uma operadora, atendendo a demanda dos usuários.

Nas redes móveis, as informações trafegam em velocidades surpreendentes. Conteúdos de voz, imagem e dados podem ser enviados através dos aparelhos celulares, tanto por meio de uma conexão com a internet, quanto através de mensagens de texto, mensagens multimídias (MMS), *bluetooth*, videoconferências e mais tradicionalmente a voz. Todas essas atividades são subsidiadas por uma complexa rede super estruturada e organizada de forma a manter o tráfego em constante funcionamento.

Foi a partir da necessidade da máxima organização da rede para um bom aproveitamento do sistema que surgiu o termo célula. Ele foi utilizado para delinear a possibilidade de reuso do espectro proporcionando um aumento na capacidade de

tráfego e o aperfeiçoamento do *handoff/handover*, isso permitiria o deslocamento entre as células, priorizando que o usuário tivesse a menor interferência possível nessa troca, devendo a mesma ser quase imperceptível.

> "A evolução dos sistemas móveis vem sempre acompanhada de duas necessidades principais: o aumento da capacidade do sistema para atender à demanda crescente com um aproveitamento otimizado do espectro disponível e uma cobertura tão ampla quanto possível, de forma que não haja interrupções do serviço fornecido. O conceito do sistema celular é baseado nestes dois pontos fundamentais." (LIMA, A. G., p.70)

Considerando ainda que o termo célula faz menção às áreas cobertas numa determinada região geográfica, elas recebem essa cobertura de uma estação rádio base (BTS/ERB), que tem para isso uma porção de número de canais alocados e disponíveis para o sistema num todo.

A qualidade da difusão do sinal na área de cobertura depende de alguns fatores, entre eles a altura em que a ERB encontra-se posicionada, a localização e direção das antenas, a potência que o sinal é transmitido e o ambiente de propagação. As ondas eletromagnéticas transmitidas por esses equipamentos podem sofrer fenômenos como reflexão, difração e espalhamento ao longo de seu percurso, isso significa que os elementos físicos, em torno da disposição das antenas e dos aparelhos receptores, podem dificultar a comunicação em linha de visada direta. Devido às várias formas que o sinal pode sofrer impedimentos, ele acaba por mudar sua amplitude e fase e, sofre desvanecimento, tornando-se fraco e às vezes praticamente nulo em determinados casos.

Para proporcionar uma melhor experiência do assinante no uso das funções da rede, as redes móveis atuais são baseadas nos conceitos de macrocélulas, cobrindo cada uma delas uma determinada extensão e atendendo a centenas de assinantes de uma estação rádio base central. Esse tipo de arquitetura cobre grandes áreas demográficas, provendo serviços de qualidade, mas nem sempre fornecendo cobertura suficiente, por exemplo, dentro de ambientes residenciais ou de edifícios. Nesses casos, o usuário tem baixa qualidade do sinal recebido por aparelhos cada vez mais potentes - os *smartphones* (celulares com tecnologia embarcada e multifuncionalidades) - e que exigem taxas cada vez maiores de tráfego de informações, expondo a capacidade limitada do espectro das

macrocélulas.

Todos os anos centenas de assinantes ingressam no uso das tecnologias digitais. Desta forma, a demanda por cobertura cresce e uma estação base de macrocélulas passa a comportar ainda mais usuários. O aumento no número de usuários reduz a taxa de transferência disponível para cada um deles, degradando a experiência de utilização da rede de banda larga móvel.

Ao acompanhar a evolução mundial dos sistemas móveis, nota-se que o crescimento tem sido exponencial e, uma das alternativas para manter e melhorar a qualidade da cobertura numa determinada área é empregar a utilização de pequenas células, conectadas à rede das prestadoras através de uma conexão ADSL/BL e reconhecidas como Femtocélulas. Essas pequenas estações podem ser usadas em ambiente interno para melhor distribuição do sinal digital captado e suas características atendem tanto aos conceitos da telefonia móvel quanto de uma integração com a rede de dados, oferecendo uma solução aos problemas de cobertura e ainda sendo um potencial atrativo para as operadoras fixas.

Atualmente boa parte das residências e empresas dispõe de internet banda larga, fator esse que contribui para que cada vez mais o assinante final possa ser detentor de um ponto de acesso 3G, que interliga as diversas funcionalidades de uma pequena rede com as multifuncionalidades dos aparelhos móveis.

Assim, esse projeto visa explanar o conceito e a aplicação das Femtocélulas, seu processo de padronização e regulamentação no país, além de analisar a viabilidade de implantação de um ponto de acesso que utiliza tecnologia 3G dentro de um ambiente empresarial restrito, considerando para isso o atual cenário brasileiro das telecomunicações e, elucidando essas características dentro dos aspectos tecnopolíticos das comunicações pessoais e por rádio celular.

1.1 Motivação e Justificativa

Dentre os principais motivos que levaram ao estudo para obtenção deste projeto estão a observação e vivência cotidiana da problemática da utilização dos sinais de telefonia celular ofertados pelas operadoras nacionais. Apesar das áreas de ampla cobertura ao longo de todo país, a qualidade das ligações e dos serviços

que utilizam a rede de dados cai consideravelmente ao deslocar-se ou mesmo estar situado num local que é considerado uma barreira para a recepção do sinal pelos aparelhos celulares.

Diante da perspectiva de uma melhoria, proporcionada pela intervenção de pequenas células que operam junto a rede de banda larga irradiando o sinal captado por uma área delimitada, viu-se a oportunidade tanto de explanar os conceitos sobre a utilização de Femtocélulas, bem como fornecer parâmetros para uma aplicação idealizada para um ambiente restrito.

1.2 Objetivos

Objetiva-se, através deste estudo, analisar a atual fase do desenvolvimento das femtocélulas no Brasil e as condições necessárias para desenvolver um projeto de melhoria de cobertura de sinal 3G utilizando femtocélulas.

1.2.1 Objetivos Gerais

O projeto contempla o estudo das femtocélulas e suas interações num ambiente restrito, delineia as fases de padronização e regulamentação desses dispositivos no país e insere um estudo direcionado verificando alternativas viáveis para justificar o uso de femtocélulas num ambiente físico corporativo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos do projeto estão:

- Esclarecer o funcionamento das femtocélulas e o espaço físico de operação das mesmas;
- Identificar os elementos que compõe a arquitetura necessária e o seu modo de operação em rede;
- Analisar a legislação brasileira no tocante a femtocélulas.
- Analisar os dados recolhidos no âmbito da empresa Alfa;
- Verificar informações topográficas através do sistema SIGAnatel embasando a justificativa para a indicação de utilização de femtocélulas na sede da Alfa.

1.3 Organização do Texto

A monografia: “Análise de um Cenário Corporativo para Aplicação do Uso de Femtocélulas” foi estruturada da seguinte maneira:

Capítulo 1 – Introdução

Contextualiza o projeto, abordando o tema e os fatores que levaram à elaboração do mesmo, apresentando a motivação, justificativa e os objetivos a serem alcançados.

Capítulo 2 – Contextualização Histórico-Evolutiva

Fundamenta o projeto em bases tecnológicas apresentando as especificidades das Femtocélulas, além de elucidar o processo de normatização, padronização e regulamentação desses equipamentos pela ANATEL.

Capítulo 3 – Cenário de estudos

Analisa o cenário para o uso da tecnologia das Femtocélulas, apresentando a Empresa Alfa e sua estrutura física disponível, junto às necessidades observadas, estabelecendo um vínculo entre elas.

Capítulo 4 – Considerações

Expõe as considerações sobre o projeto e finaliza propondo trabalhos futuros.

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-EVOLUTIVA

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original!

Albert Einstein

A história da telefonia móvel através dos tempos foi subdividida em gerações, essas foram designadas em Primeira Geração (1G), Segunda Geração (2G) e atualmente em maior fase de expansão a Terceira Geração de Sistemas Móveis Celulares, mais conhecida como tecnologia 3G.

Cronologicamente foi na Primeira Geração, em meados da década de 1980, que houve o desenvolvimento da telefonia celular pelo mundo, usando sinal analógico para a transmissão e recepção da voz. Esse sistema utilizava a modulação FM, o acesso múltiplo FDMA, sendo denominado como AMPS e sua principal característica era a utilização de sinal analógico, desfavoravelmente a isso, o ruído também era incorporado ao sinal tornando-se uma das piores barreiras para a inteligibilidade na comunicação.

Com o avanço da tecnologia, já quase na década de 1990, a Segunda Geração, contou com o advento do sinal digital, que diminuía a taxa de erros proporcionando melhor qualidade do sinal na transmissão. Nessa evolução houve a aplicação da criptografia e o desenvolvimento de novas técnicas de acessos, entre elas o TDMA e o CDMA. Foi através desses avanços que surgiram os padrões IS-54, IS-95, IS-136 e o GSM.

Fazendo uma abordagem mais direta aos padrões que implicam na estrutura deste projeto, entende-se que o padrão GSM (intitulado originalmente como *Groupe Special Mobile)* é um modelo europeu que utiliza os acessos múltiplos FDMA e TDMA em conjunto. Paralelamente ao seu desenvolvimento, ao redor do mundo, outros países, a exemplo dos Estados Unidos, desenvolviam sistemas compatíveis baseados nas tecnologias já existentes. Nessa mesma linha de sistemas, surgiu o IS-54, seguido do IS-95 que foi proposto para criar a interação de compatibilidade entre as funcionalidades do AMPS-FDMA, utilizando para isso o FDMA-CDMA. Em evolução, surge na América do Norte o padrão IS-136 que utiliza assim como o GSM

as técnicas FDMA e TDMA e ainda foi projetado para ser compatível com o AMPS-FDMA.

> Lançado no mercado europeu em 1991, a sigla GSM foi alterada para *Global System for Mobile Communications*. Por razões econômicas, o processo de padronização para o GSM só poderia ocorrer com o lançamento de seus serviços e, portanto, foram criadas fases para o desenvolvimento, as GSM Phase 1 e GSM Phase 2. Atualmente utilizam-se as nomenclaturas de 2,5G e 3G, correspondentes as recentes implantações do padrão GSM. No Brasil, o padrão foi adotado no ano de 2002. (ALENCAR, 2004)

A geração intitulada de 2.5G foi uma evolução da 2G baseada em comutação por pacotes e que possibilitava manter a comunicação de maneira mais adequada. São incluídos nesse marco os sistemas GPRS e EDGE.

A tecnologia 3G só apareceu em meados do ano 2000 e contou com a crescente disseminação dos aparelhos celulares pelo mundo. A terceira geração utilizava os sistemas CDMA 1X EV-DO, WCDMA, UMTS, HSDPA, HSPA e HSUPA e oferecia taxas de 2Mbps na transmissão de dados. No Brasil, a ANATEL regulamentou que a sua faixa de frequência para a operação seria a de 1.9 a 2.1GHz. A evolução das tecnologias móveis pode ser vista abaixo (Figura 1).

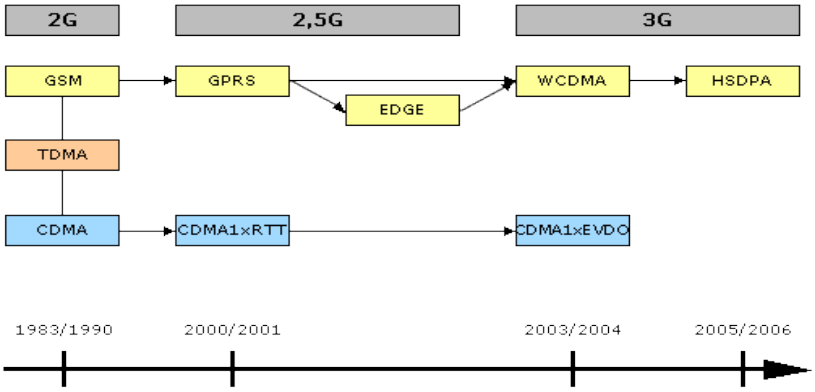

Figura 1 - Evolução da tecnologia 3G. Fonte: TELECO

É na categoria 3G, baseada na visão do IMT-2000 que se fundamenta grande parte da diferenciação da divisão de ambientes de operacionalidade do sistema móvel. As subdivisões hierárquicas vistas atualmente respeitam esse ambiente

proposto e que deu origem às evoluções UMTS, UTRAN, WCDMA, CDMA2000. A imagem (Figura 2) a seguir ilustra o ambiente do IMT-2000:

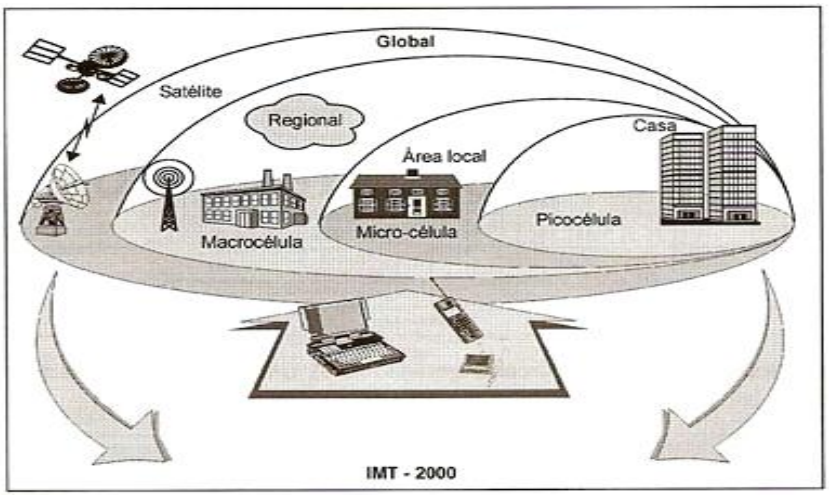

Figura 2 – Ambientes do IMT-2000. Fonte: SANTOS.

Não só os meios de transmissão foram evoluindo como também a qualidade e a quantidade de aparelhos compatíveis com as novas tecnologias. Os antigos padrões de telefones celulares, os *features phones*, deram lugar a uma nova geração cada vez mais poderosa de aparelhos: os *smartphones.* Eles ganharam um lugar cativo na vida das pessoas oferecendo tanto a utilização de voz, como a possibilidade de uso de mais de um número de celular através de aparelhos multichips para multioperadoras e com capacidade para serem utilizados em diversas partes do mundo por abranger cobertura de banda numa faixa ainda maior. Os novos aparelhos começaram a ser produzidos com diferentes tecnologias de sistema embarcado – *Android, Windows, iOS* – que lhe conferiam capacidade para recursos gráficos altamente atrativos, função fotográfica com elevado poder de definição de imagem, navegabilidade otimizada por uma gama de tamanhos e resoluções de telas, jogos interativos, compartilhamento instantâneo de mensagem de texto, MMS, *chats*, vídeos, videoconferências e aplicativos desenvolvidos exatamente para esse tipo de equipamento.

Pode-se afirmar que atualmente grande parte dos serviços utilizados pelos assinantes móveis requer cada vez mais recursos da rede devido ao uso dos pacotes de dados fazendo com que as operadoras percebam essa tendência

crescente da procura por banda larga móvel. De acordo com a ANATEL, até 2011 o Brasil já contava com um número crescente de terminais móveis distribuídos por todo território nacional, esses dados são demonstrados abaixo (Tabela 1):

Ano	AMPS	CDMA	TDMA	GSM	WCDMA	CDMA2000	Terminais de Dados
2005	148.653	24.022.557	17.410.392	44.628.734	0	0	0
2006	61.62	26.004.137	10.308.448	63.544.574	0	0	0
2007	15.581	20.881.790	5.157.187	94.925.545	0	0	0
2008	11.546	12.732.287	1.055.477	130.060.655	1.654.536	452.816	673.002
2009	3.891	7.868.569	311.304	157.111.161	4.090.659	0	4.573.784
2010	0	4.181.936	25.440	178.108.707	14.613.895	0	6.014.055
2011	0	3.948.641	16.049	178.618.642	16.469.187	0	60.98.458

Tabela 1 – Terminais Móveis de acordo com as Tecnologias. Fonte: ANATEL, 2011.

Fazendo também um comparativo com o cenário atual brasileiro da tecnologia 3G, a TELECO recentemente divulgou os seguintes dados:

- O Brasil terminou 2013 com 271,1 milhões de acessos móveis, sendo 38,0% 3G. Em Dez/12 os celulares 3G representavam 22,6% do total de celulares do Brasil.

- Em dez/13, a Claro possuía 38,6% do *market share* de acessos via aparelhos 3G no Brasil, enquanto a TIM possuía 24,9%, a VIVO 23,5% e a Oi 12,2%.

- São 3G, 58% dos acessos via aparelhos da Claro, enquanto na TIM este percentual é de 32,9%, na VIVO de 31,2% e na Oi de 23,7%.

- A Claro vem liderando as adições líquidas de 3G, enquanto TIM e VIVO tem se alternado na segunda posição.

Um mundo novo se abriu às possibilidades da modernização na área das comunicações móveis e junto com as novidades surgiu a necessidade de uma rede cada vez mais estruturada e estável para garantir a entrega dos serviços, preservando a Qos e eficiência do sistema em contraposição ao número crescente de usuários e de estações de transmissão ainda limitadas e sobrecarregadas num

curto período de tempo.

Atualmente, com os sistemas móveis chegando ao limite da capacidade de ocupação estabelecido pela ANATEL e, com uma perspectiva de que mesmo com o aumento de unidades de transmissão (ERBs) a um curto prazo, haverá congestionamentos e há não garantias da qualidade do sinal ofertado, fica claro que um dos fatores que pode auxiliar nesse processo é a implantação de pequenos pontos de acesso *indoor*, que farão cobertura auxiliar às macrocélulas, aliviando as principais vias de utilização e oferecendo uma nova experiência de melhoria no desempenho do tráfego de dados beneficiando os usuários e as operadoras desse sistema.

2.1 Femtocélulas

O conceito de *small cell,* ou pequenas células, abrange a proposta de uma tecnologia que ofereça qualidade e capacidade de operação para a utilização da cobertura celular de forma otimizada, sendo caracterizado nesse grupo de pequenas estações, um tipo específico denominado Femtocélulas.

As femtocélulas (Figura 3) são consideradas a menor base celular, *acess point*, que fornece condição para aplicação de cobertura para dispositivos móveis, sendo seu uso *indoor* facultativo em residências, subsolos e/ou estabelecimentos comerciais de menor porte, explorando a detecção da presença do sinal de cobertura das operadoras móveis e também as conexões e interações com as redes existentes naquele local, funcionando como extensões das antenas de telefonia móvel.

Figura 3 – Modelo LTE Femtocell NEC. Modelo da esquerda: uso residencial, modelo da direita: uso corporativo. Fonte: Site da NEC

Um dos atrativos da utilização de femtocélulas é que com sua integração ao sistema já existente há uma diminuição da carga de informações recebidas pelas antenas principais, melhorando o alto tráfego de dados.

Essas estações operam em baixa potência e devem ser conectadas à rede da prestadora de serviço através de uma conexão banda larga para o seu funcionamento. Foram desenvolvidas para suportar qualquer dispositivo móvel 3G – apenas alguns equipamentos específicos suportam 2G e 4G - que utilize as tecnologias LTE, CDMA2000 e UMTS. Abaixo, uma figura esquemática de uma rede com femtocélulas (Figura 4):

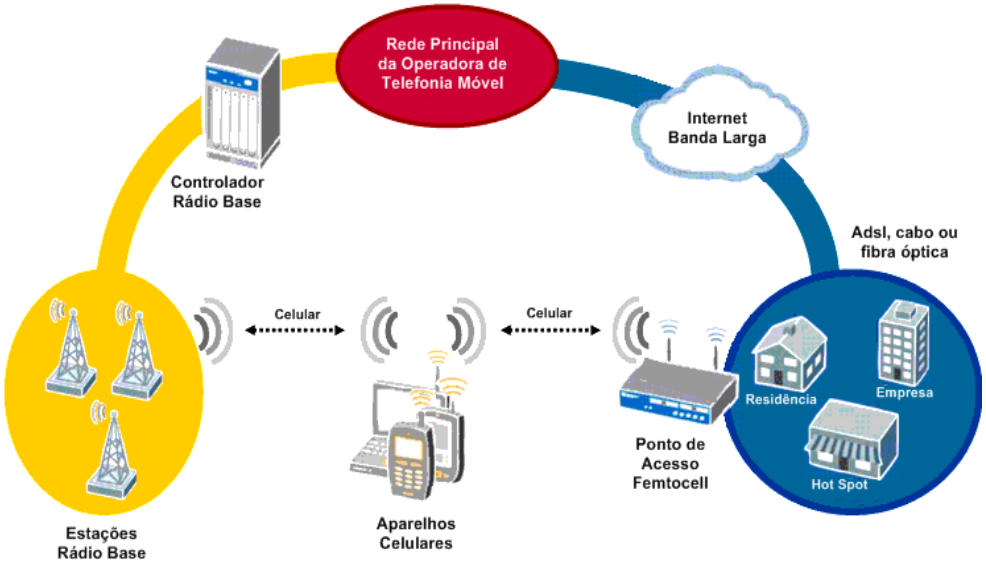

Figura 4 - Esquema de funcionamento de uma rede com Femtocélulas. Fonte: DOLCERA.

A diferenciação no uso de femtocélulas aplicadas às tecnologias 3G se dá no processo da transmissão, no caso em sistemas baseados no CDMA2000 os serviços de voz e dados de alta velocidade precisam ser distribuídos em diferentes canais de rádio de 1,25MHz disponíveis em duas interfaces distintas: CDMA2000 1X para voz e CDMA2000 EV-DO para dados de banda larga, já no caso de sistemas UMTS, os dados de voz e de alta velocidade podem ser entregues num mesmo canal de rádio com frequência de 5MHz.

De acordo com o site da TELECO, as características de maior relevância das Femtocélulas são:

- Atingir um raio de cobertura variante, geralmente entre 50 a 200 metros;
- Ter uma frequência de operação que utiliza as frequências das operadoras de celular (Espectro licenciado);
- Possuir interconectividade com as diferentes tecnologias atuais: CDMA, GSM e 3G;
- Serem conectadas à rede da operadora através da conexão banda larga pré-existente no local (por ex.: ADSL, Cabo);
- Poder ser instaladas pelo próprio usuário. Já que são projetadas para começar a operar automaticamente ao serem ligadas, sem necessidade de ajustes ou configuração em campo. O gerenciamento é remoto, assim como os upgrades de software.

Apesar de parecem simples, para entrarem em operação as femtocélulas precisam seguir rígidos padrões relativos à segurança, ao processo de autoconfiguração, oferecer escalabilidade e controle de acesso, fazer a identificação da *femtozone* e saber como executar o *handover* de forma adequada, reduzindo as interferências com outras femtocélulas ou com a macrocélula.

Em alguns países da Europa e da América do Norte o uso de femtocélulas já é uma realidade acessível, as melhorias têm sido visíveis e contínuas e, há órgãos como o 3GPP e o 3GPP2 realizando constantes pesquisas e delimitando as principais estratégias e as melhores formas de utilização dessa tecnologia.

No Brasil ainda é recente a discussão sobre esse tipo de dispositivo, assim para uma melhor compreensão das formas de empregar as femtocélulas e como utilizá-las em conjunto com a rede, será discorrido de forma simples sobre essas questões.

2.2 Arquitetura da rede Femtocell

Quando se pensa em rede Femtocell e da maneira como vai ser estabelecido o vínculo entre operadoras de serviços e usuários, exige-se uma estrutura de rede que atenda as necessidades de ambos, oferecendo segurança, qualidade e

facilidade de instalação e manutenção para o assinante final.

A arquitetura Femtocell deve oferecer confiabilidade e suportar requisitos fundamentais, entre eles (Airvana, 2013):

- Paridade de Serviço: na qual as femtocélulas devem estar aptas para suportar, manter e apoiar os serviços de voz e dados em banda larga que os usuários móveis recebem na rede da macrocélula, incluindo as trocas de mensagens de texto, recursos de voz e serviços de comutação de circuitos.
- Continuidade da chamada: como as redes Femtocell estão integradas com a rede de macrocélulas, elas devem prover que as chamadas originadas dentro da macrocélula continuem em curso quando o usuário migra de uma estação pra outra, o processo de *handoff* deve ser imperceptível para o assinante.
- Facilidade de gestão: devido ao fato das Femtocélulas serem manuseadas e instaladas pelos assinantes finais, elas devem ter um processo de instalação simplificado. Seu processo de autoconfiguração é um dos principais benefícios, pois o usuário apenas conecta a célula na rede e o processo de gerenciamento é feito automaticamente.
- Escalabilidade: por serem de fácil instalação e manuseio, a tendência é que a quantidade de Femtocélulas no mercado esteja nos próximos anos com um fator crescente de utilização, para isso a rede Femtocell deve ser escalável para suportar a nova quantidade de equipamentos e usuários mantendo a confiabilidade e a capacidade de gerenciamento.
- Segurança: a segurança dentro da rede Femtocell é a mesma exigida para as macrocélulas. Deve fornecer segurança de acesso à rede, autenticação, proteção contra fraudes etc.

Dentre os principais elementos que compõem a rede Femtocell (Figura 5) podem ser destacados na figura a seguir (Airvana, 2013):

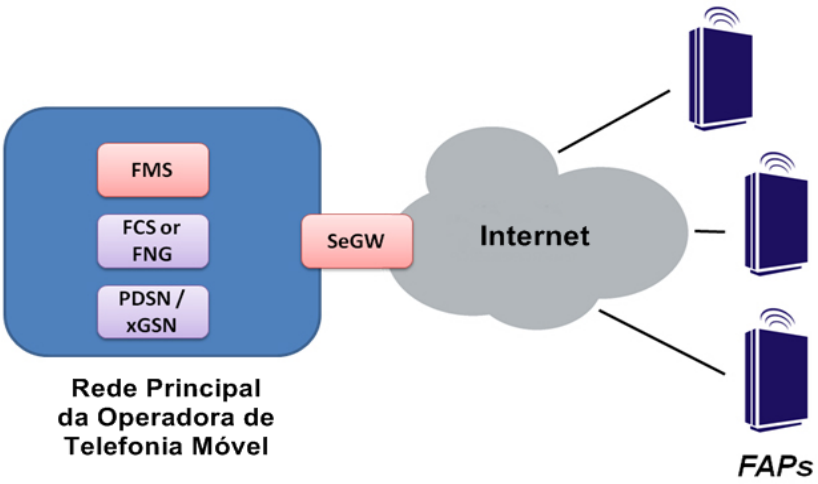

Figura 5 – Principais Componentes de uma rede Femtocell. Fonte: AIRVANA.

- Ponto de Acesso Femtocelular (FAP): é o principal componente da rede Femtocell e fica estabelecido nas dependências do assinante. É através desse ponto de acesso que as funções da estação base são implementadas e o sistema ganha acesso á rede da prestadora via internet de modo seguro. A concepção do FAP pode abranger Femtocélulas que funcionam de maneira autônoma, com roteadores integrados, com integração de terminal ATA e até mesmo em alguns casos podem ser gateways e modem de banda larga.

- Gateway de Segurança (SeGW): atua protegendo a conexão de internet dos usuários da Femtocélula e o núcleo da rede da operadora de telefonia móvel. Usa protocolos como IPSec e IKEv2 para autenticar e autorizar as Femtocélulas, fornecendo suporte de criptografia para toda a sinalização e tráfego do usuário. Suporta um grande número de Femtocélulas conectadas à operadora, atendendo requisitos de escalabilidade, alta disponibilidade e gerenciamento da rede.

- Sistema de Gestão de Dispositivos Femtocelular (FMS): esse sistema fica na rede da operadora e desempenha um papel crítico no provisionamento, ativação e gestão operacional das Femtocélulas, é quem garante a escalabilidade de uma rede Femtocelular para milhões de dispositivos.

- FCS ou FNG: permitem que a Femtocélula estabeleça uma conexão com a rede principal da operadora, comunicando-se aos elementos centrais e

permitindo a continuidade no uso dos serviços contratados.

- PDSN/xGSN: permitem que os usuários da Femtocélula recebam os serviços de pacote de dados ao longo do núcleo da operadora móvel.

Há diversas maneiras de se estruturar uma rede envolvendo femtocélulas, mas de um modo geral, pode-se usar dois modelos de arquitetura básicos para fornecer suporte aos serviços de comutação de circuitos femtocelular. Exemplificando um modelo que usa SIP/IMS (usado principalmente com o CDMA2000): a femtocélula é interligada à rede da operadora e passa a ser tratada como um cliente dessa rede, fazendo uma conversão da sinalização do circuito de comutação de 3G para SIP/IMS e transportando a voz sobre RTP. No exemplo de um modelo Rede de Legado, a femtocélula se conecta diretamente à rede principal da operadora móvel, sendo identificada como uma controladora da rede de rádio, e tendo seu modo de operação bastante utilizado nos padrões UMTS.

Todas as formas de se estruturar a rede prezam para que no decorrer do seu uso, sejam evitados os problemas com escalabilidade, segurança, paridade, controle de acesso e ainda problemas relacionados aos deslocamentos, dentro ou fora da rede Femtocelular, evitando interferências entre canais, provendo mobilidade contínua entre ERB e Femtocélula, tudo isso levando a uma utilização mais eficiente do espectro disponível.

O processo de solicitar uma Femtocélula para uso pode partir tanto da operadora quanto do assinante, assim que o serviço é contratado, a prestadora solicita ao cliente as informações necessárias para a instalação do dispositivo. O assinante deve dispor de um plano de banda larga (BL), no qual a operadora irá permitir o registro da Femtocélula junto a sua rede móvel através da realização de tráfego IPSec entre a Femtocélula e a sua SeGW. Após a realização dessa identificação, o assinante terá sua Femtocélula colocada em funcionamento, a mesma já terá se registrado automaticamente na rede a que pertence e passará a prover os serviços normalmente.

A utilização de Femtocélulas tem se mostrado vantajosa, tanto para prestadoras, quanto para os assinantes, e a tendência é de um crescimento rápido a nível mundial, pois se consegue estabelecer esses pontos de acessos com baixo

custo e ainda assim eles proveem serviços para até centenas de usuários.

Dentre as vantagens do uso de Femtocélulas, também está o fato dessas estações empregarem um poderoso *backhaul* equivalendo a um setor de rede 3G atuando em baixa potência de transmissão, o que acaba possibilitando que ferramentas do tipo *WiFi* dos aparelhos celulares possa permanecer desligadas e ainda assim consegue-se utilizar serviços que exijam recursos web, contudo poupando a vida útil da bateria desses equipamentos.

Seu uso *indoor* proporciona além de uma significativa melhora na cobertura, a aceleração das taxas de dados, uma qualidade elevada nas ligações, principalmente entre aparelhos na mesma rede, reduzindo os custos de capital.

No Brasil ainda não foi identificada informações de fontes consistentes do modo como é feita esta estruturação da rede, tampouco um modelo instrutivo sobre arquiteturas Femtocell.

2.3 Padronização de Femtocélulas

O fator padronização é questionado pelo fato de existirem muitos desenvolvedores de produtos tecnológicos interessados em ofertar equipamentos femtocelulares, sendo necessário para essa padronização estipular normas nas formas como as femtocélulas devem se comportar na interligação com a rede da operadora. Os padrões geralmente levam em consideração a forma mais fácil para disseminação do serviço e a arquitetura da rede também é considerada para prover dispositivos que supram a necessidade dessa utilização. O design dos equipamentos é tratado à parte da padronização, sendo um diferencial de cada empresa produtora.

Entre os principais desenvolvedores de tecnologia femtocelular no mundo estão as empresas Qualcomm, Samsung e NEC, entretanto as principais patentes são detidas pela Ericsson, Kineo Wireless e a Qualcomm. Abaixo, um gráfico demonstrando essa escala mundial (Figura 6):

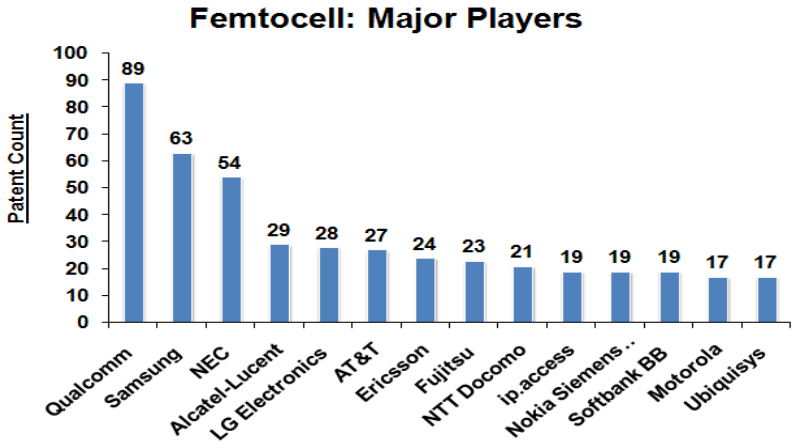

Figura 6 - Principais desenvolvedores Femtocell. Fonte: Dolcera.

Um dos pré-requisitos para o desenvolvimento de femtocélulas foi que houvesse a possibilidade de compatibilização com os sistemas terminais já existentes, assim as empresas passariam a criar dispositivos capazes de serem utilizados com as tecnologias 2G e 3G atuais, entre elas o CDMA e o UMTS. Outro requisito delimitado para a criação desses dispositivos foi que a implantação deve ser sob um acesso de rede banda larga, sendo que quanto maior a velocidade do serviço contratado, melhor o desempenho das femtocélulas.

Há ainda uma diferenciação de femtocélulas sendo produzidas para uso residencial e uso corporativo, devendo-se este fato às necessidades serem diversificadas, quanto à potência de irradiação, quantidade de usuários, etc. No mercado internacional são encontrados aparelhos compatíveis com as tecnologias 2G, 3G e até mesmo 4G. Abaixo um comparativo sobre as femtocélulas desenvolvidas pela Ericsson (Figura 7):

	2G	*3G/HSPA*	
		Residencial	*Empresarial*
Espectro de Frequências	UL: 1805-1880MHz DL: 1710-1785MHz	UL: 1920-1980MHz DL: 2110-2170MHz	UL: 1920-1980MHz DL: 2110-2170MHz
Potência Máxima de Emissão	100mW	200mW	100mW
Débitos	GPRS	HSDPA até 7,2Mbps HSUPA até 1,44Mbps	HSDPA até 7,2Mbps HSUPA até 1,44Mbps
Nº de Utilizadores Simultâneos	2	4	16
Consumo	-6W	17W	17W

Figura 7 – Características das Femtocélulas Ericsson (2G) e Huawei (3G/HSDPA). Fonte: Ericsson

2.4 Regulamentação da ANATEL

Ao redor do mundo há grupos, corporações e órgãos governamentais envolvidos na elaboração de documentação e implementação de redes utilizando Femtocélulas. Este é um conceito recente na área de telecomunicações no Brasil, onde ainda há discussões a cerca dos esclarecimentos tanto quanto ao modo de operação desses aparelhos quanto debates em torno da segurança de uma antena irradiando tão próximo aos usuários, ou ainda de como o serviço deve ser prestado considerando a disponibilização de equipamentos, a base tarifária aplicável e, as configurações e suporte aos usuários de maneira a preconizar uma boa qualidade de serviço em longo prazo.

No Brasil, o órgão regulamentador das Telecomunicações é a ANATEL, é através dela que o setor estabelece sua conduta mercantil e algumas premissas fundamentais na área, entre elas, a Lei 9.472 de 16 de Julho de 1997 que regulariza as Estações Radio Base, a Resolução 376 sobre Bandas de Frequência, a Resolução 274 sobre Compartilhamento de Infraestrutura entre Operadoras e a Resolução 303 que expõe sobre a Exposição da População a Campos Eletromagnéticos. Os parâmetros descritos em cada uma dessas leis embasa a instituição dos novos padrões que vão surgindo de acordo com o avanço dos meios tecnológicos.

Mais recentemente, datando dos anos de 2011 e 2012, a ANATEL cita o documento 530/2012-GCJV que é uma análise da proposta pública para a submissão aos comentários do público em geral da “Norma para uso de Femtocélulas em redes do SMP ou do SME”. Essa proposta foi originada através do pedido de análise das prestadoras de serviço junto com provedores de infraestrutura objetivando certificar e homologar o uso de Femtocélulas no país.

De acordo com itens tratados no documento da ANATEL, foram definidos primeiramente os conceitos sobre o que é Femtocélula, explanando que sua denominação simplesmente por Estação Rádio Base, vai de encontro com outras diretrizes que não permitem a comercialização do produto ao usuário final de forma pessoal ou ainda sobre a incidência do Fistel. Assim sendo, ficou determinado pela agência que as Femtocélulas são:

> “Equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita, componente acessório da rede do SMP ou do SME, autoconfigurado e gerenciado pela Prestadora de SMP ou de SME, para operação de radiocomunicação com Estações Móveis com utilização de conexão fixa”. (ANATEL, 2013)

Dentre os principais aspectos delineados a serem discutidos para a regulamentação das normas sobre femtocélulas, questões como a segurança no tráfego das informações, o controle de interferências, a capacidade e disponibilidade da rede e ainda o modo como será gerenciado o sistema no geral, foram pautas do debate aberto ao público.

Outro ponto importante discutido foi sobre as características do equipamento, envolvendo a radiação restrita onde ficou planejado que:

- O uso de femtocélulas teria caráter secundário, não substituindo ou fazendo parte da rede de macrocélulas;
- Seu uso não deveria gerar interferência em outros sinais ou equipamentos;
- Não teria direito a proteção e seria sem licenciamento junto a ANATEL.

Além da questão da radiação, ficou esclarecido que:

- As femtocélulas deveriam ter em suas configurações um mecanismo que detectasse a presença de outros dispositivos na rede e oferecesse prevenção contra a deterioração da comunicação;
- Seu controle de acesso deveria permitir comunicação com as Estações Móveis cadastradas;
- Deveria haver um planejamento para permitir e manter o *handover* para macrocélulas;
- Estabelecer a criação de um controle de acesso onde só seria permitida a operação da própria Prestadora, sendo a mesma responsável também pela operação dos equipamentos;

Responsabilidades que devem ser assumidas pela Operadora:

- Controlar a potência, a configuração de usuários e a ativação e desativação da interface área;
- Monitorar as alterações nas características de instalação, incluindo localização e meios de transmissão utilizados;
- Permitir que o equipamento só emitisse frequência pós sua autenticação pela Prestadora;
- Inviabilizar a construção de redes privadas de comunicação por meio da utilização de faixa de radiofrequências autorizadas e manter a oferta somente por prestadoras de SMP ou SME;
- Manter um banco de dados atualizado com o cadastro das femtocélulas.

Mais um ponto levantado em relação ao novo regulamento é que a cobertura propiciada pelas femtocélulas não será considerada para fins de cumprimento de obrigações. Esse detalhe é importante porque deixa claro que, para a Anatel, este regulamento não abrange as estações de pequeno porte com potência superior 1W, mais adequadas para complementar as macrocélulas. Acima de 1W, os equipamentos continuam não sendo caracterizados como de radiação restrita e, portanto, não gozam da isenção do Fistel como as femtocélulas.

As células com potência de 1W, de acordo com o conselheiro relator, Marconi Maya, gerariam uma cobertura de um raio de 100 m a 120 m. Para se enquadrarem nas regras das femtocélulas, esses equipamentos devem operar em caráter secundário, são considerados de radiação restrita (assim como os roteadores WiFi), mas devem permitir o gerenciamento remoto pela prestadora. Elas poderão ser usadas nas redes do SMP, SCM e SME.

Estão previstos dois modelos de utilização dos equipamentos. No primeiro modelo, a operadora instala a Femtocélula em determinado local por iniciativa própria. Nesse caso o aparelho deve aceitar todo e qualquer usuário daquela prestadora. No segundo modelo, o aparelho é instalado por solicitação de um usuário, conforme viabilidade da prestadora. A conexão de dados pode ser fornecida pelo usuário ou não. E cabe ao usuário solicitante optar deixar o acesso aberto ou

apenas para aparelhos cadastrados.

A partir dessa consulta pública e das discussões sobre Femtocélulas, foi aprovada no Brasil na data de 30 de Outubro de 2013, a Resolução 624 que afere as diretrizes para o uso de Femtocélulas.

De acordo com a publicação ficaram estabelecidas as regras para compra, utilização, instalação e responsabilidades sobre o uso de femtocélulas, a seguir, algumas transcrições importantes sobre a nova lei vigente.

Entre as definições sobre o equipamento:

Capítulo II – DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º

I – Femtocélulas: Equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, componente acessório às rede do SMP, do SME e do SMC, autoconfigurável e gerenciado pela Prestadora, e que opera como estação fixa para a radiocomunicação com as estações dos Usuários.

II - Modo Aberto de Operação da Femtocélula: modo de operação em que quaisquer estações móveis e fixas de Usuários vinculadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM podem ser atendidas por uma Femtocélula; e

III - Modo Fechado de Operação da Femtocélula: modo de operação em que somente estações de Usuários vinculadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM previamente cadastradas e habilitadas na Femtocélula podem ser por ela atendidas.

Para criar e manter uma padronização brasileira foram estabelecidas as principais características a serem disponibilizadas e o modo de operação do dispositivo:

CAPÍTULO III - DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E FUNCIONALIDADES

SEÇÃO I - DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

Art. 3º A Femtocélula, quando em operação, é considerada um elemento de rede, acessório à rede da Prestadora do SMP, do SME e do SCM à qual se vincula.

Parágrafo único. É vedada a utilização de Femtocélulas para a constituição de redes privadas de telecomunicações.

Art. 4º A Femtocélula é um equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, conforme definido no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita, e opera em caráter secundário nas faixas de radiofrequência outorgadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

§ 1º A potência de pico máxima da Femtocélula, medida na saída do transmissor, não pode ser superior a 1 (um) Watt.

§ 2º A Femtocélula não deve provocar interferência prejudicial na comunicação dos Usuários do SMP, do SME, do SCM e de outros serviços de telecomunicações que operem em caráter primário, nem terá direito à proteção contra interferências prejudiciais, nos termos do Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências.

Art. 5º A Femtocélula, nos termos deste Regulamento, é isenta de licenciamento para instalação e funcionamento, sem prejuízo ao eventual licenciamento exigido pela regulamentação para as interfaces relacionadas à sua conexão de dados com a rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Art. 6º A Femtocélula é gerenciada pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

§ 1º A Femtocélula deve possuir controle de acesso de modo que o gerenciamento remoto somente possa ser realizado pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

§ 2º O gerenciamento remoto deve possibilitar o monitoramento de alarmes, indicadores de qualidade, localização e conectividade, bem como o acesso e a configuração dos parâmetros e funcionalidades de operação da Femtocélula na rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Art. 7º A Femtocélula deve emitir radiofrequência somente após a sua autenticação pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Parágrafo único. A Femtocélula deve desativar seus transceptores em caso de perda de conexão com a rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Art. 8º A Femtocélula deve atender aos limites da exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência, nos termos legais e regulamentares.

SEÇÃO II - DAS FUNCIONALIDADES

Art. 9º A Femtocélula deve dispor das seguintes funcionalidades: autoconfiguração de frequências, autoconfiguração de vizinhanças, restrição de mobilidade, controle de potência, configuração de usuários e ativação e desativação da interface aérea.

Parágrafo único. As funcionalidades mencionadas no caput serão definidas e especificadas nas normas para a certificação e homologação dos equipamentos.

Art. 10 A Femtocélula deve possuir a capacidade de detectar a sinalização proveniente de Estações Rádio Base, de Repetidores, de Reforçadores, de Estações Fixas e Móveis e de outras Femtocélulas, de modo a autoconfigurar seus parâmetros e permitir ajustá-los para prevenir a deterioração da comunicação dessas estações.

Art. 11 A Femtocélula deve dispor de controle de acesso capaz de limitar a radiocomunicação apenas às estações de Usuários previamente cadastradas e habilitadas na Femtocélula.

Art. 12 A Femtocélula deve possibilitar os processos de resseleção e *handover,* sem interrupção e modo transparente para os Usuários, quando houver cobertura da Prestadora do SMP ou do SME tecnicamente suficiente para assegurar a continuidade do serviço.

Art. 13 A Femtocélula deve possibilitar a interceptação, o monitoramento e o rastreamento de chamadas e Usuários, nos termos legais e regulamentares.

A lei explicitou também as formas de utilização de femtocélulas, prezando os seguintes princípios:

CAPÍTULO IV - DAS FORMAS DE USO

SEÇÃO I - DA EXPLORAÇÃO DIRETA

Art. 14 A Femtocélula pode ser utilizada pelas Prestadoras do SMP, do SME e do SCM, por iniciativa própria e conforme sua conveniência, para melhorar o desempenho e a cobertura de suas redes.

Parágrafo único. A instalação e a operação de Femtocélulas nas condições descritas no caput devem observar o estabelecido neste Regulamento e os condicionantes para o enquadramento da Femtocélula como equipamento de radiocomunicação de radiação restrita.

Art. 15 Em se tratando de exploração direta pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM, a Femtocélula deve adotar o Modo Aberto de Operação.

SEÇÃO II - DO FORNECIMENTO MEDIANTE CONTRATAÇÃO

Art. 16 O fornecimento da Femtocélula mediante contratação do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM ocorre de acordo com a conveniência e viabilidade da Prestadora.

§ 1º Somente as Prestadoras do SMP, do SME e do SCM podem oferecer a contratação de Femtocélula, que operará na rede da própria Prestadora.

§ 2º O fornecimento e a operação de Femtocélula mediante contratação do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM não serão onerosos para o Usuário.

§ 3º A conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, pode ser realizada à custa da própria Prestadora ou do Usuário, observadas as disposições deste Regulamento.

Direitos e condições contratuais

Art. 17 O Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM que contratar o

fornecimento e a operação de Femtocélula tem direito a:

I - receber manual do equipamento e ser orientado quanto ao seu funcionamento, eventuais limitações e condições de serviço;

II - receber informações relativas ao consumo e à variação do desempenho da conexão de dados devido ao funcionamento da Femtocélula, caso a conexão ocorra as suas expensas;

III - receber informações relativas à variação do desempenho dos serviços disponibilizados pela Femtocélula devido às características da conexão de dados utilizada;

IV - receber o suporte necessário para a instalação, configuração, manutenção e substituição do equipamento a ele disponibilizado;

V - escolher o Modo de Operação da Femtocélula, ressalvada a hipótese prevista no art. 20;

VI - cadastrar os acessos habilitados ao atendimento por meio da Femtocélula, ressalvada a hipótese prevista no art. 20; e

VII - cancelar o contrato, não podendo ser responsabilizado por deficiência de cobertura, qualidade ou capacidade que eventualmente ocorram por conta da rescisão.

Art. 18 O contrato para o fornecimento e a operação da Femtocélula deve conter, dentre outras informações:

I - as condições de uso do equipamento;

II - as condições de utilização da conexão de dados para o funcionamento da Femtocélula, se for o caso;

III - os direitos e deveres constantes deste Regulamento; e IV - as sanções por má utilização da Femtocélula, incluindo a suspensão da utilização ou do fornecimento do equipamento.

Art. 19 Caso o contrato para o fornecimento e a operação da Femtocélula seja rescindido, ela deve ser desativada e recolhida pela Prestadora do SMP, do

SME ou do SCM.

Conexão de dados à rede da Prestadora

Art. 20 Caso a conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, seja fornecida pela própria Prestadora, deve ser adotado o Modo Aberto de Operação da Femtocélula.

Art. 21 Caso a conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, seja realizada à custa do Usuário, cabe a ele escolher o Modo de Operação da Femtocélula.

Sobre as responsabilidades que cabe a cada uma das partes envolvidas:

CAPÍTULO V - DAS RESPONSABILIDADES

Art. 22 A Prestadora do SMP, do SME ou do SCM é responsável pela operação das Femtocélulas utilizadas nas faixas de radiofrequência para as quais detém autorização de uso.

Parágrafo único. A Prestadora é responsável inclusive pela instalação, pelo suporte, pela manutenção e pela desativação, sem prejuízo da atuação da Anatel, a seu critério, em casos específicos.

Art. 23 No caso de fornecimento da Femtocélula mediante contratação constitui dever do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM manter a Femtocélula em perfeitas condições de operação e dentro das especificações técnicas segundo as quais foi certificada.

Parágrafo único. O fornecedor da conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, incorre nessas mesmas obrigações previstas no caput.

Art. 24 Além de outras obrigações decorrentes da regulamentação editada pela Anatel e aplicáveis aos serviços de telecomunicações e, especialmente, ao SMP, ao SME e ao SCM, constituem deveres da Prestadora:

I - certificar que a conexão de dados provida diretamente ou por terceiros é

adequada para prestação do SMP, do SME ou do SCM por meio da Femtocélula;

II - definir os requisitos mínimos exigidos do meio de conexão de dados que garanta uma adequada prestação dos serviços e orientar os Usuários e eventuais provedores da conexão de dados acerca deles;

III - zelar para que a comunicação seja segura, ainda que a conexão de dados seja provida por terceiros, sem prejuízo das obrigações referentes à interceptação legal;

IV - disponibilizar e utilizar equipamentos cuja certificação seja expedida ou aceita pela Anatel, e realizar controle para que somente equipamentos devidamente certificados tenham acesso à sua rede;

V - permitir acesso à sua rede somente por Femtocélulas previamente cadastradas no banco de dados;

VI - manter sistema de gerenciamento e controle das Femtocélulas em uso ou instaladas, incluindo a possibilidade de desativação remota da operação da Femtocélula; e

VII - manter controle sobre a alteração de parâmetros de utilização da Femtocélula e atuar quando houver risco de prejuízo à qualidade de serviço dos Usuários do SMP, do SME, do SCM ou de outros serviços de telecomunicações que operam em caráter primário.

Art. 25 Constitui dever da Prestadora do SMP, do SME e do SCM manter, junto à Anatel, banco de dados com o cadastro atualizado das Femtocélulas em uso ou instaladas em sua rede, com respectiva localização geográfica de instalação.

Art. 26 É vedada a utilização de Femtocélulas para fins de atendimento das obrigações de cobertura definidas em editais de licitação e na regulamentação do SMP, do SME e do SCM.

Após a publicação da regulamentação da ANATEL ficaram estabelecidas as condições no qual se fará o uso de Femtocélulas no Brasil. Além de traçar as diretivas sobre as pequenas células *indoor*, essa aprovação incita o início das

atividades de produção dos dispositivos e o vínculo entre as prestadoras de serviços móveis e as produtoras de equipamentos. Muitas questões ainda devem surgir e precisarão de esclarecimentos na medida em que a tecnologia for avançando.

Com parâmetros já definidos, tanto as operadoras de telefonia móvel quanto os fabricantes, deverão se adequar e dar início à oferta de serviços, buscando atender a nova demanda do mercado, seja na categoria 2G, 3G ou 4G.

O principal foco das empresas na fabricação desses equipamentos é desenvolver dispositivos que atendam tanto as especificações da norma quanto ofereçam competitividade no mercado, seja pelas multifuncionalidades agregadas (a exemplo de oferecer mais de um tipo de cobertura num único aparelho), velocidades mais altas ou ainda um design atrativo.

Quanto às operadoras e aos assinantes, o uso de femtocélulas beneficiará antigos e novos clientes que fizerem a adesão a essa tecnologia e também a própria prestadora que deve prezar pelo cumprimento das normas regulamentatórias oferecendo sempre um serviço de qualidade.

Diante de todas as informações constatadas no cenário atual brasileiro até o presente momento, na região de Florianópolis/SC, não havia por parte das Operadoras a prestação de serviços referentes à comercialização, instalação e manutenção de uma rede com Femtocélulas.

CENÁRIO DE ESTUDOS

Eu não procuro saber as respostas, procuro compreender as perguntas.

Confúcio.

Idealizando um projeto que abarcasse a função de agregar conhecimentos e planejar um modelo voltado para uso numa empresa de menor porte, deu-se o vínculo espontâneo entre a Empresa Alfa que cedeu seu espaço para análise e desenvolvimento da ideia central do projeto.

3.1 Empresa Alfa

Em virtude da empresa cedente do espaço para estudo ser uma multinacional e não almejar a divulgação do nome real da mesma, ela será denominada ao longo de todo o projeto com o nome fictício: Empresa Alfa. A Alfa está situada estrategicamente no bairro João Paulo, um dos maiores bairros de Florianópolis/SC, abrigando aproximadamente 150 pessoas, sua área total é distribuídas em diversas salas. Grande parte da estrutura física é baseada em concreto, metal e vidro, dentre eles o maior empecilho interferente na qualidade do sinal interno é o metal, proveniente principalmente das vigas e da sustentação do prédio, agravado com a chegada de um sinal já defasado. Identificando a empresa Alfa (Figura 8):

Figura 8 - Sede da Empresa Alfa. Fonte: Google Earth.

3.2 Coberturas móveis

Na área delimitada para o estudo e em regiões próximas, quatro das principais operadoras do país ofertam cobertura móvel, dentre elas estão a VIVO, TIM, Oi e Claro. Demograficamente a instalação da Empresa Alfa está numa região de desnível, sendo cercada por morros e obstáculos para o sinal.

A princípio, no início deste projeto, a Empresa Alfa era assinante da Operadora VIVO e foi diante da situação de uma cobertura falha que foi identificada a necessidade de melhorias na qualidade do sinal recebido no âmbito interno da empresa.

Como a Empresa Alfa conta com sistema de rede e monitoramento próprio, foi efetuada uma tentativa inicial para adequar a qualidade do sinal às necessidades diárias, através da aquisição de uma antena combinadora com polarização vertical da UTech (Figura 9) modelo MCP-8 de 14dBi de ganho e faixa de frequência de operação variando de 0.7 a 2.2GHz, que concentra várias interfaces GSM em uma única antena. Esse combinador foi instalado nas dependências externas da sede da Alfa (telhado) em meados de Julho de 2013 com a intenção de melhorar a qualidade do sinal recebido que ficava em torno dos 90dBm.

Figura 9 – Combinador Modelo MCP-8. Fonte: Utech.

Como resultado, o sinal de origem 2G teve uma pequena melhora após a instalação do equipamento, mas o sinal 3G ainda encontrava limitações.

Para poder explanar as condições físicas do local da sede da Alfa, foi realizado um levantamento do terreno no qual ela está situada e constatado que o mesmo fica posicionado ao lado de outro terreno que contém uma antena compartilhada pelas operadoras TIM e Claro. Essa proximidade é demonstrada na imagem a seguir (Figura 10):

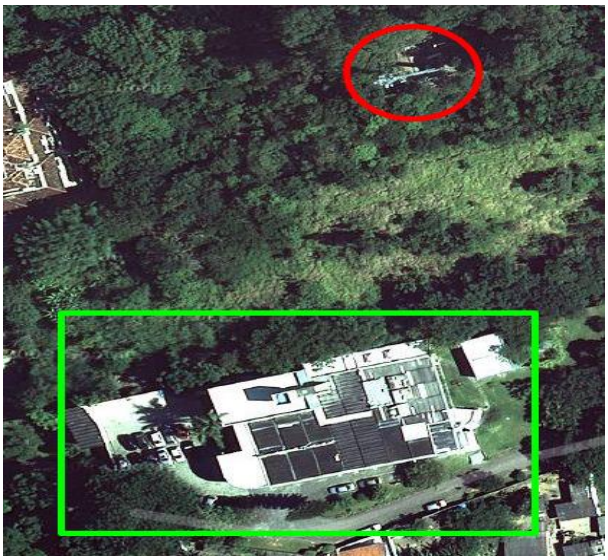

Figura 10 - Empresa Alfa: circundada na cor verde. Antena compartilhada TIM e Claro: cor vermelho. Fonte: Google Earth.

Diante da estrutura física disponível foram recolhidas informações para compreender os pontos de maior deficiência do sinal, considerando para essa finalidade o projeto estrutural do prédio. Os dados foram levantados através de pesquisa empírica no local, questionando os colaboradores e verificando o sinal recebido por diversos aparelhos. Entre as áreas críticas, no qual o aparelho celular não identificou a rede 3G, buscou sinal constantemente, teve queda de ligação em curso (quando em deslocamento pelo local) ou ainda não se conseguiu utilizar o pacote de dados, estão (Figura 11):

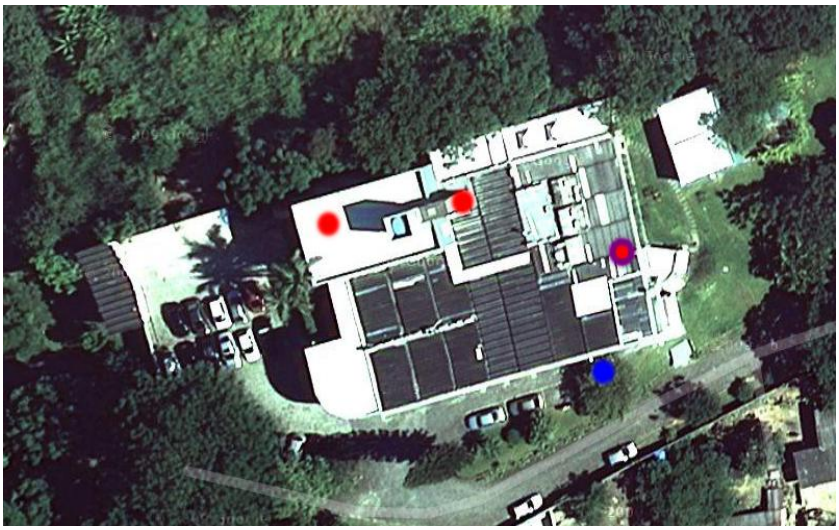

Figura 11 – Pontos de deficiência do sinal: Vermelho: Pontos com deficiência parcial do sinal; Roxo: ponto com deficiência total; Azul: melhor ponto de captação do sinal. Fonte: Google Earth.

Foram verificadas as coberturas ofertadas pelas diversas operadoras móveis no local, percebendo-se que a qualidade do sinal 2G é satisfatória, contudo o sinal 3G que é captado pelo aparelho celular não oferece qualidade nem desempenho compatível com as informações que foram obtidas junto às prestadoras de serviço.

Para fundamentação desses dados, foram levantadas as informações das coberturas disponíveis nos sites de cada uma das operadoras, focando nas tecnologias 2G e 3G para desse modo poder apresentar uma análise que validasse o processo empírico no qual se defrontava o problema.

De acordo com a Operadora VIVO, em dados colhidos no próprio site, a sua área de cobertura abrange desde os serviços 2G até algumas áreas com cobertura 4G.

Na Figura 12, a legenda indica que toda a área em torno da região da Empresa Alfa possui cobertura 2G/GSM/EDGE.

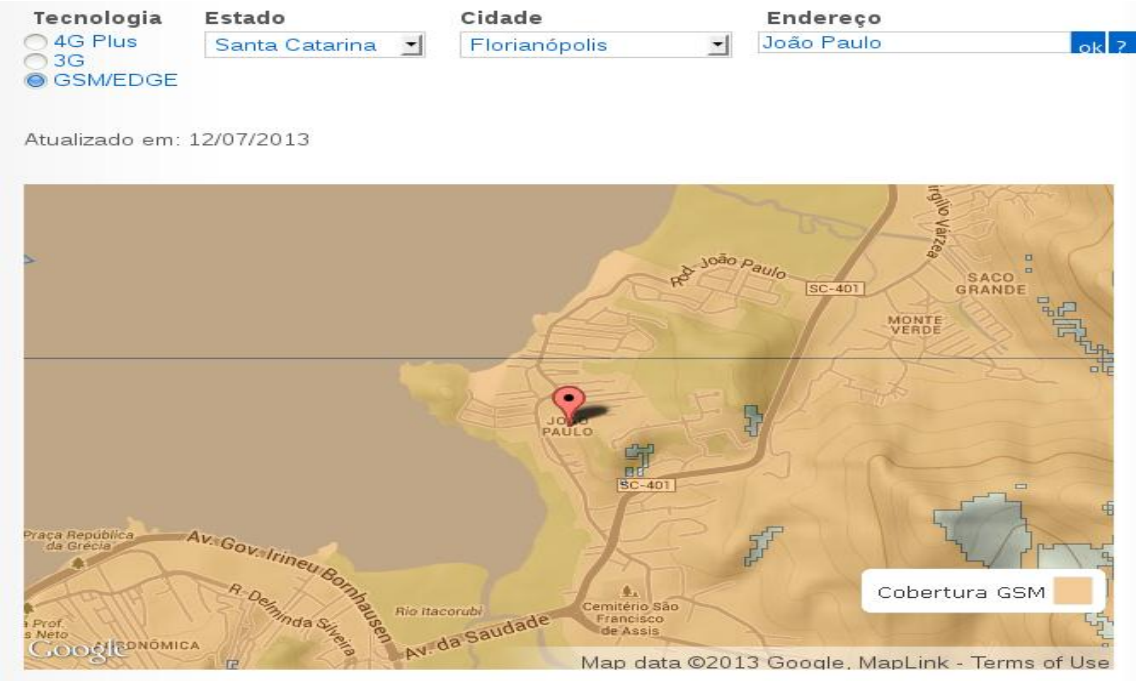

Figura 12 - Cobertura 2G da VIVO. Fonte: Site da VIVO.

Já na Figura 13 é mostrada a área de cobertura 3G, onde algumas regiões, incluindo a sede empresarial deste estudo, não contemplam esse tipo de cobertura da VIVO:

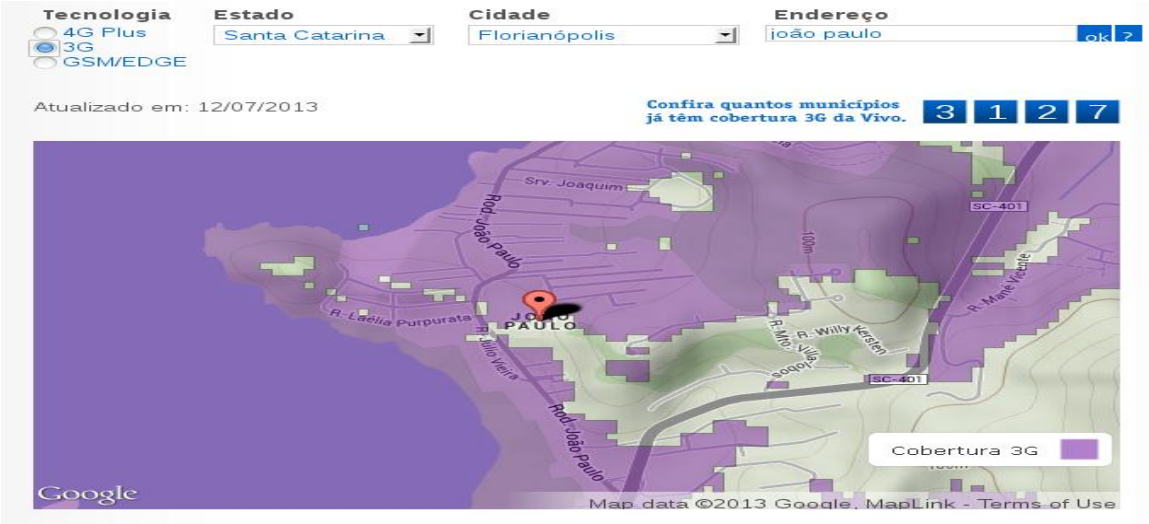

Figura 13 - Cobertura 3G da VIVO. Fonte: Site da VIVO.

Segundo a VIVO, apesar de sua a área de cobertura 2G e 3G ser ampla “a qualidade da cobertura está sujeita a variações, em função de disponibilidade e intensidade do sinal e também das condições geográficas e meteorológicas”.

A operadora TIM, também disponibiliza on-line as informações sobre suas áreas de cobertura e nas imagens é possível identificar que há cobertura de modo amplo tanto GSM quanto 3G. Os mapas ainda apontam que a posição da empresa Alfa é totalmente coberta por ambas as tecnologias, o que a princípio deveria garantir alta qualidade na utilização de serviços tanto de voz quanto da categoria de dados. Abaixo uma demonstração das coberturas 2G (Figura 14) e 3G (Figura 15) respectivamente, na localidade:

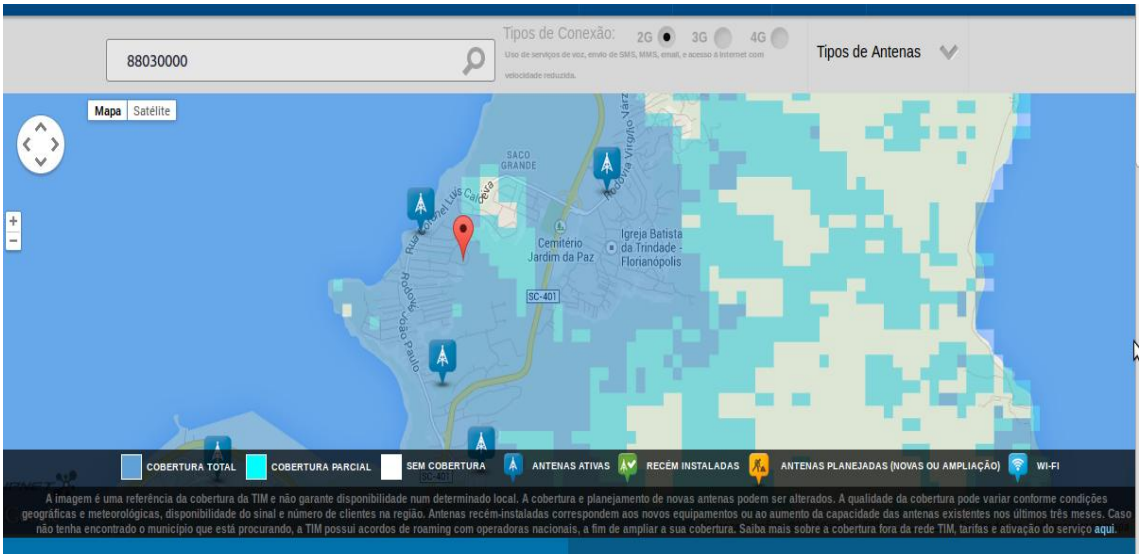

Figura 14 - Cobertura 2G da TIM. Fonte: Site da TIM.

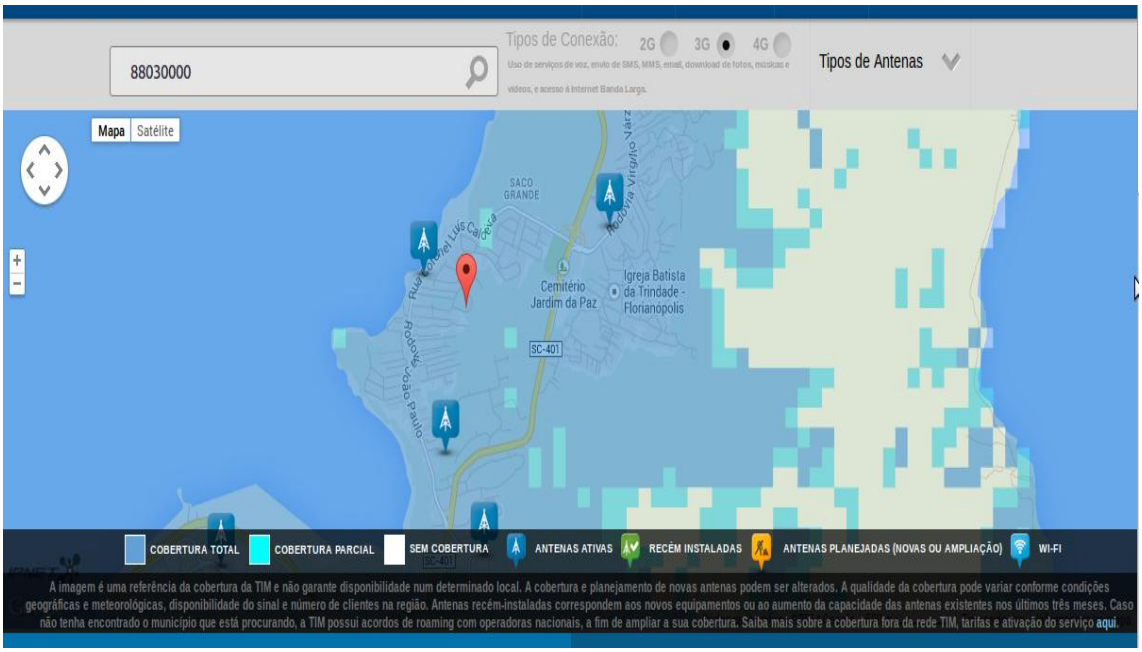

Figura 15 - Cobertura 3G da TIM. Fonte: Site da TIM.

A seguir estão as informações referentes à operadora Claro, que também oferece cobertura na região estudada e na qual a legenda indica que teria um sinal excelente, tanto 2G (Figura 16) quanto 3G (Figura 17):

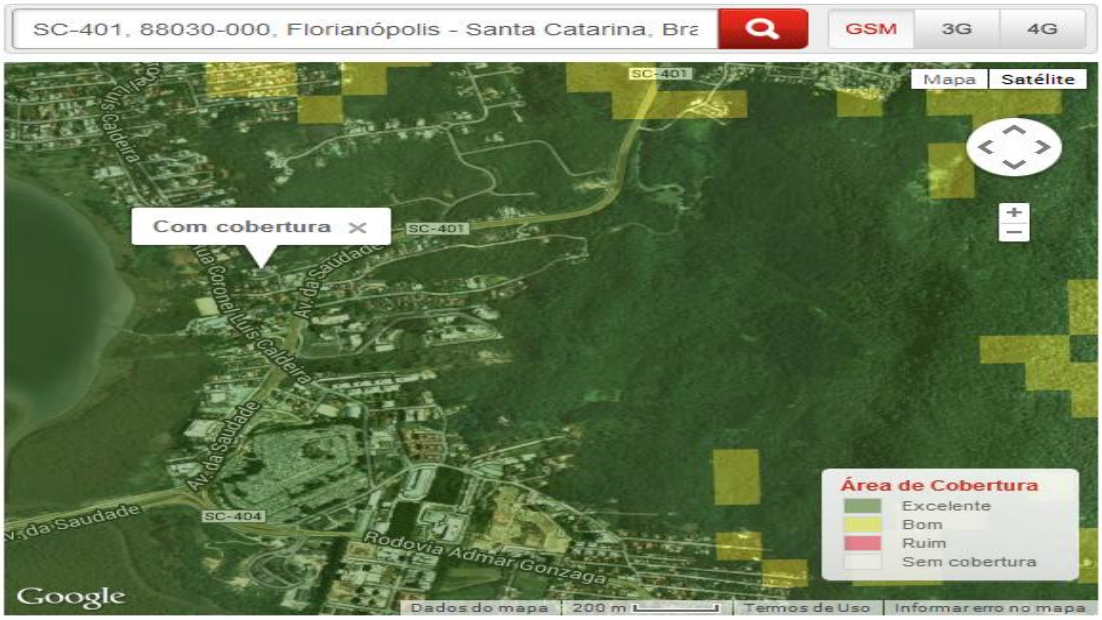

Figura 16 - Cobertura 2G da Claro. Fonte: Site da Claro

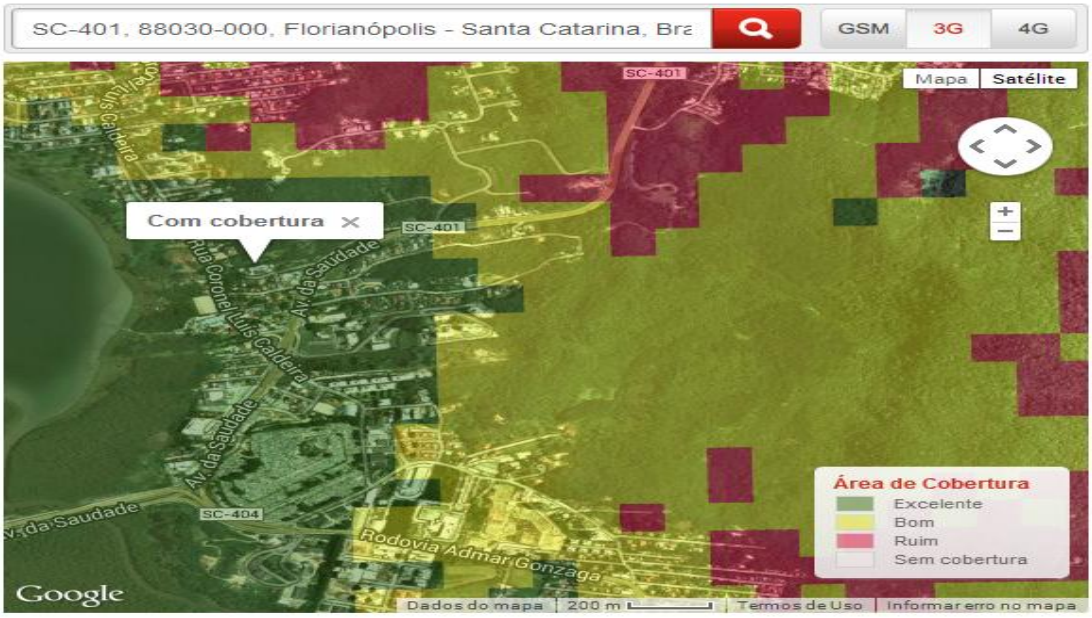

Figura 17 - Cobertura 3G da Claro. Fonte: Site da Claro.

A cobertura da Oi também está presente no bairro onde fica a sede da empresa Alfa, nas imagens pode-se destacar as áreas que são de cobertura total 2G (Figura 18) e 3G (Figura 19) e que deveriam oferecer alto QoS:

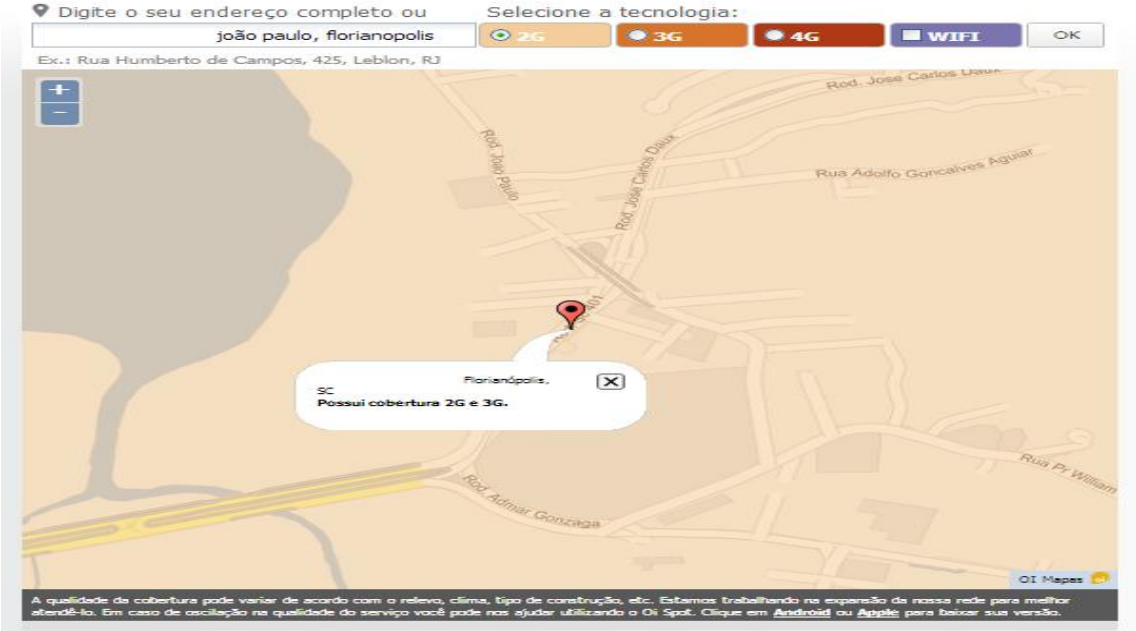

Figura 18 - Cobertura 2G da Oi. Fonte: Site da Oi.

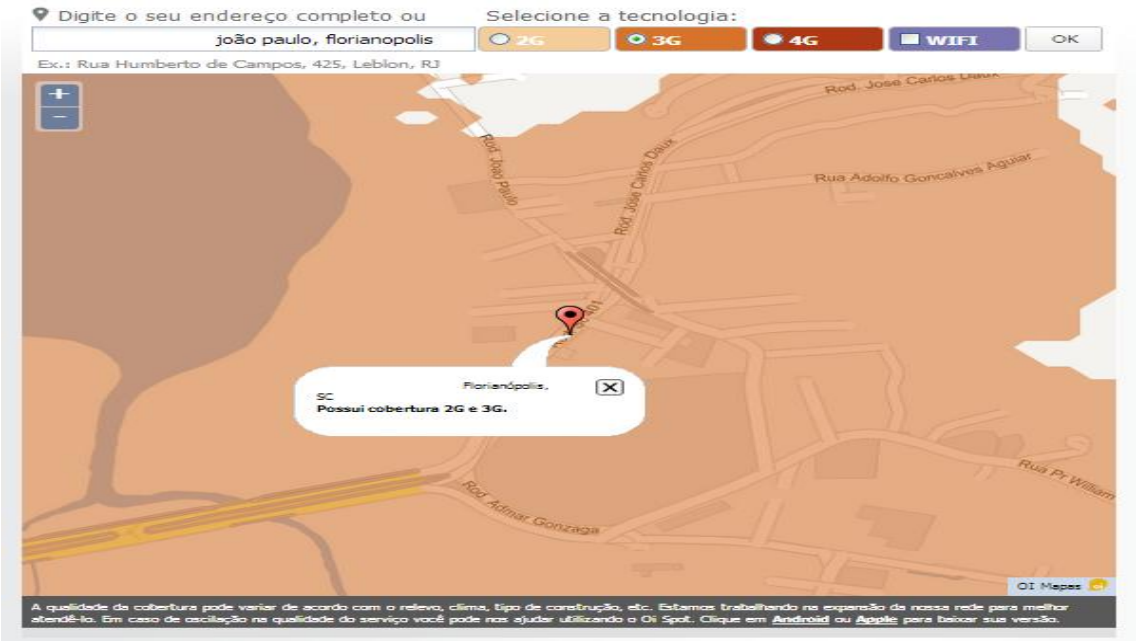

Figura 19 – Cobertura 3G da Oi. Fonte: Site da Oi.

De acordo com a ANATEL, até o ano de 2007, não havia uma oferta de cobertura satisfatória por todo o país, variando entre uma melhor cobertura GSM e uma cobertura 3G deficiente. Baseada nesses dados, a ANATEL firmou junto com as operadoras de telecomunicações, o compromisso de expansão das redes de coberturas 3G, solicitando a inclusão de novos municípios e a melhoria da qualidade do serviço nos municípios que já tinham cobertura. Segundo dados divulgados no portal Teleco, até o inicio do ano de 2014, parte do compromisso, referente às cidades de menor porte, não havia sido cumprido pelas operadoras TIM e Oi, sendo que a parte que engloba grandes polos foi cumprida pelas quatro operadoras iniciais envolvidas - TIM, Oi, Claro e VIVO - e, a partir de 2013, a Nextel foi inclusa no grupo, fechando um acordo de compartilhamento com a VIVO. O prazo final para o cumprimento se estende até abril de 2016.

3.3 Análise Técnica

Considerando que quando um assinante contrata um plano de telefonia ou uma operadora móvel, sua intenção é conseguir utilizar da melhor forma possível os serviços ao qual pagou pelo acesso, incluindo os pacotes de voz e dados, percebe-

se que o fator que mais influencia nessa escolha é o da presença de uma boa área de cobertura.

Grande parte das operadoras de telefonia fornece acesso às informações sobre áreas de cobertura no próprio site das empresas ou ainda na visita a uma das lojas da rede de atendimento. O fato, é que apesar do país possuir grandes áreas demarcadas para oferecerem cobertura 2G e 3G, isso não garante que a qualidade na recepção do sinal será mantida ao longo de todo trajeto e que o desempenho será o esperado pelo assinante. O relevo brasileiro é demarcado em muitas regiões pela predominância de montanhas e vales, o que em parte dificulta a distribuição do sinal, além dos agravantes dos obstáculos criado pelo próprio homem.

Para compreender como funciona o planejamento da criação ou ampliação de um ponto de cobertura, deve utilizar-se de modelos de predição, onde são considerados os dados sobre a topografia do local, o índice de urbanização, os ganhos e perdas no trajeto e dos elementos utilizados e, o posicionamento das antenas.

Cada local apresenta características diversificadas, então é através da coleta de dados e de ajustes de alguns parâmetros que são traçadas as melhores formas de se escolher por qual operadora e tipo de serviço optar.

A proposta inicial deste trabalho era a de mostrar a viabilização de um projeto para embasamento das melhores possibilidades para a utilização da tecnologia 3G pela Empresa Alfa. Para isso foi realizada uma série de coletas de dados referentes ao local onde a sede está situada e também sobre a presença das diferentes operadoras na região. No decorrer do trabalho foi utilizado em modo web o Sistema SIGAnatel, desenvolvido e disponibilizado no site da própria Agência Nacional de Telecomunicações para a realização de medições geográficas, topográficas e de planejamento

De acordo com a ANATEL, O SIGAnatel é um projeto que implementa a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas - SIG - na ANATEL, provendo recursos para pesquisa e análise de dados por meio de suas características e relacionamentos espaciais, dando suporte às atividades da Agência no acompanhamento e controle da prestação e oferta de serviços de telecomunicações

além de servir como referência de estudo à profissionais e estudantes.

O acesso ao sistema é feito através de *login* e senha e o cadastro é gratuito.

A ferramenta utilizada possibilita que o usuário forneça dados para uma consulta e receba como retorno a identificação da topografia da área, as antenas disponíveis na localidade e o cálculo da distância entre o ponto pretendido e a antena mais próxima, através de um banco de dados digitalizados desse sistema, funcionando como um módulo de cálculo de viabilidade on-line, reduzindo significativamente os custos e o tempo de desenvolvimento de um projeto. Dispõe ainda de ferramentas para informação de viabilidade para canais de TV e FM. Através do SIGAnatel é possível visualizar os mapas da América Latina e do Brasil. As imagens são obtidas via satélite e em tempo real, fornecendo um perfil detalhado do terreno.

Os testes sobre a eficiência das áreas de cobertura e referentes à qualidade do sinal captado pelos aparelhos celulares dentro da sede da Empresa Alfa, foram realizados em diversos períodos do dia e em vários ambientes, utilizando para as medições um *smartphone Samsung Galaxy Ace* com sistema operacional *Android* 2.3 e um *Gateway* GSM da UTech (Figura 20) modelo MGC-22E que fornece a capacidade de uso simultâneo de até 4 chips GSM de operadoras distintas, com 2 registros simultâneos por vez (para maiores informações, consultar o Anexo C). Também foi utilizado o sistema on-line da UTech que faz a medição da potência do sinal nas imediações do local, através do cruzamento das informações captadas pela antena instalada nas dependências da empresa com o sinal que os chips distribuídos pelo gateway apresentam.

Figura 20 – Gateway GSM da UTech, modelo MGC-22E, 4 chips. Fonte: Site da UTech.

Realizando essas medições através do módulo on-line da Utech, foi possível observar uma variação muito grande entre o valor esperado da potência (valor informado pela operadora) que seria recebida pelos aparelhos e a potência real que chegava. Em alguns pontos da empresa, até mesmo o sinal GSM apresentava falhas e inteligibilidade, em outros pontos praticamente não havia recepção do sinal e nos casos de maior enfoque, o sinal 3G só tinha um bom desempenho quando nas dependências externas do local.

As medições via software foram realizadas em diversos períodos do dia, com diferentes condições climáticas e os dados recolhidos foram armazenados numa tabela para posterior comparação. Percebeu-se que o horário (manhã, tarde ou noite) pouco influenciou na determinação da potência do sinal recebido. Após detalhadas análises sob a tabela criada, fez-se um comparativo dos valores mínimos e máximos de potência recebida de acordo com as prestadoras (Tabela 2):

Operadoras	**Potência Mín. do Sinal medido (dBm)**	**Potência Máx. do sinal medido (dBm)**	**Valor médio de Potência medido (dBm)**
Claro	79	95	87
Oi	67	89	78
TIM	80	92	94
VIVO	82	110	96

Tabela 2 - Comparativo das Potências Medidas de acordo com as Operadoras.

Analisando os valores da tabela, nota-se que a variação da potência que é recebida, difere em alguns casos bastante da potência que realmente deveria chegar aos aparelhos, com patamares de no máximo 85dBm para manter um certo grau de qualidade do sinal.

Além dos dados obtidos e para fins de maior elucidação dos pontos críticos e da qualidade real do sinal, foi considerada empiricamente no projeto, a relevância dada pelos membros da equipe Alfa à qualidade do sinal que recebiam em seus

aparelhos móveis. Foi observada a diversidade de marcas e modelos tanto quanto de planos e contratos de prestadoras distintas. Os questionamentos apontaram que indiferente dessas condições de marca, modelo ou prestadora, o sinal recebido ainda era de baixa qualidade.

Ao analisar os dados da Tabela 2, nota-se que a operadora Oi foi a que obteve a menor variação e a melhor potência recebida, sendo que o fato pôde ser confirmado através de questionamentos com os colaboradores da Empresa Alfa que utilizavam os serviços dessa prestadora e conseguiam acessar a rede 3G com maior eficiência.

Para fundamentar ainda mais essa análise, foi utilizado o sistema SIGAnatel e recolhidas amostras referentes à Empresa Alfa e às Estações Rádio Base das principais Operadoras Móveis que fornecem serviços naquela região: Claro, Oi, VIVO e TIM.

A consulta sobre a localização da empresa Alfa no sistema web SIGAnatel foi realizada fornecendo como parâmetros a latitude e longitude na qual a empresa está situada. Na imagem abaixo (Figura A.1) pode ser verificada a extensão da ilha de Florianópolis com a demarcação da sede empresarial estudada:

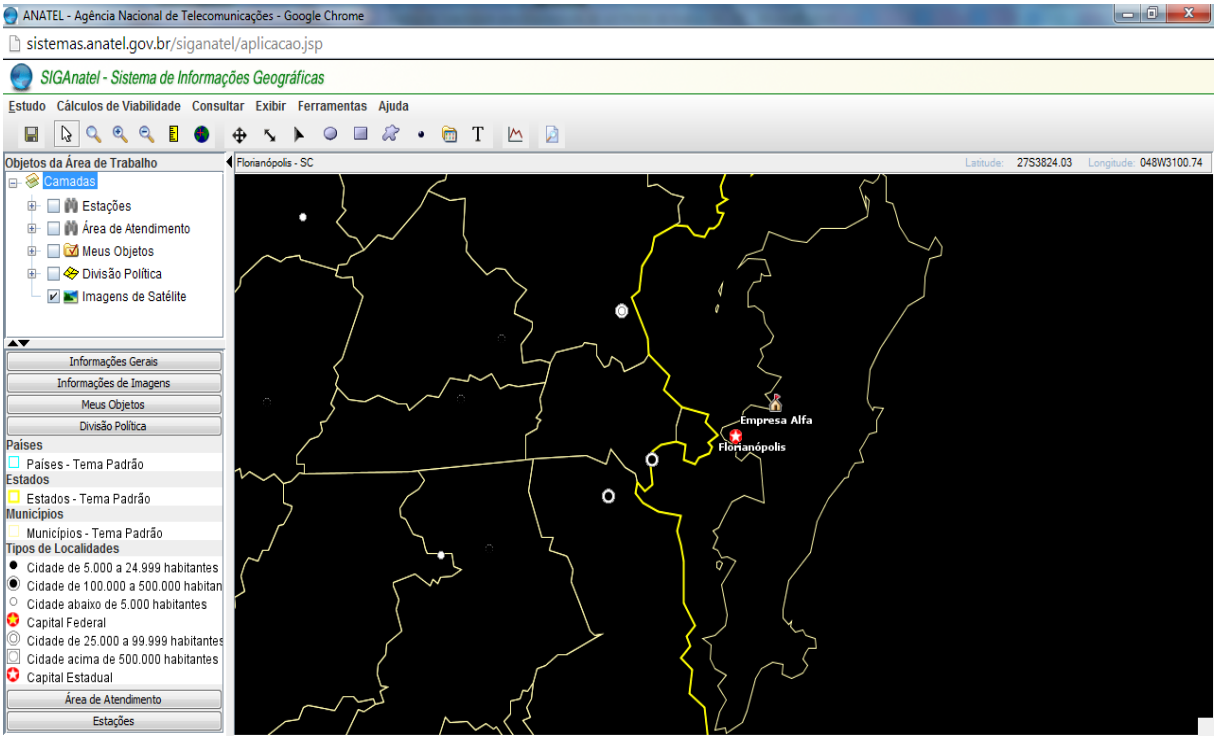

Figura A.1 – Localização da Empresa Alfa.

Logo abaixo (Figura A.2) são identificados os pontos nos quais as diversas operadoras possuem antenas próprias instaladas nas ERBs, ou mesmo antenas compartilhadas com outras operadoras.

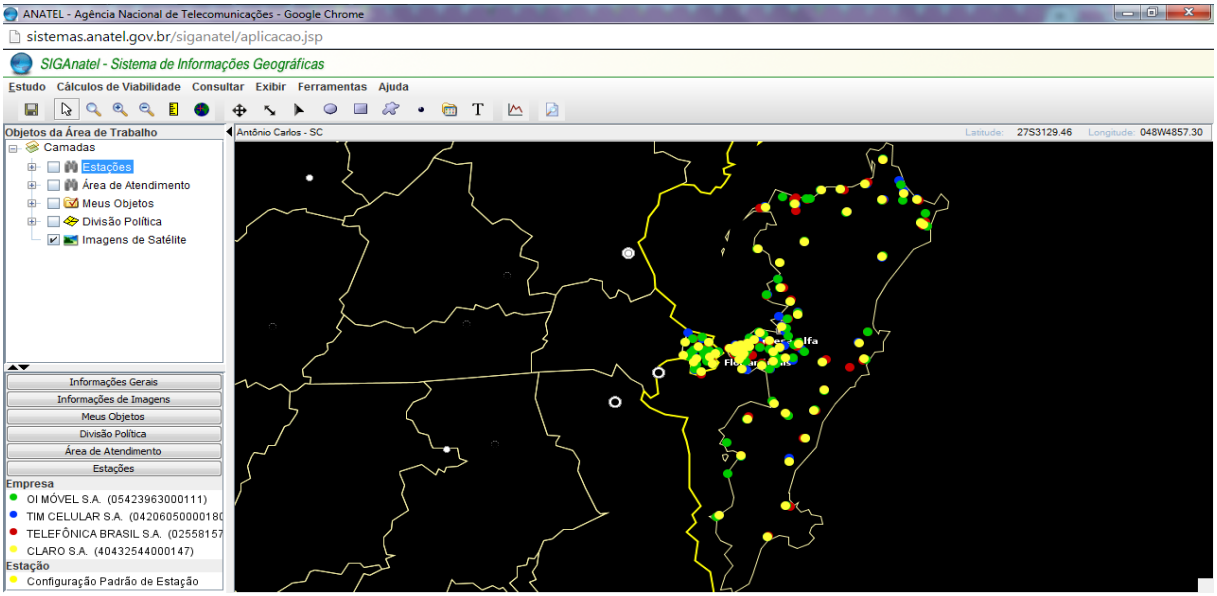

Figura A.2 – Distribuição das ERBs de acordo com as Operadoras Móveis.

Para esse estudo foi delimitada a área que abrange as estações mais próximas de cada operadora em torno da Alfa e posteriormente traçado um perfil do terreno para cada uma delas, sendo que este foi um dos fatores determinantes na escolha e posterior permanência da operadora dentre as candidatas que poderiam oferecer melhor cobertura 3G (Figura A.3):

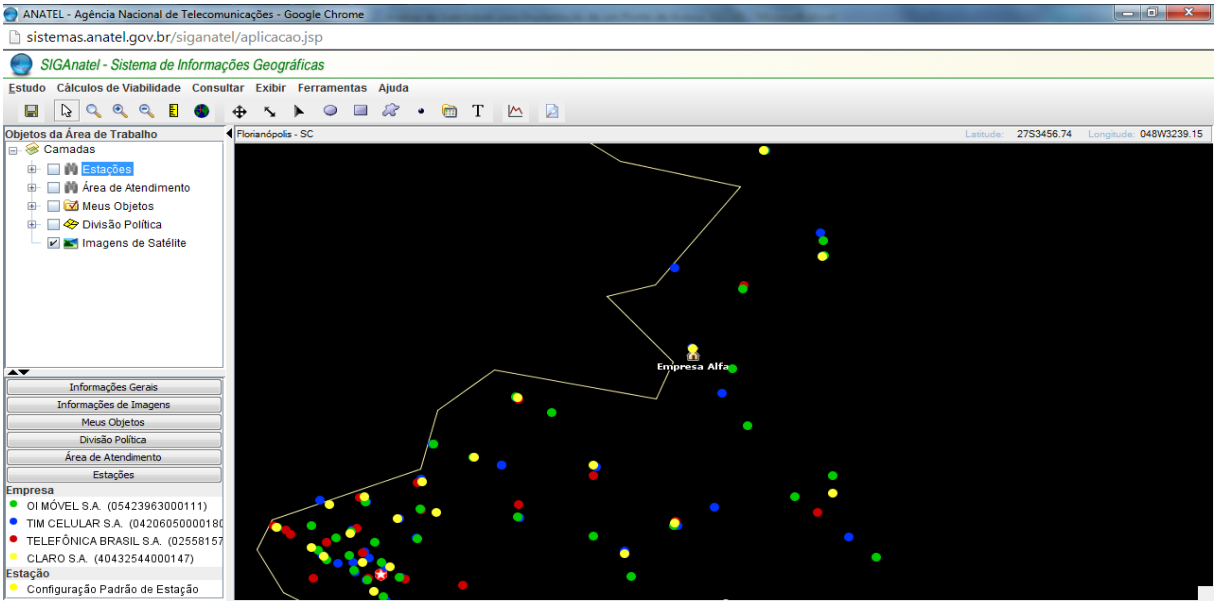

Figura A.3 – Distribuição local das ERBs de acordo com as Operadoras Móveis circundando a Empresa Alfa.

Elucidando cada um dos pontos ilustrados, houve a subdivisão de acordo com as operadoras e as antenas das quais as mesmas fazem uso. Foi analisada uma média de quatro antenas por Operadora, que estavam num raio de proximidade melhor acessível.

- Operadora Claro

Abaixo, a identificação das ERBS utilizadas pela Claro e seus respectivos códigos pela ANATEL (Figura A.4):

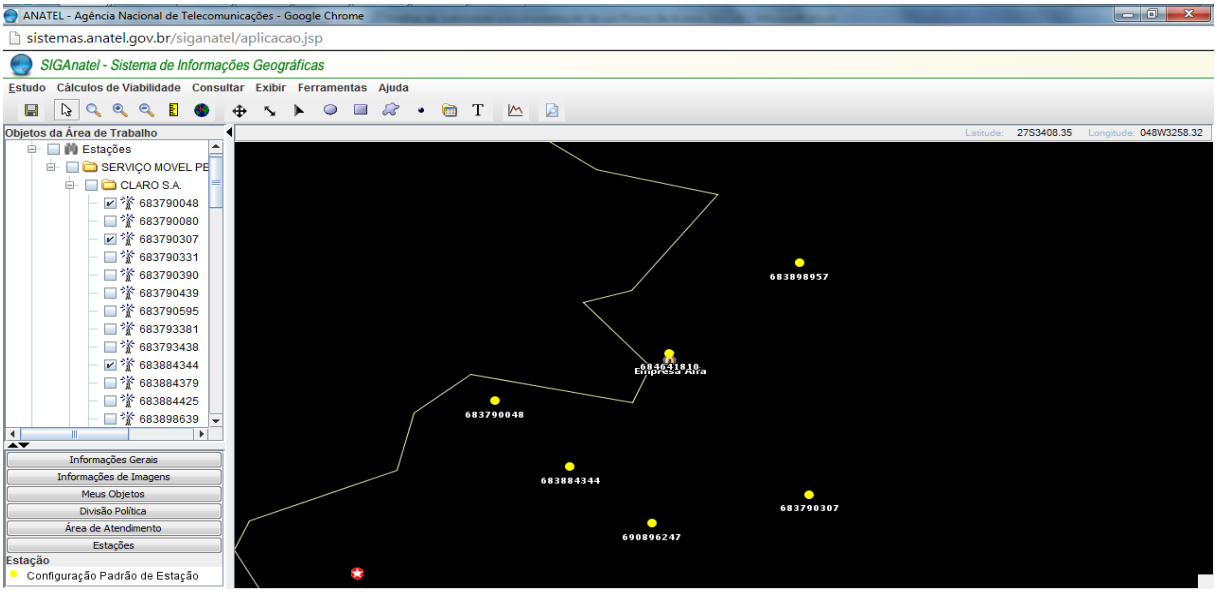

Figura A.4 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora Claro.

A seguir, os dados das ERBs usadas pela Claro e o perfil dos terrenos entre a Empresa Alfa e essas estações (Figuras A.5, A.6, A.7, A.8, A.9, A.10):

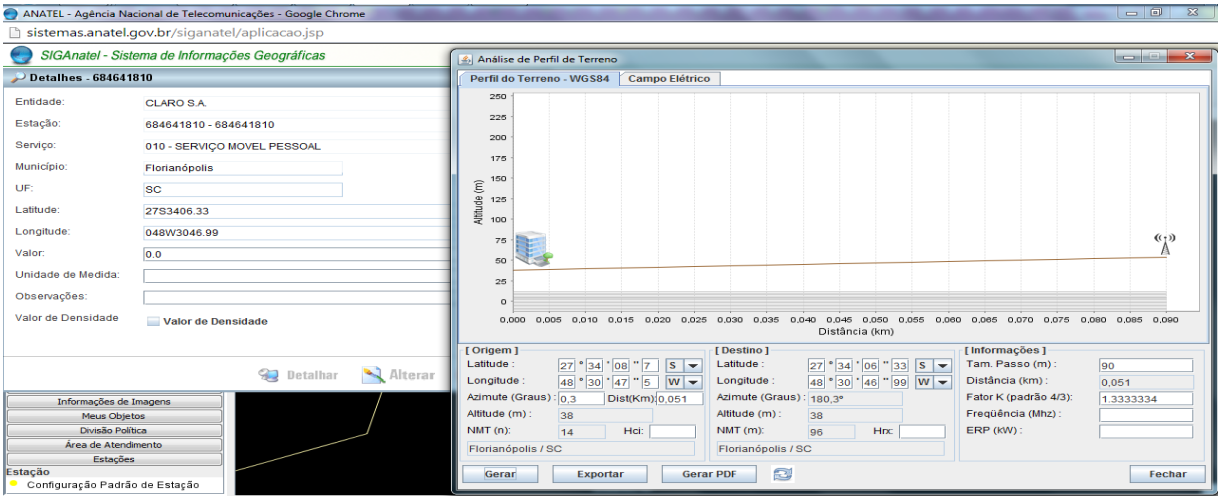

Figura A.5 – Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

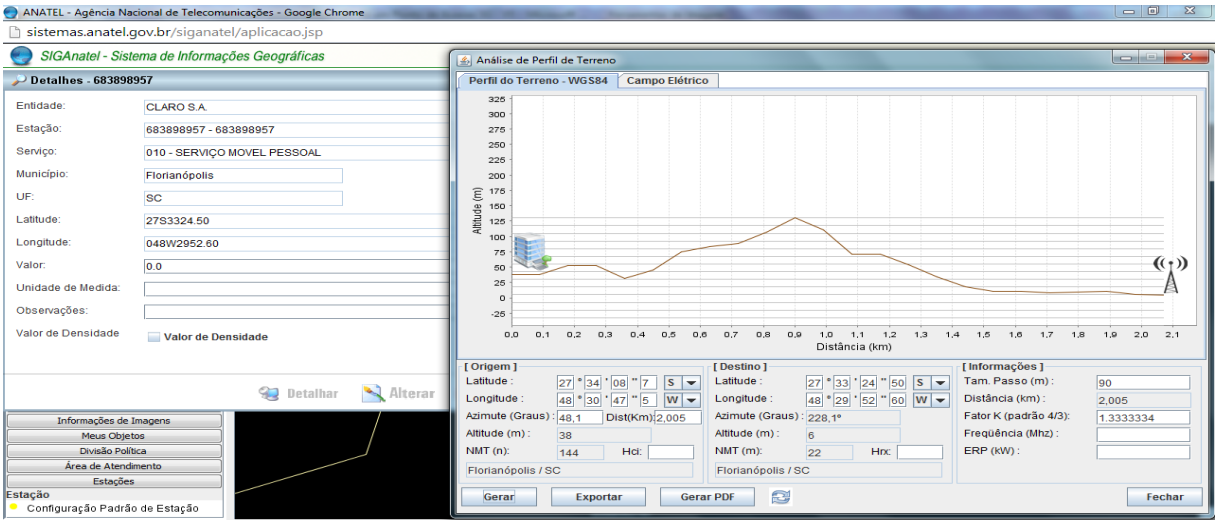

Figura A.6 – Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

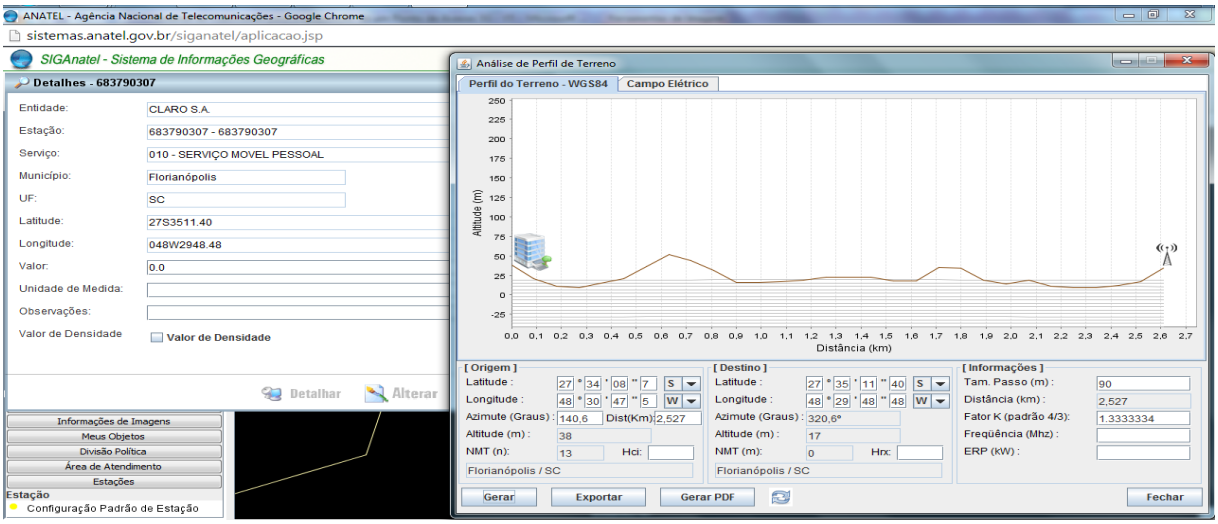

Figura A.7 – Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

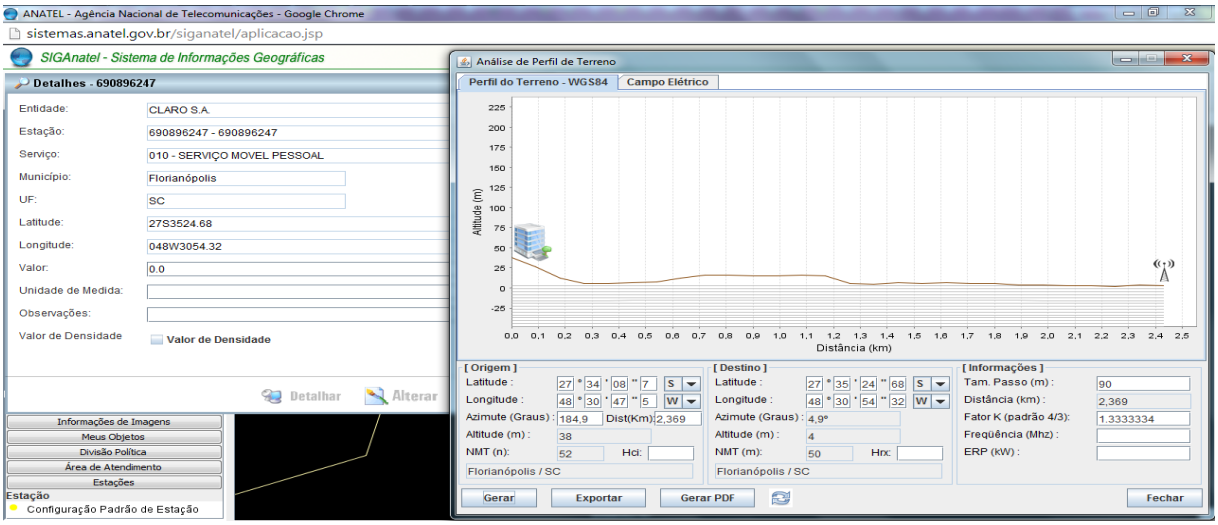

Figura A.8 – Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

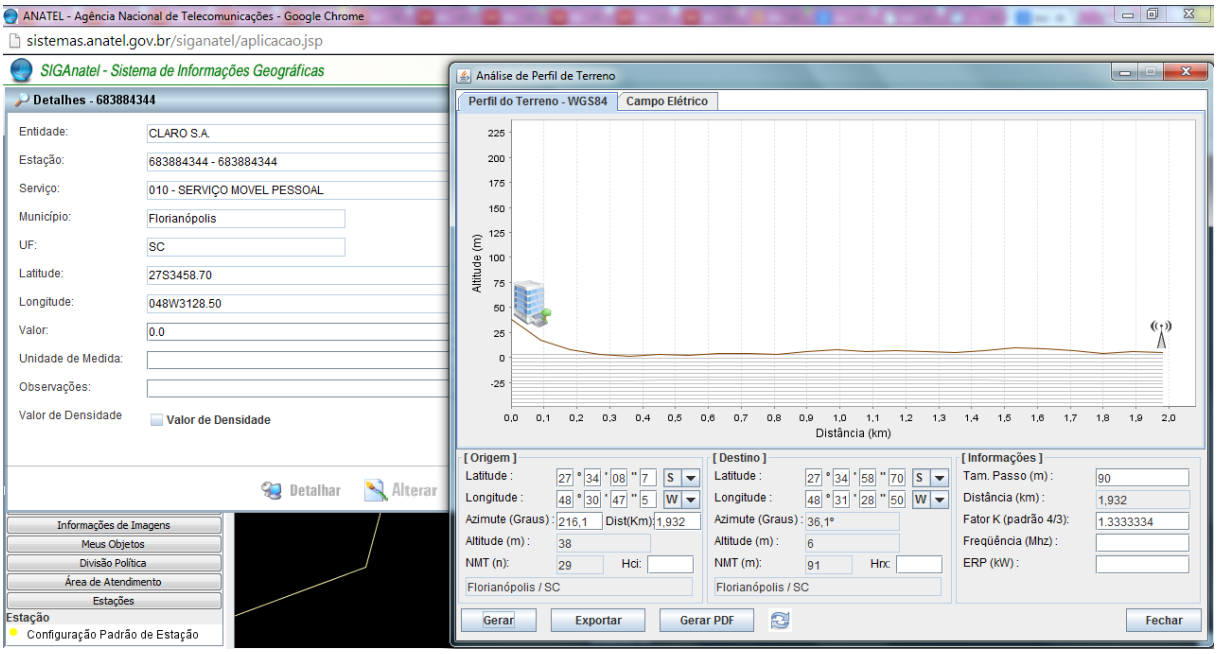

Figura A.9 – Dados da Estação 5 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

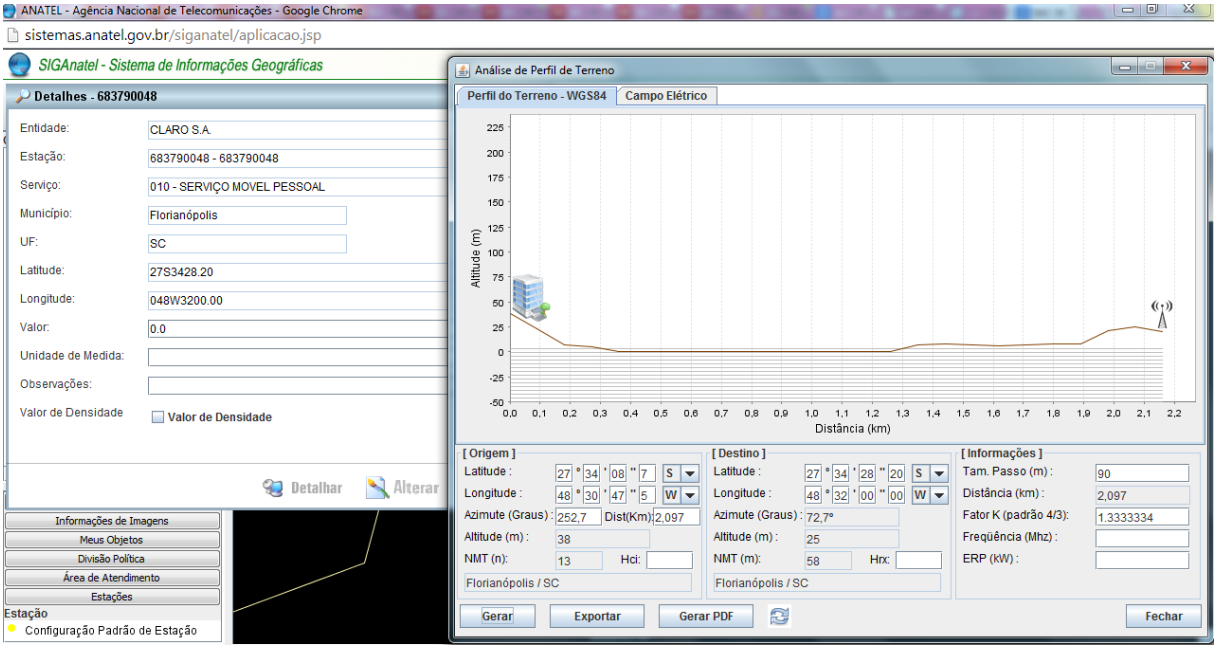

Figura A.10 – Dados da Estação 6 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Claro.

Para facilitar a compreensão e identificação de cada ERB da prestadora Claro e a sua distância aproximada da sede da Empresa Alfa, basta verificar a tabela a seguir (Tabela A.1):

Estação (Sentido horário)	Código (ANATEL)	Distância da Sede Alfa (Km)
Estação 1	684641810	0.051
Estação 2	683898957	2.005
Estação 3	683790307	2.527
Estação 4	690896147	2.369
Estação 5	683884344	1.932
Estação 6	683790048	2.097

Tabela A.1 – Distância entre as Estações utilizadas pela Claro e a Empresa Alfa.

Analisando as distâncias e o perfil do terreno, pode-se acrescentar que em média a altura de uma ERB com a antena é de aproximadamente uns 30m e considerando que o sinal perde potência com o deslocamento e que grandes distâncias são geralmente fator de perda, entre as estações da Claro a mais indicada no quesito melhor área de cobertura seria a antena na ERB de número 1, que além de ser a mais próxima também tem linha de visada direta.

- Operadora Oi

Segue abaixo os principais pontos com ERBs da operadora Oi (Figuras A.11, A.12, A.13, A.14, A.15):

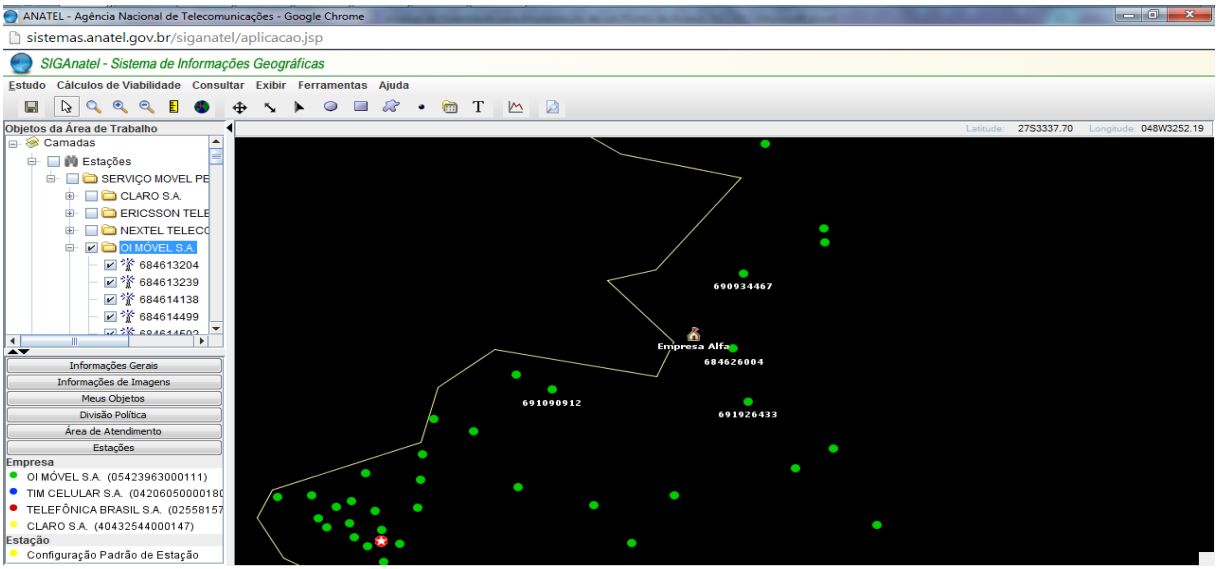

Figura A.11 - Principais ERBs utilizadas pela Operadora Oi.

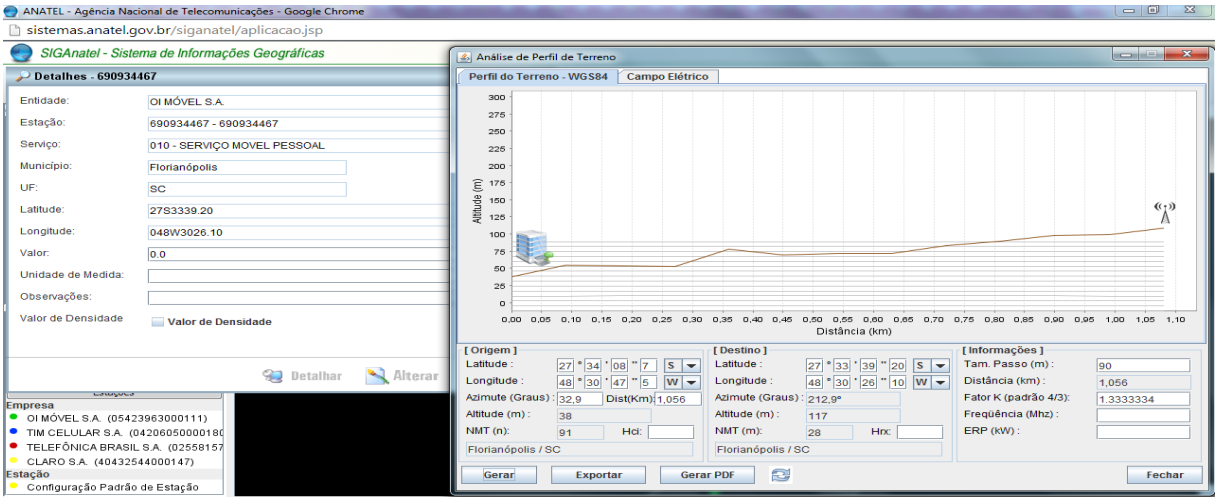

Figura A.12 – Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi.

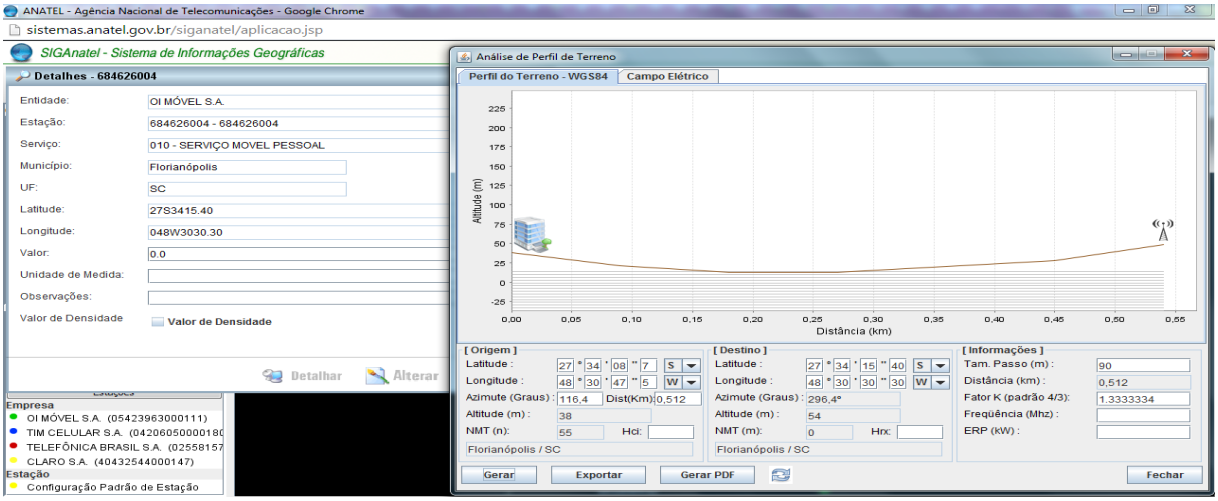

Figura A.13 – Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi.

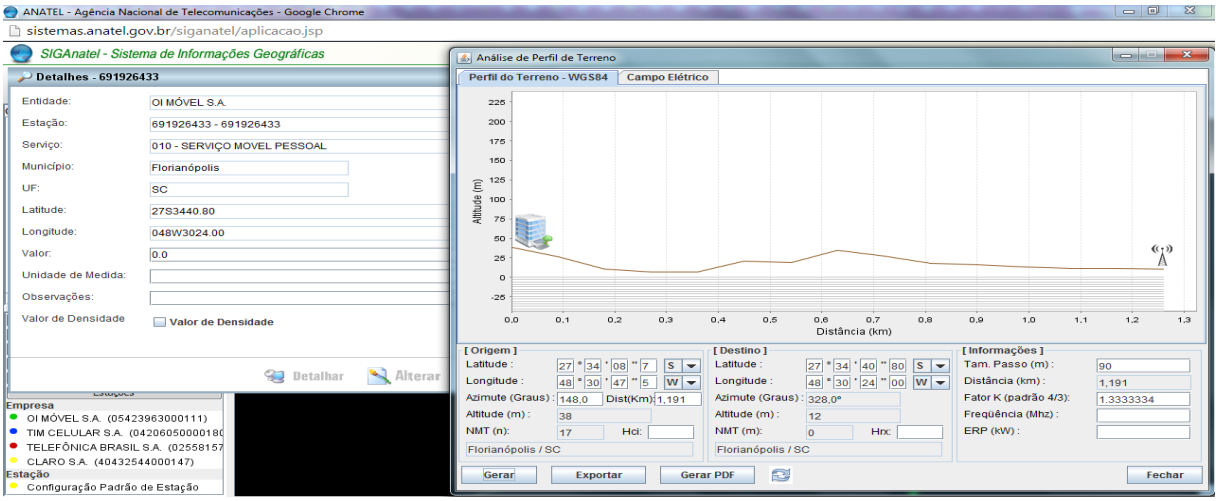

Figura A.14 – Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi.

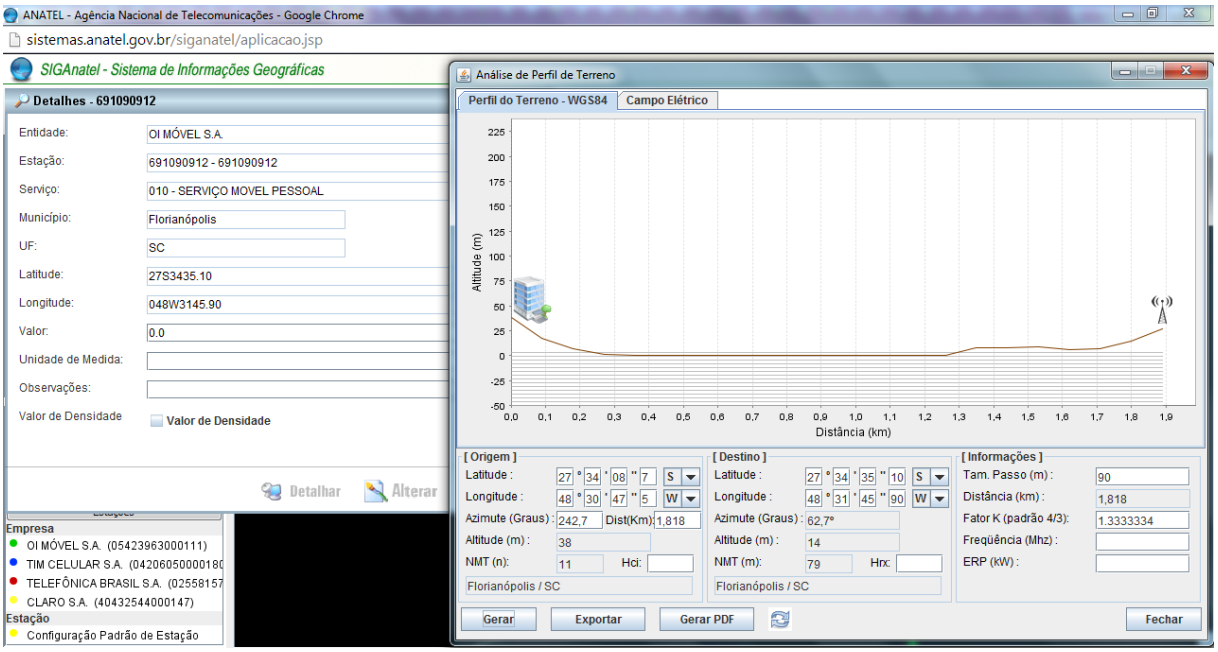

Figura A.15 – Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora Oi.

Segue abaixo uma tabela discriminativa sobre a distância aproximada da Empresa Alfa até cada uma das Estações da Oi (Tabela A.2):

Estação (Sentido horário)	Código (ANATEL)	Distância da Sede Alfa (Km)
Estação 1	690934467	1.056
Estação 2	684626004	0.512
Estação 3	691926433	1.191
Estação 4	691090912	1.818

Tabela A.2 – Distância entre as Estações utilizadas pela Oi e a Empresa Alfa.

Analisando a situação da Oi, percebe-se que a estação 2 é a que apresenta a menor distância até a empresa Alfa sem possuir em seu trajeto obstruções de percurso, logo essa seria uma das melhores opções dessa operadora.

- Operadora VIVO

Abaixo, são mostradas as principais estações da VIVO que estão mais próximas da sede Alfa (Figuras A.16, A.17, A.18, A.19, A.20, A.21):

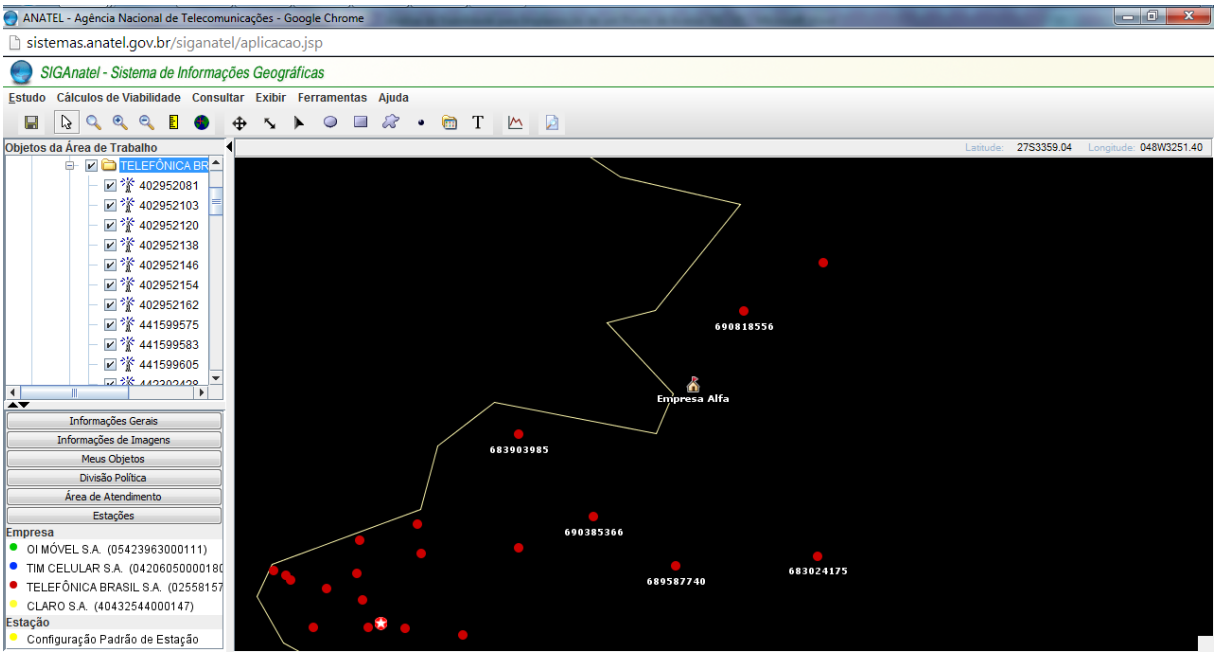

Figura A.16 - Principais Estações utilizadas pela Operadora OI.

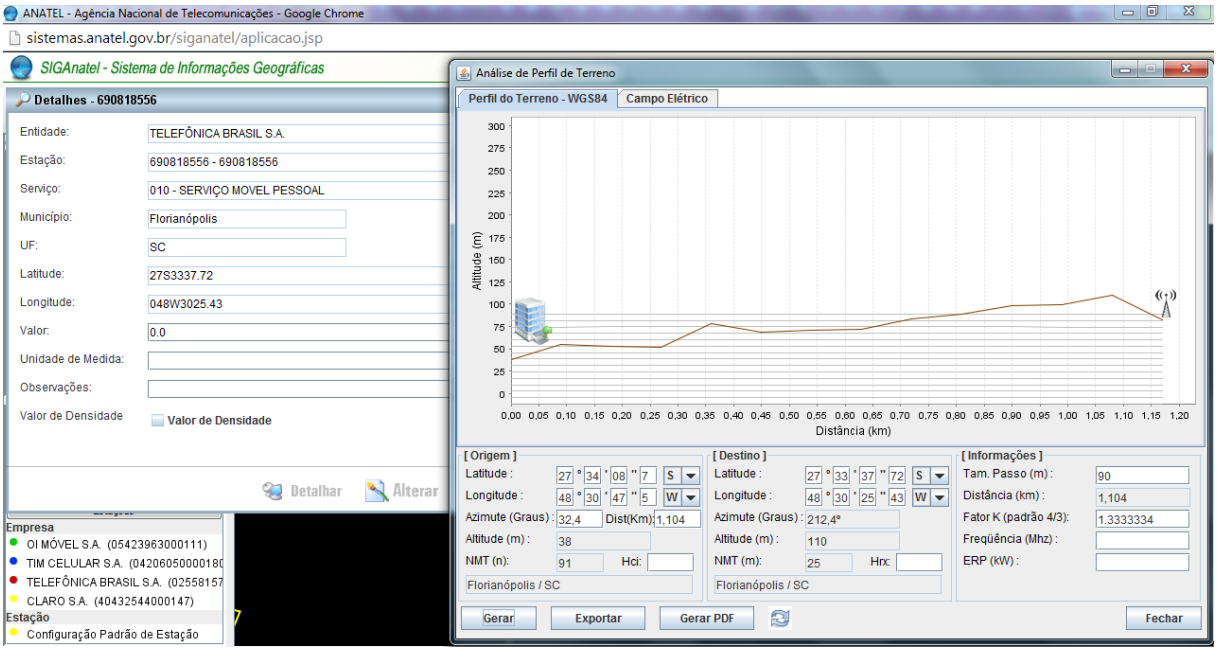

Figura A.17 – Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO.

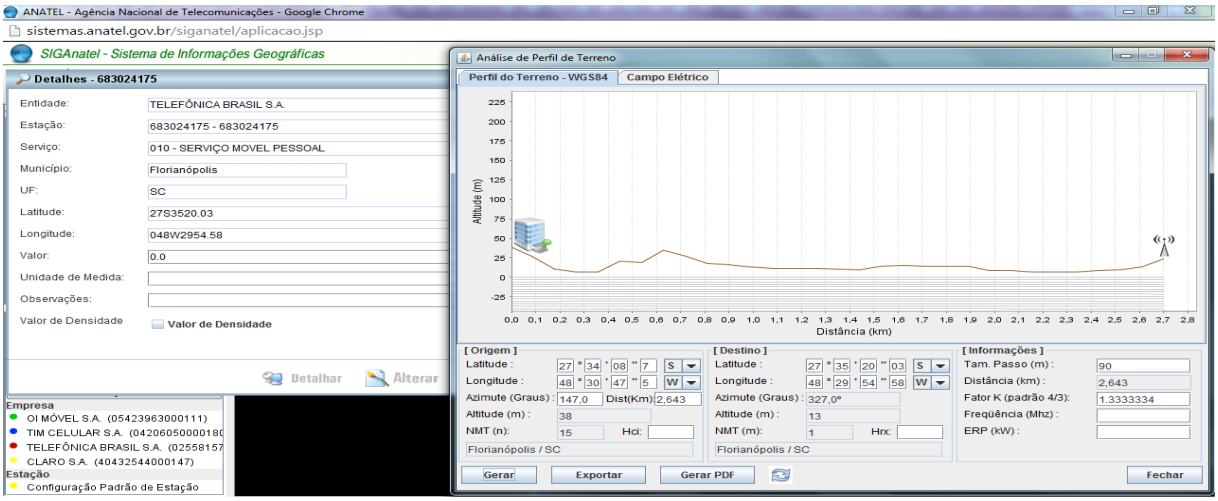

Figura A.18 – Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO.

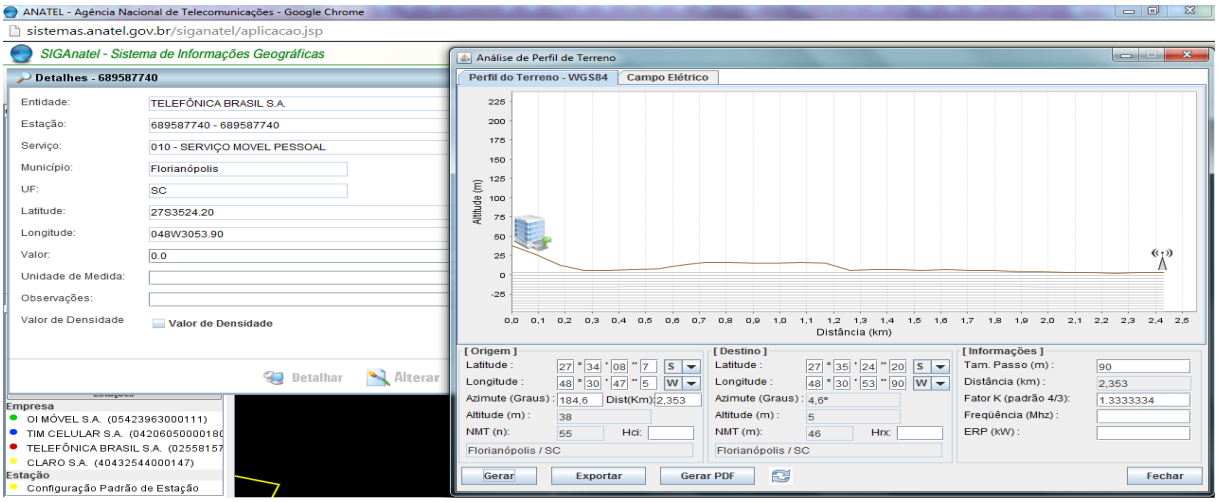

Figura A.19 – Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO.

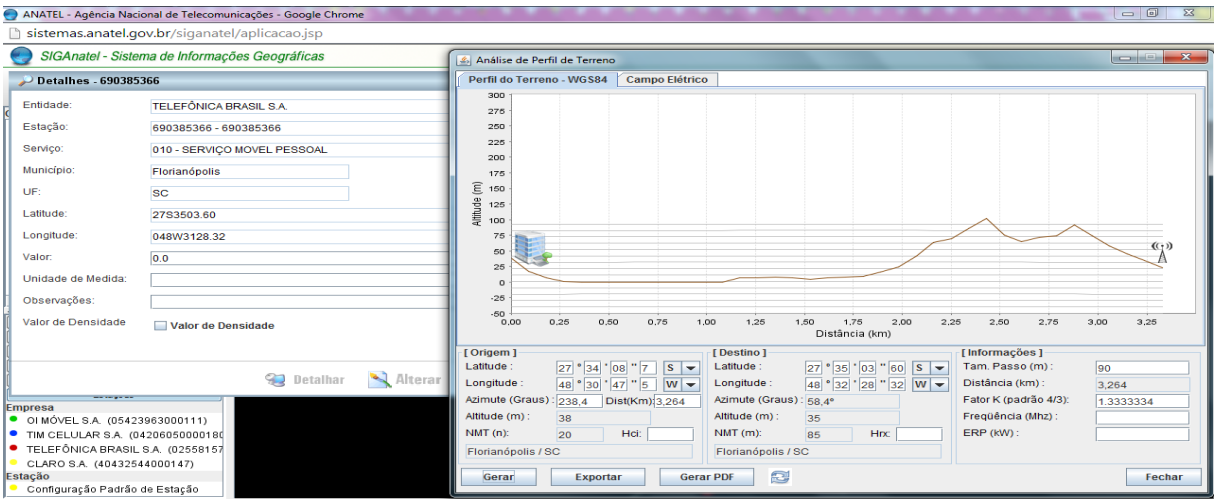

Figura A.20 – Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO.

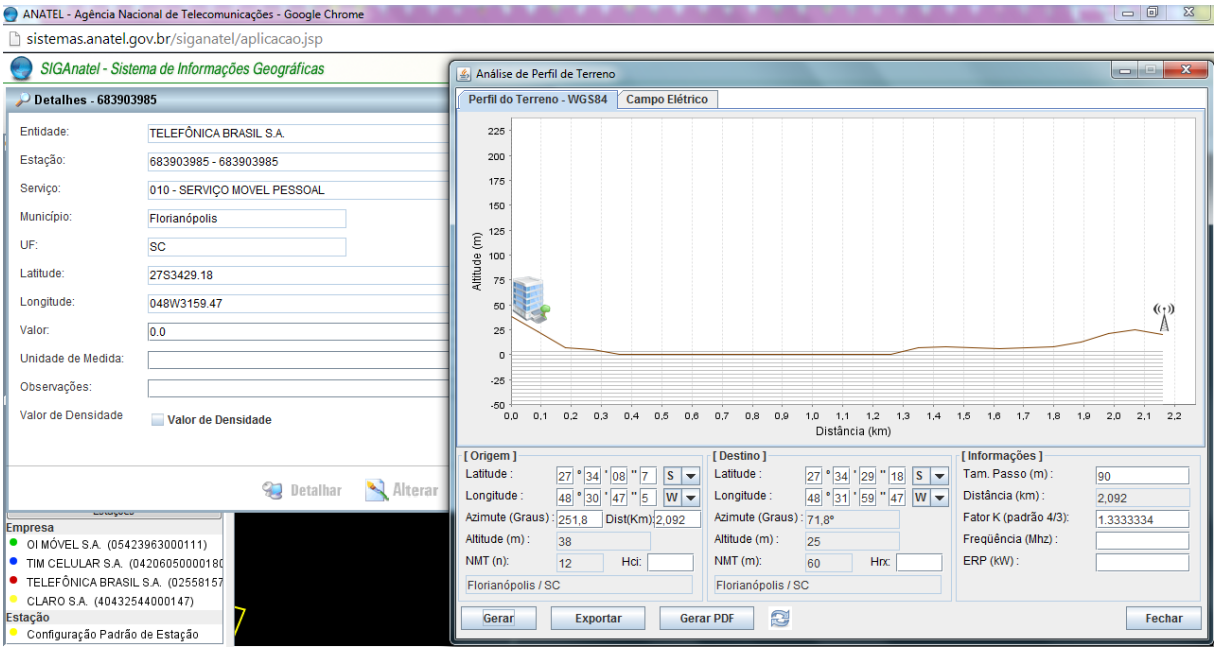

Figura A.21 – Dados da Estação 5 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora VIVO.

Distância aproximada da Empresa Alfa até cada uma das ERBs da VIVO (Tabela A.3):

Estação (Sentido horário)	Código (ANATEL)	Distância da Sede Alfa (Km)
Estação 1	690818556	1.104
Estação 2	683024175	2.643
Estação 3	689587740	2.353
Estação 4	690385366	3.264
Estação 5	683903985	2.092

Tabela A.3 – Distância entre as Estações utilizadas pela VIVO e a Empresa Alfa.

As antenas mais próximas da prestadora VIVO são também as mais distantes se comparadas com as das outras operadoras. Como a intenção é predizer uma melhor cobertura, a estação de número 1 seria cogitada por causa da distância, mas apesar disso ela possuiria problemas com o relevo do local e a intensidade no qual esse sinal chegaria poderia não ser tão eficiente. A estação de número 5 vem a ser uma alternativa diante dos outros pontos da mesma operadora.

- Operadora TIM

Os dados obtidos sobre a operadora TIM podem ser observados a seguir (Figuras A.22, A.23, A.24, A.25, A.26):

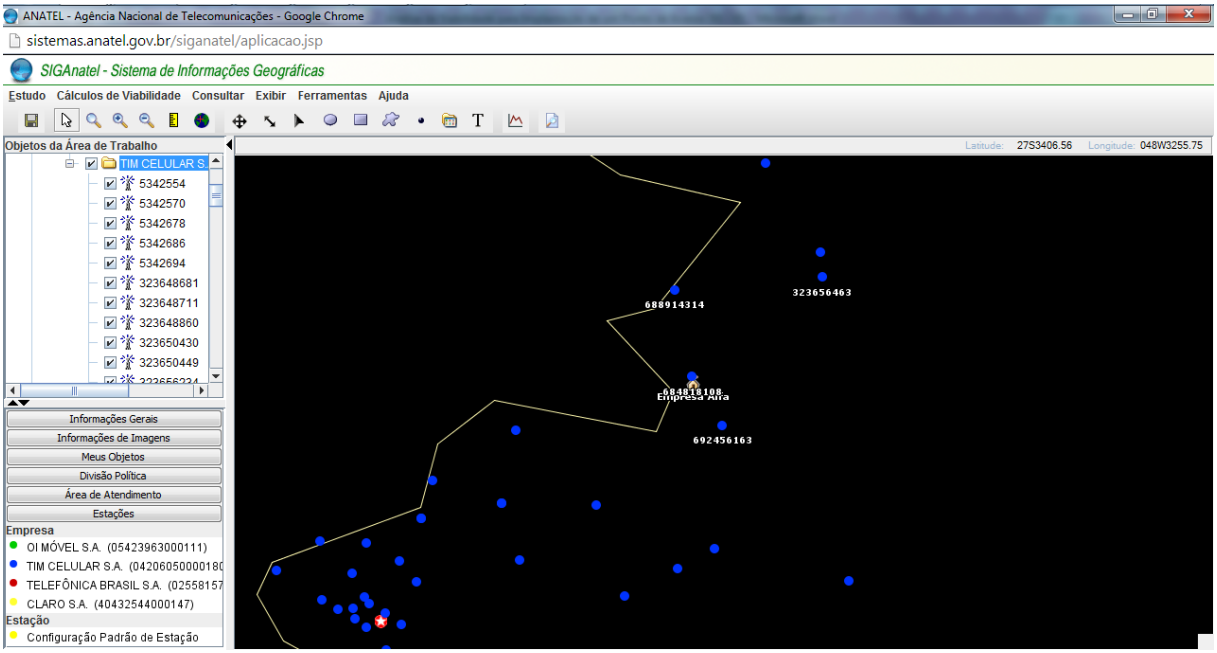

Figura A.22 - Principais Estações utilizadas pela Operadora TIM.

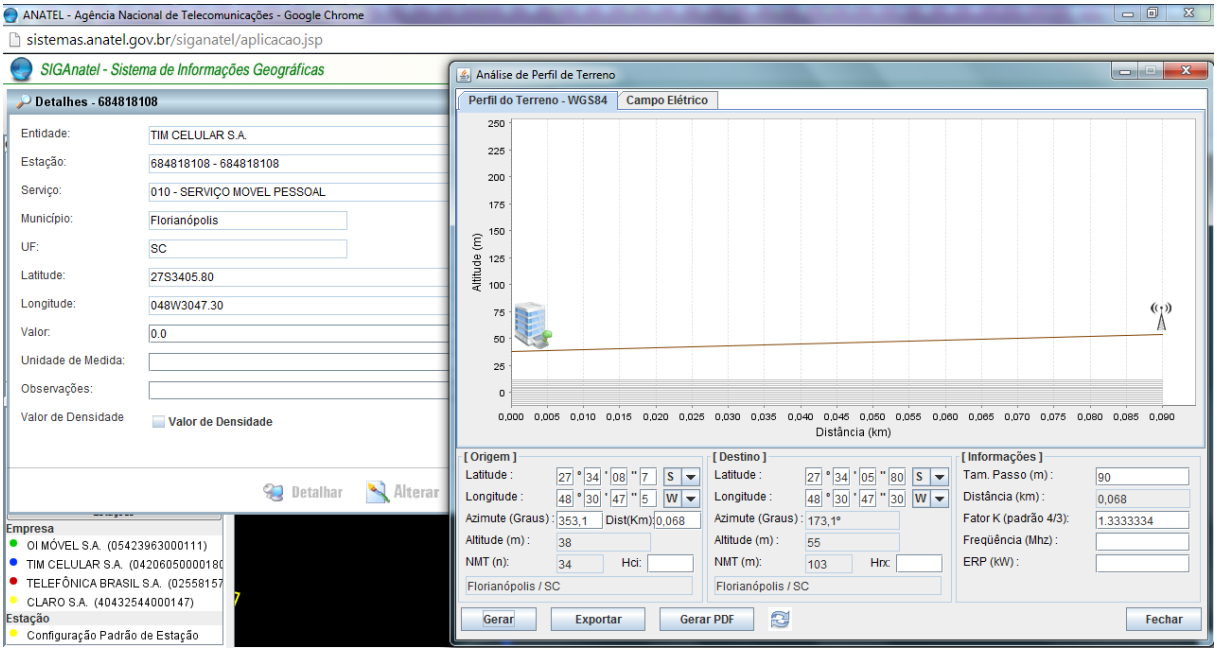

Figura A.23 – Dados da Estação 1 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM.

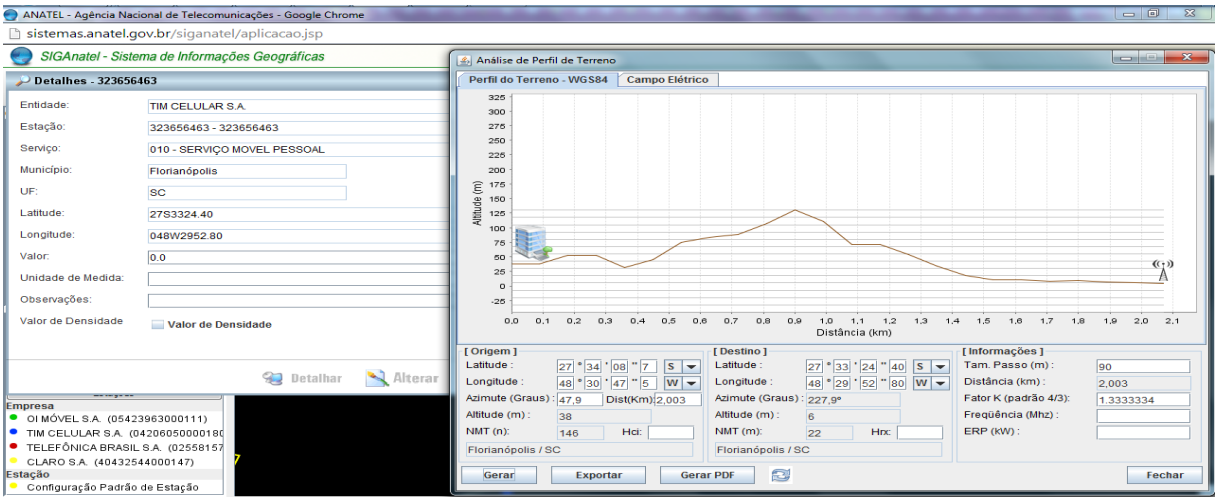

Figura A.24 – Dados da Estação 2 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM.

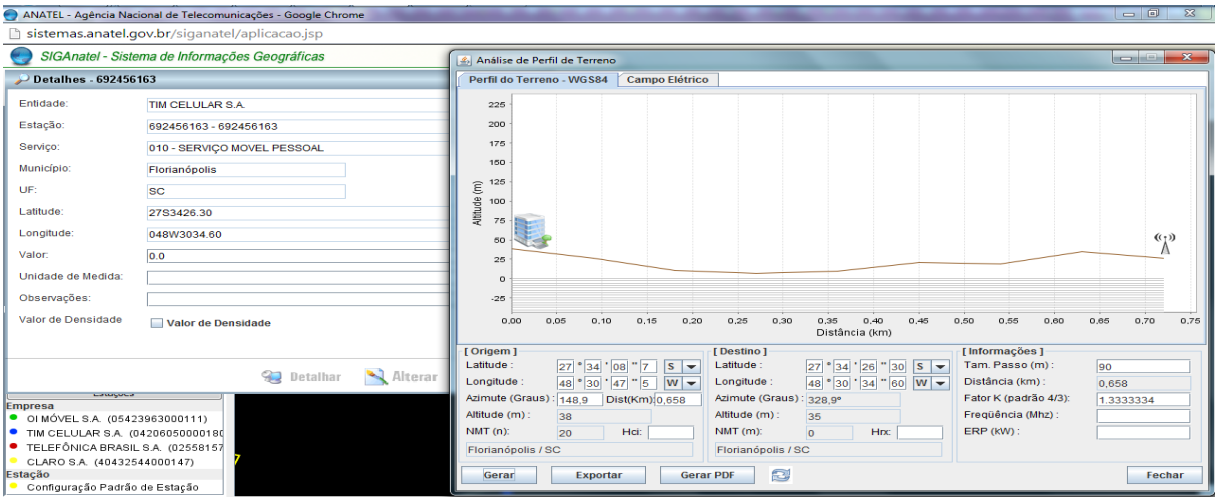

Figura A.25 – Dados da Estação 3 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM.

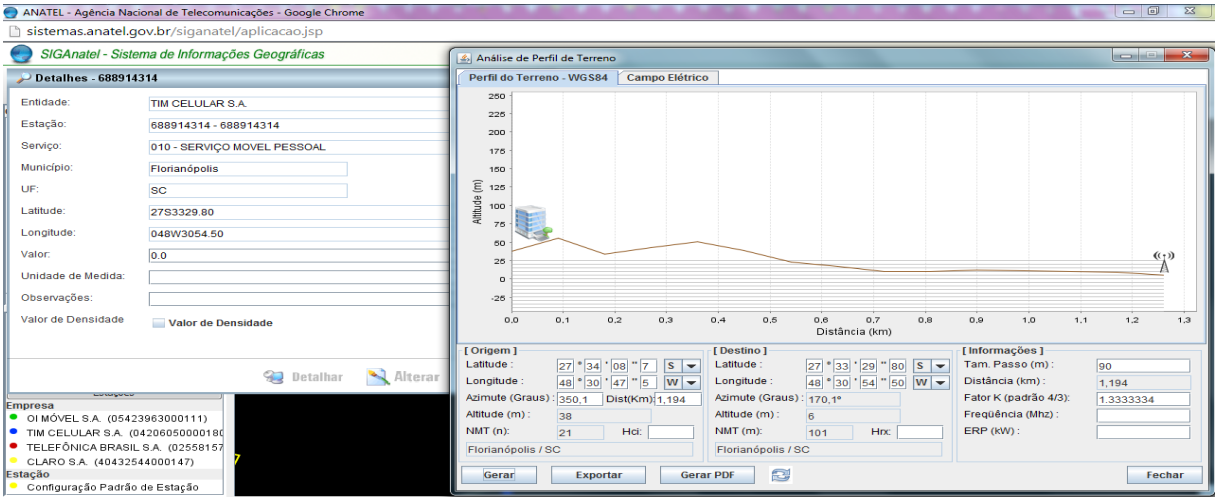

Figura A.26 – Dados da Estação 4 e do perfil do terreno entre a Empresa Alfa e esta estação – Operadora TIM.

Distância aproximada da Empresa Alfa até cada uma das Estações da TIM (Tabela A.4):

Estação (Sentido horário)	Código (ANATEL)	Distância da Sede Alfa (Km)
Estação 1	684818108	0.068
Estação 2	323656463	2.003
Estação 3	692456163	0.658
Estação 4	688914314	1.194

Tabela A.4 – Distância entre as Estações utilizadas pela TIM e a Empresa Alfa.

Para a operadora TIM, dentre os melhores resultados obtidos em relação à distância e o grau de obstrução oferecido está a ERB de número 1, é a mais próxima e com a menor taxa de obstáculos que interfiram de modo grave na qualidade do sinal.

Após analisar todos os perfis das quatro Operadoras, percebeu-se que em alguns pontos elas compartilham recursos da rede, utilizando a mesma ERB ou mesmo antenas, para enviar e receber seus sinais.

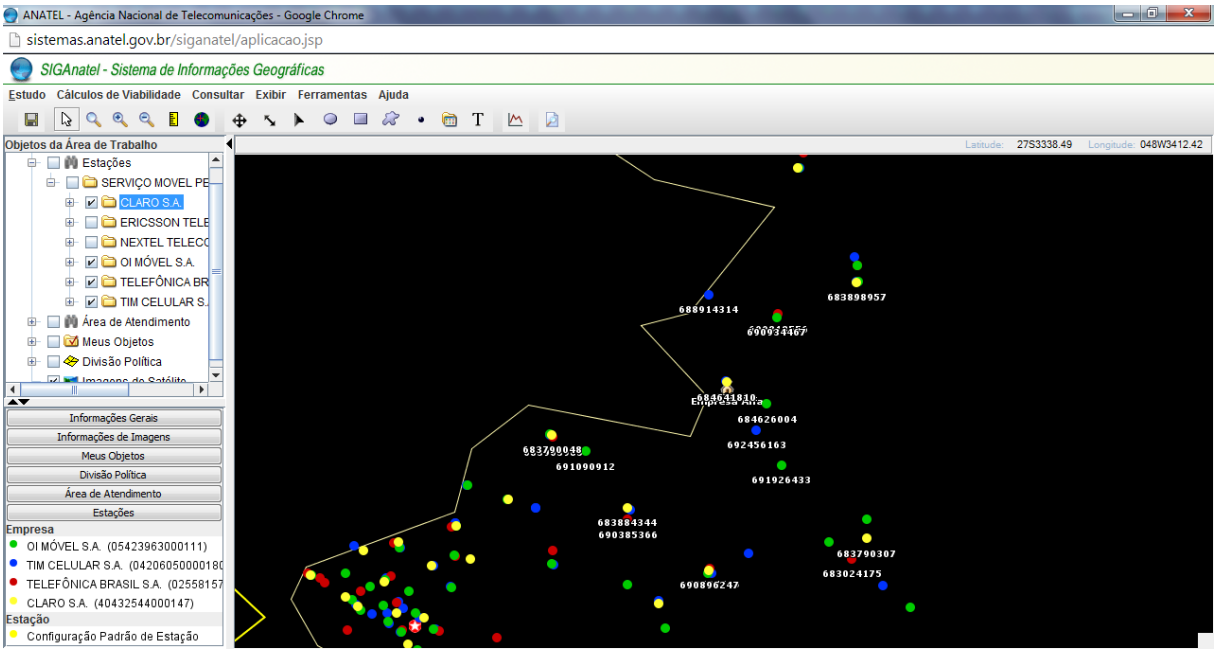

Figura A.27 - Principais Estações compartilhadas pelas Operadoras: Claro, OI, VIVO e TIM.

Considerando todo o levantamento de dados obtidos e as análises individuais e conjuntas de cada operadora, além das medições realizadas no âmbito da Alfa, nota-se que isoladamente os fatores: maior proximidade da ERB e menores obstáculos no percurso, não foram suficientemente bons para manter a qualidade na utilização de serviços móveis 3G.

Atentado aos detalhes de operacionalidade da rede móvel, da geografia local e observando as variações de potência pode-se concluir que a as melhores condições de utilização do 3G foram ofertadas respectivamente pelas operadoras Oi, Claro, TIM e VIVO. Considerando ainda que apesar da Claro e da TIM compartilharem uma antena que dista de 0,09Km da sede Alfa em contraposição à Oi em que o sinal vem de uma ERB distante aproximadamente 0,55Km, as prestadoras Claro e TIM tiveram um menor desempenho na qualidade do sinal medido e observado dentro e fora da empresa. A operadora Oi apresentou melhor qualidade no sinal 3G internamente e externamente à estrutura física da sede Alfa. A ERB da operadora VIVO mais próxima está a 1,2Km e oferece obstrução, além de desempenho inferior do sinal se comparada com as outras operadoras.

Ao analisar a necessidade da Empresa Alfa na escolha da contratação de um plano de serviços de uma dessas operadoras e, após o detalhamento e elucidação das informações recolhidas, pode-se considerar para fins de melhor desempenho do 3G, a seguinte ordem: Oi, Claro, TIM e VIVO. Partindo ainda do pressuposto da escolha da operadora que já oferece um melhor sinal de cobertura, basta aliar a isso a utilização de femtocélulas para maximizar os resultados positivos dessa integração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhor maneira de prever o futuro é inventá-lo.

Alan Kay

Esse projeto foi idealizado com base na real necessidade da Empresa Alfa em melhorar sua área de cobertura móvel. A apresentação dessa necessidade corporativa partiu da vivência do orientador desse trabalho de conclusão, ao qual percebeu a possibilidade de uma proposta prática e inclusiva que foi recebida com entusiasmo por todos os envolvidos.

Analisando a trajetória do trabalho, pode-se compreender que o estudo teórico da evolução das comunicações móveis foi de suma importância para que o projeto pudesse abranger a totalidade do entendimento sobre a recente tecnologia que seria apresentada nos capítulos posteriores. O interesse despertado para a realização desse estudo pôde abarcar várias fases de aprendizado, desde as pesquisas sobre as tecnologias móveis e femtocélulas, até o processo da regulamentação desses equipamentos, possibilitando o aproveitamento dos conceitos aprendidos em sala de aula, na teoria e prática.

A utilização de Femtocélulas foi um recurso no qual se viu a oportunidade de criar uma nova perspectiva de uso da cobertura 3G dentro da sede da Empresa Alfa. Apesar de todas as operadoras consultadas terem alegado que, na área onde a empresa está estabelecida, havia cobertura 2G e 3G de qualidade pôde-se verificar baseado nos estudos geográficos e nas comparações das potências recebidas, que a cobertura 3G ofertada na área externa é razoavelmente aceitável e nas dependências internas é quase inexistente.

A análise do cenário corporativo propiciou a identificação dos principais pontos de deficiência e as possíveis causas desse problema, mas foi só após a análise dos dados recolhidos sobre as prestadoras e do levantamento geográfico dos elementos necessários que se pode concluir sobre os benefícios da utilização de femtocélulas no local. Assegura-se que esses dispositivos podem ser considerados uma ótima alternativa para a otimização da qualidade de serviço e da

ampliação da área de cobertura *indoor*. Seu uso proporcionará benefícios tanto nos aspectos de obter uma maior velocidade na transferência de dados, menor custo na comunicação entre os membros da empresa, aumento do desempenho da rede, quanto na oferta de uma instalação e manuseio simplificados devido ao processo interno de autoconfiguração do dispositivo.

Devido ao processo regulamentatório sobre a utilização de Femtocélulas ter sido aprovado pela ANATEL somente no final do ano de 2013, parte do projeto envolvendo os testes práticos com femtocélulas não pôde ser concluído, pois nenhuma das operadoras móveis consultadas, até a etapa de finalização do trabalho, havia demonstrado real interesse em fornecer os equipamentos e serviços num curto espaço de tempo. Nas grandes capitais do país, a exemplo de São Paulo e Rio de Janeiro, testes pontuais já estão sendo realizados com a utilização de femtocélulas e os resultados obtidos tem sido satisfatórios, de acordo com informações obtidas no site da TELECO. Em países europeus e norte-americanos o uso de femtocélulas tem crescido consideravelmente, é através das referências dos estudos e testes das empresas desenvolvedoras desses países que é obtida a maior parte das informações e aplicações de sucesso de redes femtocell, servindo também de modelo para a implantação e regulamentação das normas que foram aprovadas no Brasil.

As principais prestadoras móveis brasileiras afirmaram que em breve os produtos estarão disponíveis para comercialização em todo território nacional.

5.1 Trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros está a implementação da proposta, na sede da Empresa Alfa, considerando que houve a identificação da real necessidade para a aplicação do projeto. Os resultados computacionais e as informações obtidas servirão de embasamento para que as diretivas de instalação em pontos adequados possam ser concluídas e haja um melhor aproveitamento e distribuição do sinal pelas áreas deficientes.

Ainda futuramente há a possibilidade de melhorias e adaptações do projeto para outras realidades.

Anexo A – Consulta Pública: Nº 53 - Norma para Uso de Femtocélulas em Redes do SMP ou do SME / ANATEL 2011-2012

1. Objetivo e abrangência

1.1. Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições de uso do equipamento designado como Femtocélula nas redes do Serviço Móvel Pessoal - SMP ou do Serviço Móvel Especializado - SME.

2. Definições

2.1. Aplicam-se, para os fins desta Norma, as seguintes definições:

2.1.1

2.1.1. Área de Cobertura da Femtocélula: área geográfica restrita aos limites da propriedade do Usuário de Femtocélula onde foi designada sua instalação, na qual Estações Móveis podem ser atendidas por uma Femtocélula;

2.1.2

2.1.2. Conexão de rede fixa: serviço de acesso em banda larga fixa;

2.1.3

2.1.3. Estação Móvel: estação de telecomunicações do SMP ou do SME que pode operar quando em movimento ou estacionada em lugar não especificado;

2.1.4

2.1.4. Femtocélula: equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, componente acessório da rede do SMP ou do SME, autoconfigurado e gerenciado pela Prestadora de SMP ou de SME, para operação de radiocomunicação com Estações Móveis com utilização de conexão de rede fixa;

2.1.5

2.1.5. Usuário de Femtocélula: Usuário do SMP ou do SME que celebra contrato de uso da Femtocélula com Prestadora do SMP ou SME;

2.1.6

2.1.6. Modo Aberto de operação da Femtocélula: modo de operação em que quaisquer Estações podem ser atendidas por uma Femtocélula;

2.1.7

2.1.7. Modo Fechado de operação da Femtocélula: modo de operação em que somente Estações Móveis previamente cadastradas e habilitadas na Femtocélula podem ser por ela atendidas.

3. Características Gerais das Femtocélulas

3.1. A Femtocélula é equipamento de radiocomunicação de radiação restrita e opera em

caráter secundário, portanto não deve gerar interferência prejudicial de forma a deteriorar a comunicação dos usuários do SMP, SME e de outros serviços de telecomunicações, que operam em caráter primário, nem terá direito à proteção contra interferências prejudiciais, nos termos do Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências.

3.2

3.2. A Femtocélula deve ter a capacidade de detectar a presença de Estações Móveis, de Estações Rádio Base, Repetidores, Reforçadores e outras Femtocélulas, de modo a autoconfigurar seus parâmetros para prevenir a deterioração da comunicação dessas estações.

3.3

3.3. A Femtocélula deve ser gerenciada pela Prestadora de SMP ou de SME vinculada, que deve garantir a implementação das funcionalidades de, no mínimo, controle de potência, configuração de usuários, ativação e desativação da interface aérea.

3.3.1. O gerenciamento deve possibilitar monitoramento das alterações nas características de instalação, incluindo localização e meios de transmissão utilizados.

3.3.2. A Femtocélula deve emitir radiofrequência somente após a sua autenticação pela Prestadora de SMP ou SME vinculada.

3.3.3. A Femtocélula em operação deve estar vinculada a uma rede de Prestadora de SMP ou de SME, inviabilizando a construção de redes privadas de comunicação por meio da utilização de faixa de radiofrequências autorizadas.

3.4

3.4. A Femtocélula deve atender a regulamentação específica da Anatel sobre exposição humana a campos eletromagnéticos de radiofrequências.

3.5

3.5. A Femtocélula deve dispor de controle de acesso para permitir comunicação com Estações Móveis previamente cadastradas na Femtocélula.

3.6

3.6. Quando houver cobertura da Prestadora do SMP ou SME, ao se desconectar da área de cobertura da Femtocélula, a Estação Móvel deve continuar se comunicando, sem interrupção, com a rede da Prestadora do SMP ou SME.

3.7

3.7. As características operacionais, tais como limites de emissões intencionais e espúrias do transmissor de radiofrequências, bem como outras compulsórias na avaliação da conformidade técnica do produto, serão objeto de definição em regulamentos e normas específicas sobre Condição de Uso do Espectro e de Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações.

3.8

3.8. A Femtocélula deve possuir controle de acesso de modo a permiti-lo apenas à rede da Prestadora do SMP ou do SME à qual está conectada.

4. Instalação e Uso de Femtocélulas

4.1. A Femtocélula é caracterizada como equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, acessório da Rede de Telecomunicações da Prestadora de SMP ou de SME, sendo isento de cadastramento e licenciamento para instalação e funcionamento.

4.2

4.2. A prestadora de SMP ou de SME deve disponibilizar a Femtocélula mediante celebração de contrato com o Usuário de SMP ou de SME.

4.2.1. O contrato de uso da Femtocélula deve conter, dentre outras informações, as condições de uso do equipamento, da prestação do SMP ou do SME por meio da Femtocélula e da utilização da conexão de rede fixa pela Femtocélula, bem como os direitos e deveres do Usuário de Femtocélula e da Prestadora de SMP e de SME constantes desta Norma.

4.3

4.3. O Usuário de Femtocélula tem direito a:

4.3.1. Receber manual do equipamento e ser orientado quanto ao seu funcionamento, eventuais limitações e condições de serviço.

4.3.2. Receber todo o suporte necessário em caso de instalação, configuração, manutenção e substituição do equipamento por ela ofertado.

4.3.3. Comunicação segura, mesmo que sejam utilizados meios de terceiros.

4.3.4. Escolher o Modo de Operação da Femtocélula, Aberto ou Fechado, se for o responsável pelo fornecimento da conexão de rede fixa.

4.4

4.4. Constituem deveres do Usuário de Femtocélula:

4.4.1. Mantê-la em perfeitas condições de operação e dentro das especificações técnicas segundo as quais foram certificadas.
4.4.2. Mantê-la nas condições de operação estabelecidas pela Prestadora do SMP e do SME.

4.5

4.5. As Femtocélulas devem ser ofertadas somente pelas Prestadoras de SMP ou de SME.

4.6

4.6. Na hipótese de fornecimento da conexão de rede fixa pela prestadora de SMP ou de SME, deve ser adotado o Modo Aberto de operação da Femtocélula.

4.7

4.7. Além das outras obrigações decorrentes da regulamentação editada pela Anatel e aplicáveis a serviços de telecomunicações e, especialmente, ao SMP e SME, constituem deveres da Prestadora:

4.7.1. Assegurar que os meios de transmissão providos diretamente ou por terceiros, como

conexão de rede fixa, são adequados para prestação do SMP ou do SME.

4.7.2. Zelar para que a comunicação seja segura mesmo que sejam utilizados meios de terceiros, sem prejuízo das obrigações referentes à interceptação legal.

4.7.3. Ofertar serviços somente que façam uso de equipamentos cuja certificação seja expedida ou aceita pela Anatel, e realizar controle para que somente equipamentos devidamente certificados tenham acesso à sua rede.

4.7.4. Manter banco de dados com cadastro atualizado das Femtocélulas em uso ou instaladas em sua rede, com respectiva localização geográfica de instalação.

4.7.5. Permitir acesso à sua rede somente por Femtocélulas previamente cadastradas no seu banco de dados.

4.7.6. Manter sistema de gerência para controle das Femtocélulas em uso ou instaladas, incluindo a possibilidade de desativação remota da operação da Femtocélula.

4.7.7. Manter controle sobre a alteração de parâmetros de utilização da Femtocélula e atuar quando houver risco de prejuízo à qualidade de serviço do Usuário de Femtocélula e de outros Usuários do SMP, SME ou de outros serviços de telecomunicações que operam em caráter primário.

4.7.8. Dar todo o suporte necessário ao Usuário de Femtocélula em caso de necessidades de instalação, configuração, manutenção e substituição do equipamento por ela ofertado.

4.8

4.8. Caso o contrato para Prestação do SMP ou do SME seja rescindido, as Femtocélulas contratadas devem ser desativadas pela Prestadora do SMP ou do SME.

5. Sanções

5.1. A instalação e o uso de Femtocélulas estão sujeitos à fiscalização da Anatel, observadas as disposições legais e regulamentares pertinentes, devendo as Prestadoras do SMP ou do SME e os Usuários de Femtocélulas permitirem à Anatel livre acesso aos seus recursos técnicos e equipamentos.

5.2

5.2. A má utilização de Femtocélulas ou o não cumprimento dos dispositivos desta Norma sujeitará a Prestadora e/ou o Usuário de Femtocélulas às sanções previstas na regulamentação, incluindo a suspensão da utilização ou do fornecimento do equipamento.

6. Disposições finais e transitórias

6.1. As Prestadoras do SMP ou do SME são as responsáveis pela operação das Femtocélulas utilizadas nas subfaixas de radiofrequências para as quais detêm autorização de uso de frequências, incluindo instalação, manutenção e desativação, sem prejuízo da atuação da Anatel, a seu critério, em casos específicos.

6.2

6.2. As Prestadoras do SMP ou do SME têm a obrigação de zelar pelo uso adequado do espectro outorgado, inclusive por terceiros, tomando todas as providências cabíveis para coibir e prevenir situações em discordância com a regulamentação vigente.

6.3

6.3. A Anatel poderá, a qualquer momento, requerer às Prestadoras do SMP e do SME informações sobre o uso de Femtocélulas em suas redes.

Anexo B - Regulamentação para uso de Femtocélulas/ANATEL
Resolução Nº 624, de 30 de Outubro de 2013.

Ministério das Comunicações

GABINETE DO MINISTRO

PORTARIA Nº 274, DE 16 DE SETEMBRO DE 2013

O MINISTRO DE ESTADO DAS COMUNICAÇÕES, no uso da atribuição que lhe confere o art. 87, parágrafo único, inciso IV, da Constituição, e tendo em vista o que consta do Processo nº 53000.054895/2011, resolve:

Art. 1º Extinguir, a pedido da ESPORTE CLUBE RECREATIVO DE VILA MILANI, a partir de 28 de outubro de 2011, de acordo com o parágrafo único, do art. 9º do Regulamento do Serviço de Retransmissão de Televisão e do Serviço de Repetição de Televisão, ancilares ao Serviço de Radiodifusão de Sons e Imagens, aprovado pelo Decreto nº 5.371, de 17 de fevereiro de 2005, a autorização que lhe foi concedida, por meio das Portarias nº 492 e nº 493, de 6 de fevereiro de 1981, publicadas no Diário Oficial da União (DOU), de 19 de fevereiro de 1981.

Art. 2º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

PAULO BERNARDO SILVA

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
CONSELHO DIRETOR

RESOLUÇÃO Nº 624, DE 30 DE OUTUBRO DE 2013

Aprova o Regulamento para Uso de Femtocélulas em Redes do Serviço Móvel Pessoal, do Serviço Móvel Especializado e do Serviço de Comunicação Multimídia

O CONSELHO DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo art. 22 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, e pelo art. 35 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997,

CONSIDERANDO que, de acordo com o que dispõe o inciso VIII do art. 19, da Lei nº 9.472, de 1997, compete à Anatel administrar o espectro de radiofrequências e o uso de órbitas, expedindo as respectivas normas;

CONSIDERANDO que, de acordo com o que dispõe o inciso X do art. 19, da Lei nº 9.472, de 1997, compete à Anatel expedir normas sobre prestação de serviços de telecomunicações no regime privado;

CONSIDERANDO que, de acordo com o que dispõe o inciso XII do art. 19, da Lei nº 9.472, de 1997, compete à Anatel expedir normas e padrões a serem cumpridos pelas prestadoras de serviços de telecomunicações quanto aos equipamentos que utilizarem;

CONSIDERANDO as contribuições recebidas em decorrência da Consulta Pública nº 53/2012, de 10 de dezembro de 2012, publicada no DOU do dia 11 de dezembro de 2012;

CONSIDERANDO o constante dos autos do Processo nº 53500.017900/2011;

CONSIDERANDO a deliberação tomada em sua Reunião nº 718, realizada em 24 de outubro de 2013, resolve:

Art. 1º Aprovar o Regulamento para Uso de Femtocélulas em Redes do Serviço Móvel Pessoal, do Serviço Móvel Especializado e do Serviço de Comunicação Multimídia, na forma do Anexo a esta Resolução.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JOÃO BATISTA DE REZENDE
Presidente do Conselho

ANEXO

REGULAMENTO PARA USO DE FEMTOCÉLULAS EM REDES DO SERVIÇO MÓVEL PESSOAL, DO SERVIÇO MÓVEL ESPECIALIZADO E DO SERVIÇO DE COMUNICAÇÃO MULTIMÍDIA

CAPÍTULO I
DO OBJETIVO

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo estabelecer as características operacionais e as condições de instalação e de uso de Femtocélulas nas redes do Serviço Móvel Pessoal - SMP, do Serviço Móvel Especializado - SME e do Serviço de Comunicação Multimídia - SCM.

CAPÍTULO II
DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Aplicam-se, para os fins deste Regulamento, as seguintes definições:

I - Femtocélula: equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, acessório às redes do SMP, do SME e do SCM, autoconfigurável e gerenciado pela Prestadora, e que opera como estação fixa para a radiocomunicação com as estações dos Usuários;

II - Modo Aberto de Operação da Femtocélula: modo de operação em que quaisquer estações móveis e fixas de Usuários vinculadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM podem ser atendidas por uma Femtocélula; e

III - Modo Fechado de Operação da Femtocélula: modo de operação em que somente estações de Usuários vinculadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM previamente cadastradas e habilitadas na Femtocélula podem ser por ela atendidas.

CAPÍTULO III
DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E FUNCIONALIDADES

SEÇÃO I
DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

Art. 3º A Femtocélula, quando em operação, é considerada um elemento de rede, acessório à rede da Prestadora do SMP, do SME e do SCM a qual se vincula.

Parágrafo único. É vedada a utilização de Femtocélulas para a constituição de redes privadas de telecomunicações.

Art. 4º A Femtocélula é um equipamento de radiocomunicação de radiação restrita, conforme definido no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita, e opera em caráter secundário nas faixas de radiofrequência outorgadas à Prestadora do SMP, do SME ou do SCM a qual se vincula.

§ 1º A potência de pico máxima da Femtocélula, medida na saída do transmissor, não pode ser superior a 1 (um) Watt.

§ 2º A Femtocélula não deve provocar interferência prejudicial na comunicação dos Usuários do SMP, do SME, do SCM e de outros serviços de telecomunicações que operem em caráter primário, nem terá direito à proteção contra interferências prejudiciais, nos termos do Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências.

Art. 5º A Femtocélula, nos termos deste Regulamento, é isenta de licenciamento para instalação e funcionamento, sem prejuízo ao eventual licenciamento exigido pela regulamentação para as interfaces relacionadas à sua conexão de dados com a rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Art. 6º A Femtocélula é gerenciada pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM a qual se vincula.

§ 1º A Femtocélula deve possuir controle de acesso de modo que o gerenciamento remoto somente possa ser realizado pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

§ 2º O gerenciamento remoto deve possibilitar o monitoramento de alarmes, indicadores de qualidade, localização e conectividade, bem como o acesso e a configuração dos parâmetros e funcionalidades de operação da Femtocélula na rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM a qual se vincula.

Art. 7º A Femtocélula deve emitir radiofrequência somente após a sua autenticação pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula.

Parágrafo único. A Femtocélula deve desativar seus transceptores em caso de perda de conexão com a rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM a qual se vincula.

Art. 8º A Femtocélula deve atender aos limites da exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência, nos termos legais e regulamentares.

SEÇÃO II
DAS FUNCIONALIDADES

Art. 9º A Femtocélula deve dispor das seguintes funcionalidades: autoconfiguração de frequências, autoconfiguração de vizinhanças, restrição de mobilidade, controle de potência, configuração de usuários e ativação e desativação da interface aérea.

Parágrafo único. As funcionalidades mencionadas no caput serão definidas e especificadas nas normas para a certificação e homologação dos equipamentos.

Art. 10 A Femtocélula deve possuir a capacidade de detectar a sinalização proveniente de Estações Rádio Base, de Repetidores, de Reforçadores, de Estações Fixas e Móveis e de outras Femtocélulas, de modo a autoconfigurar seus parâmetros e permitir ajustá-los para prevenir a deterioração da comunicação dessas estações.

Art. 11 A Femtocélula deve dispor de controle de acesso capaz de limitar a radiocomunicação apenas às estações de Usuários previamente cadastradas e habilitadas na Femtocélula.

Art. 12 A Femtocélula deve possibilitar os processos de ressoleção e handovur, sem interrupção e modo transparente para os Usuários, quando houver cobertura da Prestadora do SMP ou do SME tecnicamente suficiente para assegurar a continuidade do serviço.

Art. 13 A Femtocélula deve possibilitar a interceptação, o monitoramento e o rastreamento de chamadas e Usuários, nos termos legais e regulamentares.

CAPÍTULO IV
DAS FORMAS DE USO

SEÇÃO I
DA EXPLORAÇÃO DIRETA

Art. 14 A Femtocélula pode ser utilizada pelas Prestadoras do SMP, do SME e do SCM, por iniciativa própria e conforme sua conveniência, para melhorar o desempenho e a cobertura de suas redes.

Parágrafo único. A instalação e a operação de Femtocélulas nas condições descritas no caput devem observar o estabelecido neste Regulamento e os condicionantes para o enquadramento da Femtocélula como equipamento de radiocomunicação de radiação restrita.

Art. 15 Em se tratando de exploração direta pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM, a Femtocélula deve adotar o Modo Aberto de Operação.

SEÇÃO II
DO FORNECIMENTO MEDIANTE CONTRATAÇÃO

Art. 16 O fornecimento da Femtocélula mediante contratação do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM ocorre de acordo com a conveniência e viabilidade da Prestadora.

§ 1º Somente as Prestadoras do SMP, do SME e do SCM podem oferecer a contratação de Femtocélula, que operará na rede da própria Prestadora.

§ 2º O fornecimento e a operação de Femtocélula mediante contratação do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM não serão onerosos para o Usuário.

§ 3º A conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM a qual se vincula, pode ser realizada à custa da própria Prestadora ou do Usuário, observadas as disposições deste Regulamento.

Direitos e condições contratuais

Art. 17 O Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM que contratar o fornecimento e a operação de Femtocélula tem direito a:

I - receber manual do equipamento e ser orientado quanto ao seu funcionamento, eventuais limitações e condições de serviço;

II - receber informações relativas ao consumo e à variação do desempenho da conexão de dados devido ao funcionamento da Femtocélula, caso a conexão ocorra às suas expensas;

III - receber informações relativas à variação do desempenho dos serviços disponibilizados pela Femtocélula devido às características da conexão de dados utilizada;

IV - receber o suporte necessário para a instalação, configuração, manutenção e substituição do equipamento a ele disponibilizado;

V - escolher o Modo de Operação da Femtocélula, ressalvada a hipótese prevista no art. 20;

VI - cadastrar os acessos habilitados ao atendimento por meio da Femtocélula, ressalvada a hipótese prevista no art. 20; e

VII - cancelar o contrato, não podendo ser responsabilizado por deficiência de cobertura, qualidade ou capacidade que eventualmente ocorram por conta da rescisão.

Art. 18 O contrato para o fornecimento e a operação da Femtocélula deve conter, dentre outras informações:

I - as condições de uso do equipamento;

II - as condições de utilização da conexão de dados para o funcionamento da Femtocélula, se for o caso;

III - os direitos e deveres constantes deste Regulamento; e

IV - as sanções por má utilização da Femtocélula, incluindo a suspensão da utilização ou do fornecimento do equipamento.

Art. 19 Caso o contrato para o fornecimento e a operação da Femtocélula seja rescindido, ela deve ser desativada e recolhida pela Prestadora do SMP, do SME ou do SCM.

Conexão de dados à rede da Prestadora

Art. 20 Caso a conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, seja fornecida pela própria Prestadora, deve ser adotado o Modo Aberto de Operação da Femtocélula.

Art. 21 Caso a conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, seja realizada à custa do Usuário, cabe a ele escolher o Modo de Operação da Femtocélula.

CAPÍTULO V
DAS RESPONSABILIDADES

Art. 22 A Prestadora do SMP, do SME ou do SCM é responsável pela operação das Femtocélulas utilizadas nas faixas de radiofrequência para as quais detém autorização de uso.

Parágrafo único. A Prestadora é responsável inclusive pela instalação, pelo suporte, pela manutenção e pela desativação, sem prejuízo da atuação da Anatel, a seu critério, em casos específicos.

Art. 23 No caso de fornecimento da Femtocélula mediante contratação, constitui dever do Usuário da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM manter a Femtocélula em perfeitas condições de operação e dentro das especificações técnicas segundo as quais foi certificada.

Parágrafo único. O fornecedor da conexão de dados, utilizada para interligar a Femtocélula à rede da Prestadora do SMP, do SME ou do SCM à qual se vincula, incorre nessas mesmas obrigações previstas no caput.

Art. 24 Além de outras obrigações decorrentes da regulamentação editada pela Anatel e aplicáveis aos serviços de telecomunicações e, especialmente, ao SMP, ao SME e ao SCM, constituem deveres da Prestadora:

I - certificar que a conexão de dados provida diretamente ou por terceiros é adequada para prestação do SMP, do SME ou do SCM por meio da Femtocélula;

II - definir os requisitos mínimos exigidos do meio de conexão de dados que garanta uma adequada prestação dos serviços e orientar os Usuários e eventuais provedores da conexão de dados acerca deles;

III - zelar para que a comunicação seja segura, ainda que a conexão de dados seja provida por terceiros, sem prejuízo das obrigações referentes à interceptação legal;

IV - disponibilizar e utilizar equipamentos cuja certificação seja expedida ou aceita pela Anatel, e realizar controle para que somente equipamentos devidamente certificados tenham acesso à sua rede;

V - permitir acesso à sua rede somente por Femtocélulas previamente cadastradas no banco de dados;

VI - manter sistema de gerenciamento e controle das Femtocélulas em uso ou instaladas, incluindo a possibilidade de desativação remota da operação da Femtocélula; e

VII - manter controle sobre a alteração de parâmetros de utilização da Femtocélula e atuar quando houver risco de prejuízo à qualidade de serviço dos Usuários do SMP, do SME, do SCM ou de outros serviços de telecomunicações que operam em caráter primário.

Art. 25 Constitui dever da Prestadora do SMP, do SME e do SCM manter, junto à Anatel, banco de dados com o cadastro atualizado das Femtocélulas em uso ou instaladas em sua rede, com respectiva localização geográfica de instalação.

Art. 26 É vedada a utilização de Femtocélulas para fins de atendimento das obrigações de cobertura definidas em editais de licitação e na regulamentação do SMP, do SME e do SCM.

Este documento pode ser verificado no endereço eletrônico http://www.in.gov.br/autenticidade.html, pelo código 00012013110400080

Documento assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2 de 24/08/2001, que institui a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil.

Anexo C – Especificações Técnicas: Gateway Celular Digital UTECH, modelo MGC-22E.

A interface celular Digital MGC-22E é a solução ideal para reduzir a conta de ligações celulares de sua empresa, possibilitando o acesso às mais baixas tarifas!

O Gateway Celular MGC-22E é ideal para a redução de custos nas ligações para celulares. Com a possibilidade de utilizar até 4 operadoras no mesmo dispositivo e a seleção automática de SIM Card, o MGC-22E permite explorar as melhores tarifas disponíveis no mercado.

De fácil instalação e configuração, o MGC-22E otimiza o gerenciamento das interfaces celulares, facilitando a manutenção e monitoração do tráfego de voz e dados. O MGC-22E se integra facilmente a plataformas abertas como Asterisk e Freeswitch, possibilitando a utilização das facilidades de um PABX VoIP.

O MGC-22E está integrado à portabilidade numérica (Full Mobile Number Portability) e pode ser adaptado aos principais serviços de portabilidade existentes no mercado. O equipamento também está integrado com a plataforma SIPPULSE (www.sippulse.com).

O MGC-22E é o único equipamento da categoria homologado com suporte à portabilidade numérica integrado.

- Quad-Band;
- Operação com até 4 operadoras (4 SIM cards);
- 2 chamadas simultâneas;
- Múltiplas chamadas por interface no modo multiparty (até 5 chamadas);
- Callback inteligente com vocalização do número destino;
- Callback integrado à Portabilidade Numérica (consulta a operadora antes de retornar a chamada);
- Callback com número único (o retorno da chamada é distribuído entre várias interfaces utilizando apenas um número para contato);
- Callback com configuração por usuário de horários permitidos para acesso ao sistema;
- Callback programável via SMS (retorna a chamada após o recebimento de um SMS com uma palavra chave configurável);
- Roteamento inteligente para chamadas entrantes (Call Through);
- Rediscagem automática programável;

- Compatível com SIP, IAX2 (Asterisk) e GTALK (Google Voice);
- Servidor SIP e SLA integrados;
- Tarifação e Sistema Pré-Pago integrados com monitoração em tempo real do custo das chamadas;
- Envio e recebimento de SMS via SIP, SMPP, AMI, GTALK, E-Mail e HTTP com taxa real de 40 SMS/minuto;
- Gerenciamento do tráfego de voz e dados (SMS) simultaneamente;
- Integração com interface AMI (Asterisk Manager Interface);
- Criptografia;
- Codecs: G.711A/U, G.723.1, G.729AB, G.726, iLBC, GSM-FR, L16, Speex, SILK -VAD, CNG e PLC;
- Detecção de caixa postal configurável;
- Detecção de chamadas a cobrar configurável;
- Bloqueio de chamadas DDD, DDI e para telefonia fixa configurável;
- Ajuste dos níveis de áudio;
- Gerenciamento/Monitoração do tráfego de voz e dados pela interface Web;
- Identificação e supressão do numero chamador;
- Seleção Manual ou Automática de Operadora / SIM Card;
- Integração com a portabilidade numérica com cache de consultas configurável;
- Vocalização da operadora utilizada;
- Configuração de prioridades das operadoras utilizadas na geração de chamadas;
- Configuração de operadoras utilizadas para telefonia fixa;
- Escalabilidade para criação de bancos de interfaces;
- Suporte a CDR e MDR (bilhetagem);
- Suporte de envio e recebimento de SMS via E-mail com TLS;
- Servidor e Cliente SMPP integrados;
- Indicação de alarmes cobertura GSM;
- Configuração via interface Web;
- 2 portas ethernet 10/100BASE-T - RJ45;

Lista de Abreviaturas e Siglas

1G – First Generation (Primeira Geração dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares)

2G – Second Generation (Segunda Geração dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares)

2,5G – Segunda Geração e meia dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares

3G – Third Generation (Terceira Geração dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares)

3GPP – Third Generation Partnership Project

3GPP2 – Third Generation Partnership Project 2

4G – Fourth Generation (Quarta Geração dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares)

ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line

AM – Amplitude Modulation (Modulação em Amplitude)

AMPS – Advanced Mobile Phone System (Sistema de Telefone Móvel Avançado)

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

BL – Banda Larga

BSC – Base Station Controller (Controlador da Estação Base)

BSS – Base Station System (Estação Base de Sistemas)

BTS – Base Transceiver Station (Estação Base Transceptora)

CCC – (Central de Comutação e Controle)

CCCH – Common Control Channel (Canal de Controle Comum)

CDMA – Code Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Código)

CLUSTER – Conjunto de Células

DCS – Digital Cellular System (Sistema Celular Digital)

dB – Decibel

dBi – Decibel isotrópico

dBm – dB em relação a 1mW

EDGE - *Enhanced Date Rates* For GSM Evolution (Taxas de Dados Ampliadas para a Evolução do GSM)

EM – Estação Móvel

ERB – Estação Rádio Base

FAP – Femtocell Access Point

FCCH – Frequency Correction Channel (Canal de Correção de Frequência)

FDMA – Frequency Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência)

FISTEL – Fundo de Fiscalização das Telecomunicações

FM – Frequency Modulation (Modulação em Frequência)

FSK – Frequency Shift Keying (Modulação por Chaveamento de Frequência)

GPRS – Generic Packet Radio System

GSM – Global System for Mobile (Sistema Global para Comunicações Móveis)

HPSA (e HPSA+) – High Speed Packet Access (ou Pacote de Acesso de Alta Velocidade)

HSUPA – High Speed Uplink Packet Access

IKEv2 – Internet Key Exchange

IMS – IP Multimedia Subsystem

IMT-2000 – International Mobile Telecommunications-2000

IPSec – IP Security Protocol (Protocolo de Segurança IP)

IS-54 – Interim Standard-54 (Padrão Interino-54)

IS-95 – Interim Standard-95 (Padrão Interino-95)

IS-136 – Interim Stardard-136 (Padrão Interino-136)

ISP – Internet Service Provider

MMS – Mensagem Multimídia

MS – Mobile Station (Estação Móvel)

MSC – Mobile Service Center (Centro de Serviço Móvel)

MSK – Minimum Shift-Keying (Chaveamento Mínimo)

NMS – Network Manager Center (Centro de Gerenciamento de Rede)

PCS – Personal Communication System (Sistema de Comunicação Pessoal)

PDC – Personal Digital Communications (Comunicação Digital Pessoal)

PLMN – Public Land Mobile Network (Redes Públicas Fixas de Telefonia Móvel)

QoS – Quality of Service (Qualidade de Serviço)

RF – Radio Frequency (Rádio Frequência)

S – Signal Power Transmitter (Potência do Sinal Transmitido)

SCH – Synchronization Channel (Canal de Sincronização)

SeGW – Gateway de Segurança

SIGAnatel – Sistema de Informações Geográficas da Agência Nacional de Telecomunicações

SIP – Session Initiation Protocol

SMC – Serviço Móvel Celular

SME – Serviço de Modo Especializado

SMP – Serviço Móvel Pessoal

SMS – Short Message Service (Serviço de Mensagens Curtas)

STD – Standards (Padrão)

TDMA – Time Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo)

UMTS – Universal Mobile Telecommunication System (Sistema de Telecomunicações Móveis Universal)

UTRAN – Terrestrial Radio Access Network

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

Referências Bibliográficas

AIRVANA - *Femtocell Technology*. Disponível em: <http://www.airvana.com/technology/femtocell-network-architecture/>. Acesso em 18 de Julho de 2013.

ALENCAR, M. S. - *Telefonia Celular Digital*. São Paulo: Érica, 2004.

ANATEL. *SIGAnatel - Sistema de Informações Geográficas.* Disponível em: <http://sistemas.anatel.gov.br/siganatel/>. Acesso em 10 de Dezembro 2013.

ANATEL. Edital - *Serviço Móvel Pessoal.* [S.l.], 2007.

ANATEL. *Consulta Pública: Nº 53*, 2011.

ANATEL. *Regulamentação para uso de Femtocélulas*. Resolução Nº 624, de 30 de Outubro de 2013.

DOLCERA. *Femtocells*. Disponível em: <http://www.dolcera.com/wiki/index.php?title=Femtocells>. Acesso em 22 de Agosto de 2013.

FEMTOFORUM. *About Small cells.* Disponível em: <http://www.smallcellforum.org/aboutsmallcells-small-cells-what-is-a-small-cell>. Acesso em: 16 de Agosto de 2013.

INPE. *Mapas de Declividade*. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/declividade.php>. Acesso em 03 de Dezembro 2013.

LIMA, A. G. M. - *Comunicações Móveis: Do Analógico ao IMT 2000*. Axcel Books do Brasil, 2003.

NEC. *Femtocell Access Point (FAP).* Disponível em: <http://br.nec.com/pt_BR/global/solutions/nsp/3g/products_and_solutions/prod_femtocell/index.html>. Acesso em 01 de Agosto de 2013.

RAPPAPORT, Theodore S. - *Comunicações sem fio: Princípios e Práticas* 2.ed. / São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SANTOS, R. Di L. - *Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS.* Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html>. Acesso em 25 de Novembro de 2013.

SVERZUT, J. U. - *Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Uma Evolução a caminho da terceira geração (3G).* São Paulo: Érica, 2005.

TELECO. *Tutoriais sobre Telefonia Celular - Femtocell*. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfemto/pagina_1.asp>. Acesso em 15 de Julho de 2013.