

---

# Melhores Práticas para a Implantação de Estações Rádio Base

---





---

# **Melhores Práticas para a Implantação de Estações Rádio Base**

---

Aprovado em reunião de Diretoria do  
SindiTelebrasil em 06 de setembro de 2013.

# Relatório Técnico/Consultoria

PD. 33.10.63A.0061A-RT02-AB

## Melhores Práticas para a Implantação de Estações Rádio Base



**Ciente:** SINDITELEBRASIL

**Contato:** Mauro Luis Teixeira Ceia

**E-mail:** mauro.teixeira@sinditelebrasil.org.br

**Endereço:** SCN Quadra 01 Bloco F  
Ed. América Office Tower Salas 801/810  
Brasília - DF - 70.711 - 902

**Fone:** (61) 2105-7455 / (61) 9253-4602

**Fax:** (61) 2105-7450

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Celeridade de aprovação das instalações e baixo impacto visual .....</b>	<b>8</b>
2.1	Definição dos eixos de análise .....	9
2.2	Diretrizes para a instalação de ERBs .....	12
2.3	Recursos para melhoria de aspecto visual .....	39
<b>3</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>Anexo I – Conceitos básicos de telefonia móvel .....</b>	<b>52</b>
4.1	A rede de telefonia móvel .....	52
4.2	Evolução da capacidade de tráfego e da quantidade de estações rádio base .....	56
4.3	Emissão de energia por ERBs e telefones celulares .....	60
<b>5</b>	<b>Referência bibliográfica .....</b>	<b>73</b>

---

## Prefácio do SindiTelebrasil

Na busca de Melhores Práticas para a implantação de infraestrutura de telecomunicações que permitam a expansão dos serviços com qualidade e o atendimento às demandas da população, o SindiTelebrasil se debruçou na elaboração deste documento, que traz orientações para que a instalação de antenas de telefonia celular esteja em harmonia com aspectos urbanísticos e históricos das cidades e com o desejo da população em ter acesso a um número cada vez maior de meios que facilitem o seu dia a dia, como são as telecomunicações.

O documento foi estruturado com base em estudo técnico elaborado pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), com ênfase no processo de licenciamento e na instalação de infraestrutura. A proposta é ter um modelo de ação colaborativa entre prestadoras de serviços móveis e o poder público, especialmente as prefeituras, para viabilizar a expansão das redes e a prestação do serviço com qualidade.

O trabalho usou como referência práticas internacionais, em especial de cinco cidades de relevância turística ou importância para a preservação do patrimônio histórico: Barcelona, Londres, Nova York, Paris e Sydney.

Também foram consideradas as legislações que tratam do assunto no Brasil em âmbito federal, estadual e municipal, além de manifestações do Executivo, Legislativo, Ministério Público e sociedade civil. No País, existem 250 leis restritivas que dificultam e muitas vezes impedem a expansão da infraestrutura, comprometendo em alguns casos a prestação dos serviços com qualidade.

A proposta das telecomunicações é fazer a expansão da infraestrutura usando novas técnicas de instalação de antenas, com menor impacto visual e mais integradas à arquitetura das cidades. As torres, postes, fachadas e topos de edifícios passarão a ter tratamento visual específico para cada situação, que permita uma espécie de disfarce para as antenas e a ocultação dos equipamentos acessórios.

Serão consideradas ainda características do local onde a antena será instalada, como áreas rurais, industriais, comerciais, residenciais, centros históricos, tombadas pelo patrimônio ou valor urbanístico e paisagístico, por exemplo. O documento também traz sugestões para dar agilidade ao processo de liberação de licenças para a instalação de antenas, com procedimentos simplificados e dispensa de licença para antenas de baixo impacto visual e que atendam a padrões pré-estabelecidos.

O SindiTelebrasil destaca, nesta iniciativa, o compromisso das prestadoras em atender às demandas da sociedade e o interesse em protagonizar o processo de inclusão social, com responsabilidade e sustentabilidade. Este documento mostra o amadurecimento do setor e a disposição em dialogar com as autoridades e garantir a expansão dos serviços em harmonia com o planejamento urbanístico e os sítios históricos das cidades.

Brasília, novembro de 2013.

SindiTelebrasil

Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal

---

## Prefácio do CPqD

Este documento com as Melhores Práticas para a Implantação de Estações Rádio Base foi idealizado pelo Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal (Sinditelebrasil) a partir da necessidade de estabelecer diretrizes e padronizações que permitam a expansão da infraestrutura que sustenta o serviço de telefonia móvel, garantindo com isso sua qualidade, confiabilidade e segurança e, conseqüentemente, a satisfação de seus clientes. Ao mesmo tempo, uma vez que essa expansão pode ter impactos visuais nos entornos das instalações, as diretrizes devem ser estabelecidas com o cuidado de minimizar ou evitar tais impactos. Dessa forma, a sociedade como um todo é beneficiada, por um lado, com a oferta de serviços eficientes, confiáveis e pautados no respeito aos direitos dos consumidores e aos espaços onde esses vivem, e, por outro lado, pela criação de um ambiente favorável à competitividade e ao planejamento de longo prazo das prestadoras do serviço.

Com esse objetivo, são propostas diretrizes que podem ser empregadas em quaisquer municípios, independentemente de já terem legislações que tratam essa questão, permitindo sua evolução no sentido de se adaptar às mudanças tecnológicas ou decorrentes das necessidades do setor.

Essas diretrizes resultam da observação da experiência internacional, por meio de estudo realizado pelo CPqD em cinco cidades [1], de onde se extraíram as melhores práticas e conceitos de diversas legislações. Entretanto, o resultado deste trabalho não é uma mera reprodução dos documentos apresentados, mas fruto de um esforço conjunto entre as equipes do Sinditelebrasil, das prestadoras de telefonia móvel e do CPqD para que este documento seja perfeitamente aderente à realidade brasileira.

Adota-se o conceito de instalações de baixo impacto visual, inspirado nas legislações da Austrália e do Reino Unido, que são aquelas que adotam restrições que minimizam os impactos visuais decorrentes da implantação dessa infraestrutura. Essas diretrizes pressupõem uma harmonização ao local onde estão inseridas, o que se dá em função da complexidade da estrutura, do tipo de *site* e do seu contexto geográfico (por exemplo, áreas rurais, industriais e comerciais). Em alguns casos, é necessária a utilização de recursos de integração visual aplicáveis a cada situação específica, tais como, a utilização de estratégias de camuflagem ou ocultação, também apresentada neste documento.

São sugeridos critérios objetivos de preservação da qualidade dos serviços prestados e de redução do impacto visual das ERBs, de modo complementar às legislações aplicáveis. Entre os critérios adotados está a classificação dos contextos urbanos, denominados espaços geográficos, que leva em conta a diversidade de *sites* passíveis de instalação de ERBs, o grau de sensibilidade do *site* à presença da ERB e, inclusive, possíveis fatores relacionados à comunidade em sua área de influência.

Finalmente, propõe-se a adoção de três diferentes processos de licenciamento das ERBs (padrão, simplificado e com dispensa de licenciamento) pelos órgãos administrativos competentes, que levam em consideração o impacto visual e o espaço geográfico dessas instalações. Por meio desses diferentes processos é possível agilizar a implantação da infraestrutura de telefonia móvel e, ao mesmo tempo, respeitar os espaços urbanos, sem prejudicar a qualidade do serviço oferecido pelas prestadoras e a comunidade.

Fundação CPqD  
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

## 1 Introdução

A evolução das redes móveis no Brasil, com a crescente demanda pelos serviços móveis e o advento de novas tecnologias, como as de terceira (3G) e quarta (4G) gerações, exige sua contínua expansão, de modo a garantir serviços seguros, confiáveis e de elevada qualidade aos seus usuários. Como consequência direta dessa expansão tem-se a necessidade do aumento na quantidade de Estações Rádio Base (ERBs) a serem instaladas.

Como, ao mesmo tempo, essa expansão poderia apresentar impactos visuais nos entornos das ERBs, o Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal (Sinditelebrasil) idealizou este documento de melhores práticas para a implantação de ERBs com o intuito de estabelecer um modelo de colaboração entre as empresas prestadoras de serviços móveis e os agentes das administrações públicas. Esse modelo baseia-se em diretrizes que permitem a expansão das redes dos serviços móveis e, ao mesmo tempo, reduzem os impactos visuais dessas instalações, de modo complementar às legislações aplicáveis.

Dessa forma, o benefício é generalizado, uma vez que os usuários terão à sua disposição serviços mais eficientes, pautados no respeito aos direitos dos cidadãos e ao ambiente onde vivem. Garante-se assim à sociedade a instalação de novas ERBs, necessárias à evolução dos serviços, visualmente integradas ao entorno, com a redução de impactos visuais. Além disso, estimula-se a competitividade das empresas e a possibilidade da execução de planejamentos técnicos e comerciais de longo prazo.

As diretrizes aqui estabelecidas se aplicam a todos os municípios brasileiros, tanto aos que não têm legislações que disciplinam essa questão, quanto àqueles que já as possuem, permitindo que se adequem às mudanças resultantes do desenvolvimento tecnológico e às necessidades do setor e da sociedade brasileira.

Essas diretrizes se fundamentam na experiência internacional, observada em trabalho realizado pelo CPqD [1], no qual são analisadas as legislações de cinco cidades, escolhidas devido a sua relevância turística ou de patrimônio histórico. Desse estudo, se extraíram as melhores práticas e alguns conceitos interessantes de suas legislações. Entretanto, as diretrizes não resultam de um simples agrupamento de fragmentos de regulamentações, guias, códigos ou documentos similares de outros países, mas sim da intensa colaboração entre as equipes do Sinditelebrasil, das prestadoras de telefonia móvel e do CPqD e do amadurecimento das questões estudadas para que este documento seja perfeitamente aderente à realidade brasileira.

Com o objetivo de estabelecer diretrizes particularizadas aos vários espaços urbanos, na Seção 2, adota-se o conceito de instalações de baixo impacto visual, proveniente de legislações da Austrália e do Reino Unido. Essas instalações atendem a restrições que visam à minimização de seus impactos visuais negativos e que passam pela harmonização ao local em que se inserem. Esta depende da complexidade das estruturas, da adoção de recursos de integração visual, do tipo de *site* utilizado e das características do espaço geográfico (por exemplo, áreas rurais, industriais e comerciais). São também exemplificadas algumas soluções de camuflagem e ocultação<sup>1</sup> para os diferentes locótipos de instalação.

---

<sup>1</sup> Na camuflagem, as antenas e os equipamentos, embora visíveis, se confundem com o fundo, como na imitação de texturas e cores de fachadas. Já as soluções de ocultação são aquelas em que equipamentos são abrigados no interior de estruturas preexistentes, como quando os cabos correm no interior do mastro que suporta as antenas ou os demais equipamentos são abrigados em recintos fechados (por exemplo, casa de máquinas) da edificação na qual está instalada a ERB.

Propõem-se também três diferentes processos de licenciamento das ERBs (padrão, simplificado e com dispensa de licenciamento) que podem ser incorporados pelos órgãos administrativos competentes. Esses processos levam em consideração o impacto visual e o espaço geográfico das instalações. Por meio desses diferentes processos é possível agilizar a implantação da infraestrutura de telefonia móvel e, ao mesmo tempo, respeitar os espaços urbanos, sem prejudicar a qualidade do serviço oferecido pelas prestadoras e a comunidade.

E dadas as implicações diversas do tema, uma reflexão sobre todo o trabalho desenvolvido e algumas considerações finais são feitas na Seção 3.

O documento contém ainda um anexo, na Seção 4, no qual se apresentam os conceitos básicos da telefonia móvel, em linguagem para não especialistas, com a intenção de favorecer uma compreensão básica dos sistemas e de sua constante evolução, desde o seu surgimento comercial.

## 2 Celeridade de aprovação das instalações e baixo impacto visual

Devido à necessidade crescente de implantação de novas ERBs em prazo reduzido, é cada vez mais importante a aplicação de padrões técnicos consistentes de instalação e que considerem também os impactos visuais, além dos requisitos já empregados para o bom atendimento do tráfego de voz e dados dos usuários e do controle de emissões de radiação não ionizante, por exemplo.

Em alguns países, tais como Reino Unido e Austrália, a legislação define o conceito de instalação de baixo impacto visual, que atende a diferentes restrições visando à redução dos efeitos visuais negativos das instalações de ERBs. Em muitos casos, quando as instalações se enquadram na categoria de instalação de baixo impacto visual, o processo de aprovação é facilitado [1].

Embora a legislação brasileira ainda não adote esse conceito, ele é aqui incorporado em razão de sua utilidade no estabelecimento de um ambiente regulatório que deve auxiliar na modernização da infraestrutura de comunicações móveis, que se reflete positivamente na qualidade do serviço oferecido, e que contribua para a redução do impacto visual das instalações de ERBs.

Por envolver muitos aspectos, a redução do impacto visual passa pela harmonização da infraestrutura ao ambiente onde está inserida e ocorre em função da complexidade da estrutura, da adoção de recursos de integração visual, do tipo de *site* utilizado e das características urbanas. Em síntese, devem ser adotadas estratégias diferenciadas em função do local de instalação da ERB e das exigências técnicas.

Com o propósito de canalizar essas estratégias, estabelecendo diretrizes de melhores práticas de engenharia que devem nortear as instalações e o licenciamento das ERBs, são propostos três eixos de análise:

- Espaços geográficos
- Infraestruturas de instalação (*sites*)
- Processos de licenciamento.

O conceito de espaço geográfico é adotado aqui para que seja possível o estabelecimento de limites adequados de impacto visual em conformidade com as características da área onde está a instalação. Desta forma, trabalha-se no sentido de diminuir o impacto visual, com maior cautela em áreas sensíveis e, por outro lado, evita-se onerar demasiadamente as instalações em locais com menor relevância urbanística ou que não necessitem de soluções diferenciadas.

Para se estabelecer diretrizes visando à redução do impacto visual deve-se considerar, além da adequação aos espaços geográficos, o tipo de *site* a ser utilizado para a instalação de ERBs. Por exemplo, a instalação em fachadas de edifícios deve ser mais criteriosa do que a instalação na cobertura de um edifício.

Como ocorre em outros países, propõe-se o estabelecimento de diferentes tipos de processos de licenciamento de ERBs, que levarão em conta as características técnicas do *site*, o impacto visual das instalações e o local de instalação. São eles:

- Processo de licenciamento padrão
- Processo de licenciamento simplificado
- Processo com dispensa de licenciamento

Em processo mais elaborado, definido como padrão, constariam especificações que dependeriam da avaliação dos interlocutores para sua aprovação, em decorrência de maiores exigências técnicas particularizadas ao atendimento adequado do serviço. No processo simplificado, constariam especificações que propiciam um atendimento adequado em termos de qualidade do serviço e de impacto visual. Finalmente, no processo com

dispensa de licenciamento, as especificações são ainda mais restritivas e incluem ERBs de pequeno porte<sup>2</sup> e baixo impacto visual, não se restringindo a essas.

A seguir, na Seção 2.1, são descritos cada um desses eixos e, em seguida, na Seção 0, são apresentadas as diretrizes para cada combinação desses três eixos. Como em muitas dessas diretrizes sugere-se a utilização de recursos para a harmonização das ERBs aos locais de instalação, apresentam-se na Seção 2.3 algumas técnicas que podem ser utilizadas para a redução do impacto visual da instalação de ERBs.

## **2.1 Definição dos eixos de análise**

Nesta seção, apresentam-se as definições dos espaços geográficos, da infraestrutura de instalação das ERBs (*sites*) e dos dois tipos de processos de licenciamento propostos.

### **2.1.1 Espaços geográficos**

O conceito de espaço geográfico concerne às características urbanísticas do local onde a ERB está inserida. Assim, em função da localização da estação, diferentes complexidades da estrutura são aceitáveis para sua caracterização como baixo impacto visual. São considerados os seguintes espaços geográficos:

- Industrial ou rural
- Residencial ou comercial
- Áreas de interesse especial
- Áreas e edifícios tombados ou históricos

Naturalmente que o universo de possibilidades não se limita apenas a esses espaços. O conceito de baixo impacto visual, foco de atenção dos atributos para a classificação, carrega de forma inerente uma subjetividade e, na prática, devem ser observadas diferenciações importantes em uma mesma categoria de espaço geográfico. A classificação traz em si expectativas dos atributos técnicos que decorrem da intensidade de tráfego, demandas por serviços específicos e área de abrangência de cada *site*. Consequentemente, também é possível a utilização de soluções diferenciadas para a diminuição do impacto visual, com variação do grau de eficácia, mas que cumpram seu propósito de forma coerente com as especificidades do local de instalação.

As definições desses espaços geográficos são as seguintes:

#### **Industrial ou rural**

O espaço geográfico industrial ou rural refere-se a regiões periféricas dos municípios com predomínio de atividades rurais, concentração de indústrias, estruturas de apoio ao transporte de carga, armazenagem e rodovias. Este espaço geográfico apresenta maior tolerância à presença da infraestrutura de telecomunicações de maior complexidade e altura, com menor necessidade de utilização de recursos de ocultação e camuflagem dos elementos visíveis das ERBs.

---

<sup>2</sup> As ERBs de pequeno porte são aquelas que apresentam dimensões físicas reduzidas, operam com potências limitadas, com áreas de cobertura menores e que são aptas a atender os critérios de baixo impacto visual, permitindo que:

- Os seus equipamentos sejam ocultos em mobiliário urbano, enterrados, instalados no interior de edificação, entre outros;
- Suas antenas sejam instaladas em postes de iluminação pública com cabos de energia subterrâneos, estruturas de suporte de sinalização viária, camuflados ou harmonizados em fachadas de prédios residenciais e/ou comerciais e no interior dos mesmos;
- Sejam utilizadas para prover ou aumentar a cobertura ou capacidade de tráfego no interior e/ou exterior de residências, escritórios, lojas, locais de grande concentração de usuários.

## Residencial ou comercial

O espaço geográfico residencial ou comercial é o mais comumente encontrado em ambientes urbanos em geral. Tal como sua nomenclatura sugere, refere-se a regiões urbanas com o predomínio de residências e/ou estabelecimentos comerciais. Nesse espaço admite-se a instalação de estruturas de complexidade moderada e estabelecem-se recomendações ponderadamente limitantes para o emprego de torres, mastros e postes, bem como para o posicionamento das estruturas em edifícios, seja no topo ou nas fachadas.

## Áreas de interesse especial

O espaço geográfico das áreas de interesse especial é referente aos locais de grande interesse público, com elevado valor urbanístico, paisagístico, turístico e/ou de beleza natural. Em geral, decorre da classificação feita por alguma das esferas da administração pública federal, estadual ou municipal. Engloba áreas tais como parques, orlas marítimas, orlas fluviais, orlas lacustres e áreas de preservação ambiental.

Essas áreas são mais restritivas com relação ao impacto visual decorrente da instalação de telecomunicações. Para este tipo de espaço geográfico são estabelecidas recomendações no sentido de diminuir a quantidade de elementos em exposição nas ERBs e de afastá-los do campo de visão do público em geral, onde se considera a aplicação de recursos de camuflagem e ocultação.

É importante ressaltar que, como este espaço geográfico inclui áreas de preservação ambiental e afins, devem-se observar primeiramente as restrições impostas pela legislação específica.

## Áreas e edifícios tombados ou históricos

O espaço geográfico referente às áreas e edifícios tombados ou históricos são aqueles definidos pelo IPHAN. Em alguns casos, pode incluir não apenas áreas e edifícios com tombamento formal, mas também aqueles que tenham um valor afetivo para a comunidade local. Esta definição engloba áreas como, por exemplo, os centros históricos de várias cidades brasileiras, que são compostos por ruas e monumentos de valor histórico e arquitetônico, muitos deles reconhecidos inclusive como Patrimônio da Humanidade pela Unesco, além de edifícios com valor histórico ou tombados, mas que se situem em áreas não protegidas ou tombadas.

Neste espaço, a instalação de ERBs deve sempre considerar as melhores alternativas técnicas, de modo que as intervenções tenham impacto visual mínimo, mediante a utilização de técnicas de camuflagem ou ocultação adequadas a cada instalação. Ainda, devem ser seguidas obrigatoriamente as normas estabelecidas pelo IPHAN e outros órgãos, quando aplicáveis.

### 2.1.2 Infraestrutura de instalação das ERBs

As ERBs podem ser instaladas em torres, postes, bancas de jornal, caixas d'água, topo de edifícios e nas suas fachadas. Para cada *site* se dá um tratamento diferente ao visar à redução de seu impacto visual. Esses *sites* podem ser classificados da seguinte maneira:

- *Street level* (no nível das ruas)
- *Rooftop* (em edificações)
- *Greenfield* (em estruturas específicas para telecomunicações)

Os *sites* tipo no nível das ruas (ou *street level*) são aqueles que se apoiam no mobiliário urbano, tais como, bancas de jornal, quiosques, lixeiras, postes de iluminação, entre outros, localizados em áreas e vias públicas apropriadas para a instalação de ERBs.

Já os *sites* do tipo *rooftop* são aqueles instalados em edificações, nos quais as antenas podem ser instaladas no topo (cobertura), beiral e fachada enquanto que os equipamentos podem ser localizados no topo, no interior ou na área externa da edificação, sendo combinados de acordo com as necessidades técnicas.

Finalmente, os *sites* do tipo *greenfield* são aqueles nos quais a prestadora instala a ERB em torres ou postes, ou ainda aproveita uma infraestrutura preexistente, como por exemplo, caixas d'água, torres de televisão, entre outros.

### 2.1.3 Processos de licenciamento

A exemplo do que ocorre em outros países, para se obter uma maior celeridade propõe-se o estabelecimento de diferentes tipos de processos de licenciamento de ERBs. Estes processos levarão em conta os aspectos técnicos necessários à prestação de um serviço de elevada qualidade e menor impacto visual das instalações, aderentes às legislações aplicáveis:

- Processo de licenciamento padrão
- Processo de licenciamento simplificado
- Processo com dispensa de licenciamento.

O primeiro, denominado licenciamento padrão, estabelece diretrizes consideradas necessárias e suficientes para disciplinar a instalação de ERBs nos municípios, as quais, como discutido acima, variam dependendo do tipo de *site*. Entretanto, dada a complexidade técnica, deve-se garantir simultaneamente os compromissos de qualidade sistêmica e respeito aos critérios ambientais e urbanísticos.

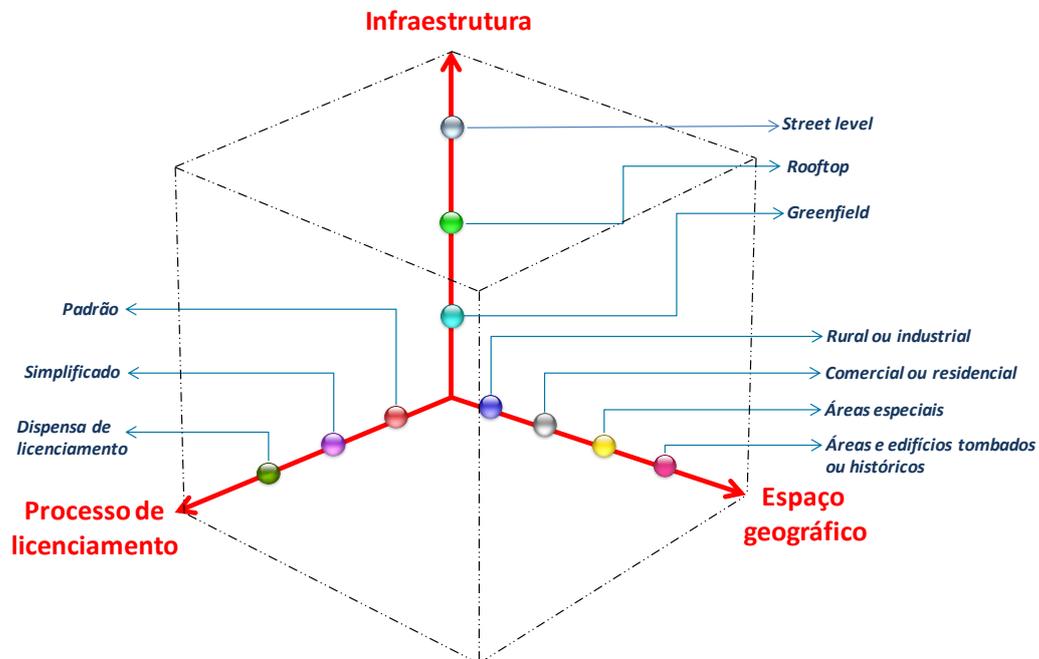
Já o processo de licenciamento simplificado seria aquele aplicável às ERBs que em seu projeto original preserva a qualidade do serviço e atendem de forma rigorosa e restritiva às diretrizes para a redução do impacto visual das instalações. E, uma vez comprovado que o projeto de instalação atende a essas diretrizes adicionais, caracterizadas por suas especificações técnicas, sua aprovação pela municipalidade estaria sujeita a um trâmite mais rápido e simplificado, justamente por conta do menor impacto da ERB. Esse trâmite simplificado incluiria a possibilidade de dispensa de apresentação de alguns documentos ou licenças, o que tornaria mais rápido e efetivo o processo de licenciamento.

Propõe-se ainda que, em algumas situações, haja a dispensa de licenciamento para a instalação de ERBs que atenderem a padrões preestabelecidos, definidos em conjunto com a administração municipal, e mais rigorosos do que aqueles estabelecidos no processo de licenciamento simplificado. A dispensa, entretanto, não significa que essas instalações não estarão sujeitas a uma avaliação, apenas que esta ocorrerá *a posteriori*. A dispensa de licenciamento significa o desembaraço mais rápido e efetivo das instalações em situações específicas, exigindo apenas uma comunicação prévia à Prefeitura.

As condições para que a instalação possa adotar o processo simplificado ou com dispensa de licenciamento são estabelecidas segundo o espaço geográfico e tipo de *site* utilizado. Por exemplo, para se enquadrar a instalação de uma ERB na orla do bairro de Ipanema ("Áreas de interesse especial") na fachada de uma edificação (*site rooftop*) no processo de licenciamento simplificado, essa ERB deve atender a diretrizes mais rigorosas do que uma instalação na fachada de uma edificação (*site rooftop*) localizada em uma área industrial.

## 2.2 Diretrizes para a instalação de ERBs

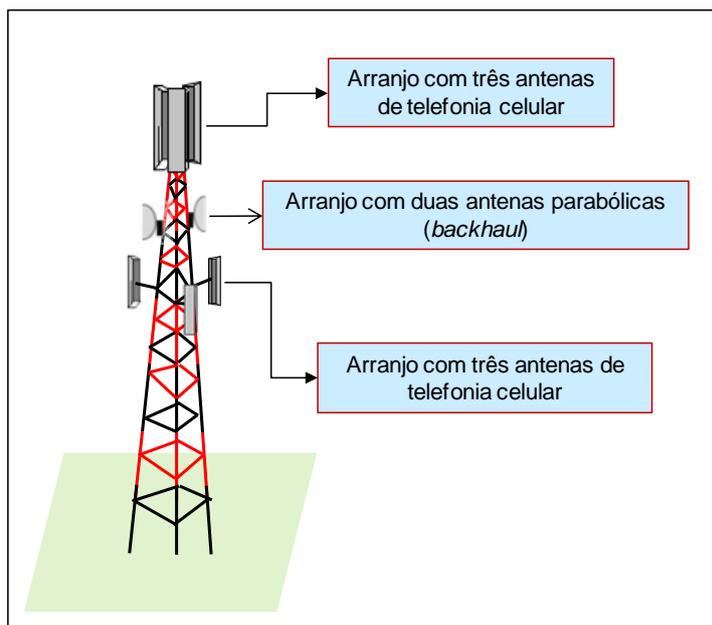
Como mencionado, com o propósito de estabelecer diretrizes que devem nortear as instalações e o licenciamento das ERBs, são propostos três eixos de análise: espaços geográficos, infraestruturas de instalação (*sites*) e processos de licenciamento, conforme Figura 1.



**Figura 1 : Eixos de análises**

Considerando simultaneamente os limiares desses três eixos definem-se diferentes diretrizes para a instalação de ERBs.

O impacto visual está fortemente relacionado à complexidade da estrutura, que por sua vez é função da quantidade de elementos de antenas e de arranjos de antenas e equipamentos, dimensões dos seus elementos, entre outros. Dessa forma, limitando-se a combinação de diferentes diretrizes relativas aos elementos, por conseguinte, limita-se o impacto visual da instalação de ERBs. Na Figura 2 ilustram-se exemplos de arranjos de antenas de telefonia móvel e *backhaul* instalados em diferentes níveis.



**Figura 2: Exemplo de site com diferentes arranjos de antenas**

A seguir, apresentam-se as diretrizes particularizadas para cada um dos espaços geográficos.

### 2.2.1 Espaço geográfico industrial ou rural

Pelo fato de se caracterizar por regiões com predomínio de atividades rurais, concentração de indústrias, estruturas de apoio ao transporte de carga, armazenagem e rodovias, este espaço geográfico apresenta uma maior tolerância à presença perceptível da infraestrutura de telecomunicações de maior complexidade e altura. Logo, sugere-se que para este espaço geográfico sejam adotados apenas dois processos de licenciamento: o simplificado e aquele com dispensa de licenciamento.

No processo simplificado, seriam adotadas apenas as restrições impostas pelas legislações municipal, estadual e federal, quando aplicáveis, com a possibilidade de dispensa de apresentação de alguns documentos ou licenças, o que permite que a instalação de ERBs ocorra mais rapidamente.

Quando se tratar de estruturas de pequeno porte, temporárias, internas, instaladas em estruturas pré-existentes e que não alterem o local de instalação poder-se-ia dispensar o licenciamento. As diretrizes para isso são as seguintes.

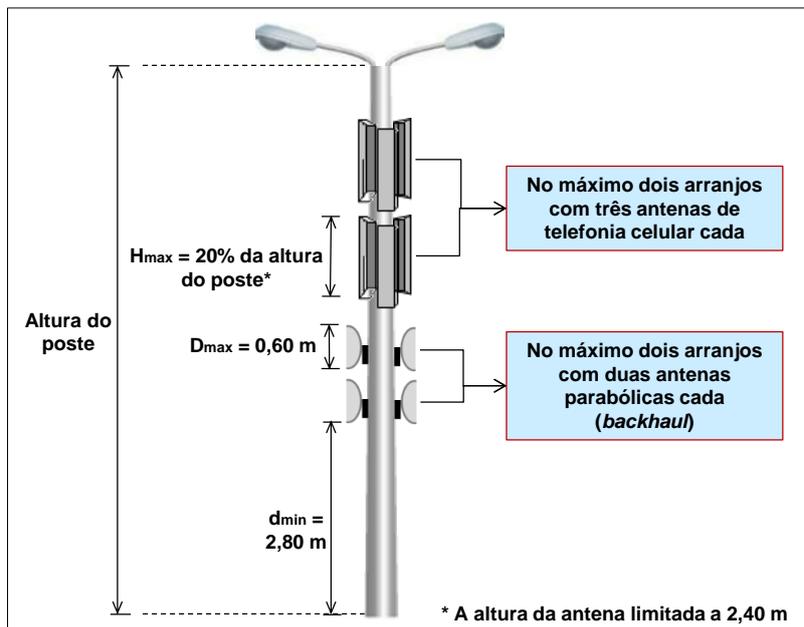
#### Dispensa de licenciamento

- **Sites do tipo *street level***

A instalação em postes é dispensada de licenciamento quando se tratar de, no máximo, dois arranjos com até três antenas em cada. A altura das antenas deve ser no máximo 20% da altura do poste, limitada a 2,40 m.

Os equipamentos e cabos devem ser ocultos ou camuflados e, se tecnicamente viável, deve-se adotar soluções ocultáveis para o *backhaul*. Caso não seja, devem-se adotar no máximo dois arranjos com duas antenas, excluindo as antenas de telefonia celular. Essas antenas devem ter diâmetro máximo de 0,60 m. Ainda, a distância mínima do solo à base do primeiro elemento instalado no poste deve ser igual a 2,80 m.

A Figura 3 ilustra os limites máximos para que um *site* do tipo *street level* (poste de iluminação) possa ser dispensado do licenciamento quando no espaço geográfico industrial ou rural.



**Figura 3: Limites para a dispensa de licenciamento em postes de iluminação (*street level* - industrial/rural)**

Quando se tratar de outros *sites* do tipo *street level*, admite-se apenas a instalação de uma antena de telefonia celular por mobiliário urbano com altura máxima igual a 1,80 m. Os equipamentos devem ser ocultos ou camuflados e as soluções de *backhaul* devem ser ocultáveis.

- **Sites do tipo rooftop**

Para a dispensa de licenciamento em *sites* do tipo *rooftop* deve-se atender a um limite máximo de estruturas de sustentação (mastros) a serem instaladas. Esse limite se define em função da área da cobertura ( $A_{rooftop}$ ) e do local de instalação (fora do beiral, no beiral ou na fachada):

- Fora do beiral (sobre a cobertura)

Se  $A_{rooftop} > 100 \text{ m}^2$ , o limite máximo de mastros ( $N_{max}$ ) é dado pela expressão:

$$N_{max} = \left\lceil \frac{A_{rooftop}}{100} \right\rceil,$$

onde  $\lceil . \rceil$  indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante. Por exemplo, se  $A_{rooftop} = 150 \text{ m}^2$ , o resultado dessa expressão é 1,5. Logo o limite máximo de mastros é 2.

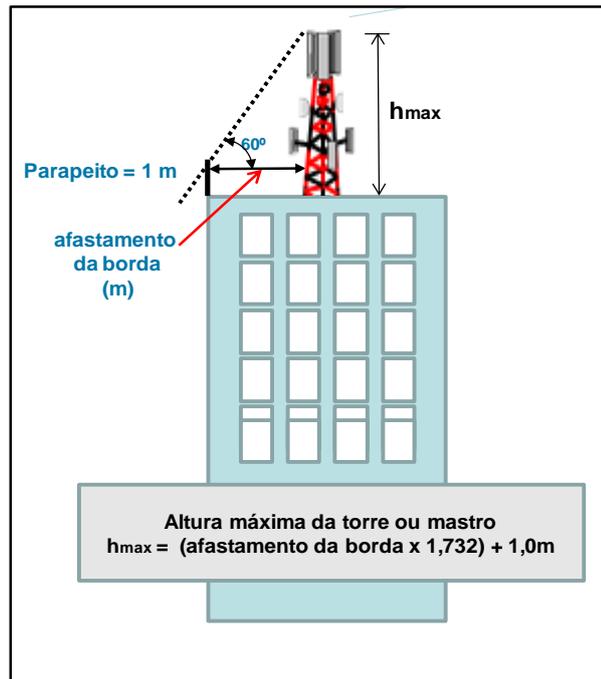
Se  $A_{rooftop} \leq 100 \text{ m}^2$ , admite-se uma única estrutura de sustentação.

Ainda, a distância horizontal mínima entre os mastros deve ser de 6 m, de modo a evitar que todos fiquem concentrados em uma mesma área, o que causaria um impacto visual maior.

A altura desses mastros é dada em função do cone de obstrução visual, conforme Figura 4. A equação que define essa altura  $h$  (em metros) é:

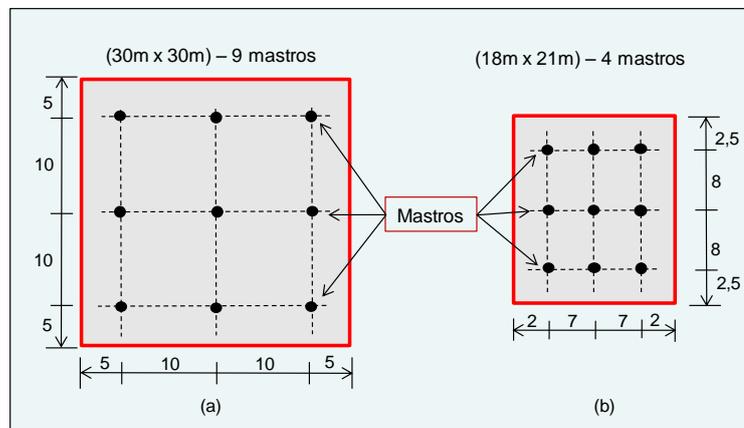
$$h = (\ell \times 1,732) + 1,0,$$

onde  $\ell$  é a distância (afastamento) do mastro à borda (m).



**Figura 4: Altura do mastro para instalação em *sites rooftop* (industrial/rural)**

A Figura 5 ilustra dois exemplos de como é possível distribuir os mastros em *rooftop* quando instalados fora do beiral.



**Figura 5: Exemplo de distribuição de mastros em *rooftop* fora do beiral para a dispensa de licenciamento**

- Sobre o beiral

O limite máximo de estruturas de sustentação ( $N_{max}$ ) que podem ser instaladas sobre o beiral é função do comprimento da face da edificação em metros ( $l$ ) na qual se encontra o beiral e é dado pela expressão:

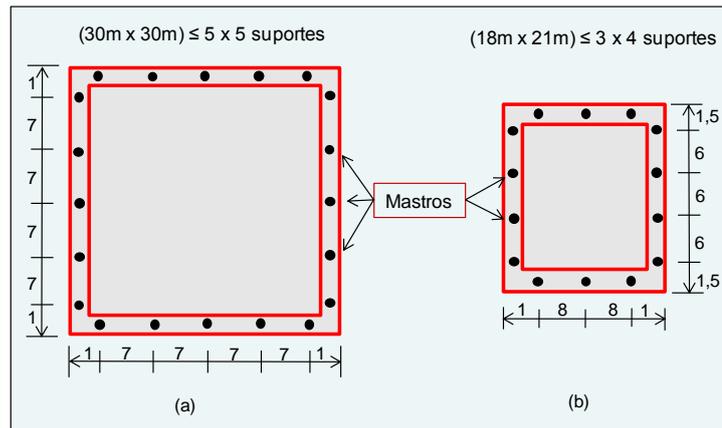
$$N_{max} = \left\lceil \frac{l}{6} \right\rceil,$$

onde  $\lceil \cdot \rceil$  indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante.

Por exemplo, se  $l = 10$  m, o resultado dessa expressão é 1,67. Logo o limite máximo de estruturas de sustentação nessa face da edificação é 2. Se  $l \leq 6$  m, adotar apenas uma estrutura de suporte.

A distância horizontal mínima entre as estruturas de sustentação deve ser 6 m e o afastamento entre os suportes em faces diferentes deve ser pelo menos 2 m. Essas distâncias são necessárias para se evitar esses mastros fiquem concentrados em uma mesma área da cobertura.

A Figura 6 ilustra dois exemplos de distribuição de estruturas de suporte que respeitam essas distâncias mínimas.



**Figura 6: Exemplo de distribuição de mastros em rooftop sobre o beiral para processo com dispensa de licenciamento**

Para diminuir o impacto visual, a altura máxima das estruturas de sustentação, incluindo a antena, é de 1 m.

- Na fachada

É permitida a instalação de antenas na fachada, desde que a distância mínima do solo à base do primeiro elemento seja de 2,80 m. Além disso, a distância horizontal entre as antenas não pode ser inferior a 6 m e nos cantos, a distância horizontal total entre as antenas instaladas em faces diferentes da fachada do edifício não pode ser inferior a 2 m. Ainda essas antenas devem ser alinhadas pela sua base.

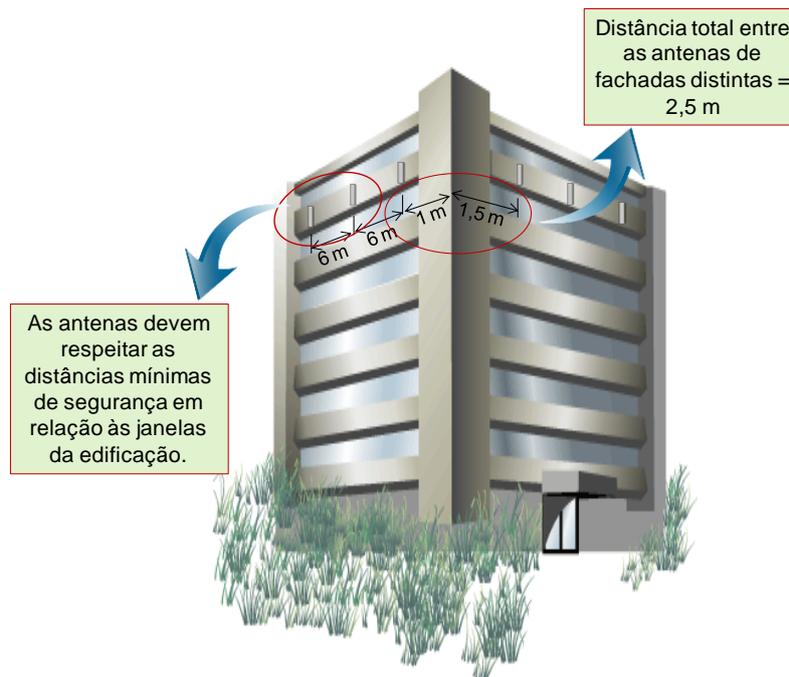
Dessa restrição, resulta que a quantidade máxima de antenas instaladas em cada face da fachada é dada pela expressão:

$$n_{max} = \left[ \frac{l}{6} \right],$$

onde  $[.]$  indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante.

As antenas, quando instaladas na fachada, devem estar a ela harmonizadas.

A Figura 7 ilustra um exemplo de antenas instaladas em fachadas distintas de um edifício.



**Figura 7: Exemplo de atendimento da distância mínima entre antenas na fachada de um edifício para dispensa de licenciamento**

Para todos os mastros, independentemente de estarem instalados no beiral ou fora dele, há um limite máximo de um de arranjo com três antenas por mastro, excluindo os arranjos de antenas parabólicas do *backhaul*.

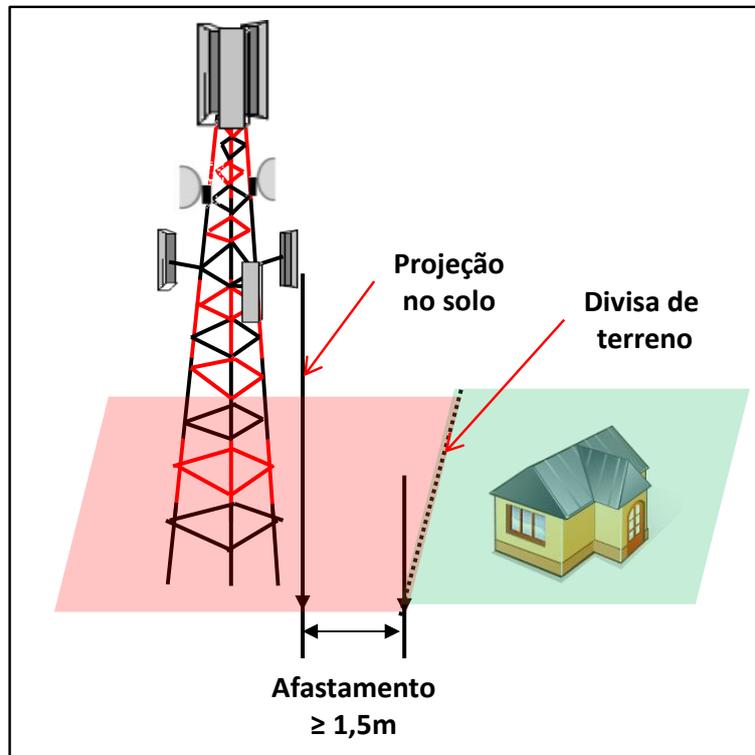
Com relação a equipamentos, se os bastidores estiverem aparentes, sua dimensão maior, seja ela altura, largura ou profundidade, não deve ultrapassar 2,20 m, e as demais não devem exceder 0,80 m. Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação de dimensões. No máximo três bastidores de equipamentos são admitidos em cada *site*.

Os cabos devem estar organizados e fixados à estrutura de sustentação. Não é permitida a instalação de equipamentos nas fachadas e os cabos devem ser camuflados ou ocultos.

Quanto à infraestrutura de *backhaul*, utilizar no máximo um arranjo com duas antenas por mastro, quando instalada na cobertura e seu diâmetro não pode ultrapassar 0,60 m. Esse limite não inclui as antenas de telefonia móvel. Não é permitida a instalação de antenas parabólicas na fachada.

- **Sites do tipo *greenfield***

Permite-se a instalação de torres ou postes com altura máxima de 60 m, respeitando a distância horizontal mínima de 1,50 m da divisa do terreno, conforme Figura 8.

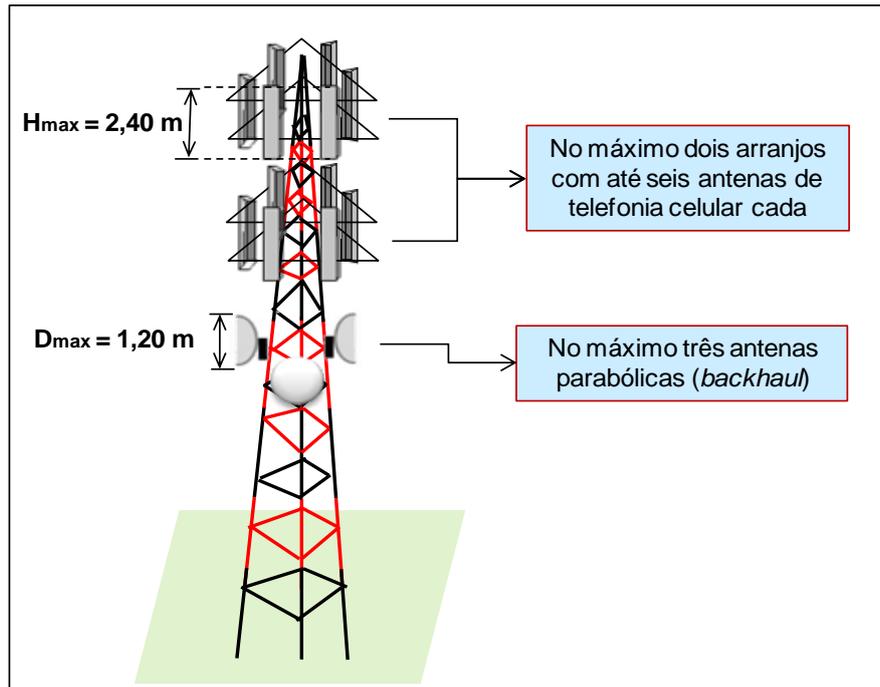


**Figura 8: Distância horizontal mínima à divisa de terreno em *sites greenfield***

Cada estrutura de sustentação deve conter no máximo dois arranjos com até seis antenas para a telefonia celular cada, com altura máxima de 2,40 m.

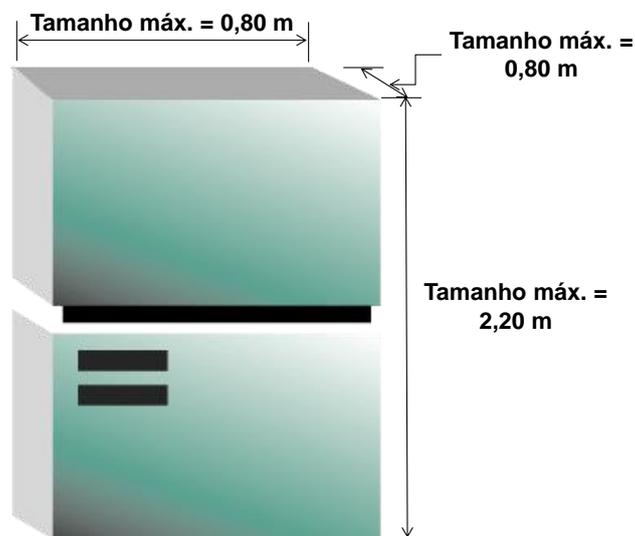
Para o *backhaul*, se tecnicamente viável adotar soluções ocultáveis. Caso não seja, serão admitidas apenas três antenas parabólicas com diâmetro máximo de 1,20m.

Na Figura 9 são ilustrados os limites máximos para que um *site* do tipo *greenfield* possa ser dispensado do licenciamento quando no espaço geográfico industrial ou rural.



**Figura 9: Limites para a dispensa de licenciamento em *sites greenfield* (industrial/rural)**

Além disso, com relação a equipamentos, se os bastidores estiverem aparentes, sua dimensão maior, seja ela altura, largura ou profundidade, não deve ultrapassar 2,20 m, e as demais não devem exceder 0,80 m, conforme Figura 10. Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação de dimensões. No máximo três bastidores de equipamentos são admitidos em cada *site*, e esses só podem ser instalados na base da estrutura de sustentação.



**Figura 10: Dimensões máximas dos equipamentos para dispensa de licenciamento em *sites greenfield* (industrial/rural)**

Os cabos devem ser organizados e fixados à estrutura, conforme Seção 2.3.

A Tabela 1 apresenta um resumo das diretrizes para esses dois processos de licenciamento e para os diferentes tipos *sites* (*street level*, *rooftop* e *greenfield*).

**Tabela 1: Instalação de ERBs em espaço geográfico industrial ou rural**

Espaço geográfico (tipo de <i>site</i> )	Industrial ou rural	
	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Street level</b>	<b>Antenas:</b> - Sem restrições quanto ao número de arranjos e antenas.	<b>Antenas:</b> <u>Em postes de iluminação:</u> - No máximo dois arranjos com até três antenas. - Altura máxima das antenas: 20% da altura do poste, limitada a 2,40 m. - Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m. <u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u> - Apenas uma antena. - Altura máxima da antena: 1,80 m.
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Sem restrições quanto ao número arranjos de equipamentos. - Cabos organizados.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Equipamentos ocultos.  - Cabos ocultos ou camuflados.
	<b>Backhaul:</b> - Sem restrições.	<b>Backhaul:</b> <u>Em postes de iluminação:</u> - Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis. Caso não seja, no máximo dois arranjos com duas antenas. - Diâmetro máximo da antena: 0,60 m. <u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u> - Soluções ocultáveis.

Espaço geográfico (tipo de site)	Industrial ou rural	
	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Rooftop</b>	<p><b>Estruturas de apoio (mastros) e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à altura da edificação.</li> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Quando instaladas na fachada, as antenas devem ser harmonizadas com o edifício.</li> </ul>	<p><b>Estruturas de apoio (mastros) e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à altura da edificação.</li> <li>- No máximo um arranjo com três antenas por mastro.</li> <li>- Altura máxima do mastro definida pelo cone de obstrução visual.</li> </ul> <p><u>Fora do beiral</u> (Figura 5):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se <math>A_{rooftop} &gt; 100 \text{ m}^2</math>, o limite máximo de mastros (<math>N_{max}</math>) é</li> </ul> $N_{max} = \left\lceil \frac{A_{rooftop}}{100} \right\rceil,$ <p>onde <math>\lceil . \rceil</math> indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante. Se <math>A_{rooftop} \leq 100 \text{ m}^2</math>, <math>N_{max} = 1</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distância horizontal mínima entre mastros: 6 m.</li> <li>- Altura dos mastros é dada pelo cone de obstrução visual (Figura 4).</li> </ul> <p><u>Sobre o beiral</u> (Figura 6):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O limite máximo de mastros por face é dado por</li> </ul> $N_{max} = \left\lceil \frac{l}{6} \right\rceil,$ <p>onde <math>l</math> é comprimento da face da edificação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distância horizontal mínima entre mastros: 6 m.</li> <li>- Distância horizontal mínima entre mastros em faces diferentes: 2 m.</li> </ul> <p><u>Na fachada:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O limite máximo de antenas (<math>n_{max}</math>) por fachada é dado por</li> </ul> $n_{max} = \left\lceil \frac{l}{6} \right\rceil,$ <p>onde <math>l</math> é comprimento da face da edificação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distância horizontal mínima entre antenas: 6 m.</li> <li>- Distância horizontal total mínima entre antenas em fachadas diferentes: 2 m (Figura 7).</li> <li>- As antenas devem ser harmonizadas com a fachada do edifício.</li> </ul>
	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos sem restrição de dimensões e quantidade.</li> <li>- Cabos organizados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se os bastidores estiverem aparentes, sua maior dimensão, seja ela altura, largura ou profundidade, deve ser no máximo de 2,20 m e as demais não podem exceder 0,80 m (Figura 10). Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação de dimensões.</li> <li>- Quantidade máxima de bastidores de equipamentos: 3.</li> <li>- Cabos organizados.</li> </ul>
	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar no máximo um arranjo com duas antenas em cada mastro.</li> <li>- Não é permitida a instalação de antenas parabólicas nas fachadas.</li> <li>- Diâmetro máximo da antena: 0,60 m.</li> </ul>

Espaço geográfico (tipo de site)	Industrial ou rural	
	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Greenfield</b>	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Permitida a instalação de torres e postes. - Sem limite de quantidade de antenas.	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Permitida a instalação de torres e postes de até 60 m de altura. - No máximo dois arranjos com até seis antenas em cada com altura máxima de 2,40 m. - Respeitar distância horizontal mínima de 1,50 m da divisa do terreno (Figura 8).
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Sem restrições quanto às dimensões dos equipamentos. - Cabos organizados.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Se os bastidores estiverem aparentes, sua maior dimensão, seja ela altura, largura ou profundidade, deve ser no máximo de 2,20 m e as demais não podem exceder 0,80 m (Figura 10). Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação de dimensões. - Quantidade máxima de bastidores de equipamentos: 6. - Cabos: organizados e fixados à estrutura.
	<b>Backhaul:</b> - Sem restrições	<b>Backhaul:</b> - Até três antenas por estrutura. - Diâmetro máximo das antenas: 1,20 m.

## 2.2.2 Espaço geográfico residencial ou comercial

Pelo fato de se caracterizar por áreas com predomínio de residências e/ou estabelecimentos comerciais, nesta tipologia de espaço geográfico admite-se a instalação de estruturas de complexidade moderada. Logo, sugere-se a adoção de três ritos de licenciamento – padrão, simplificado e com dispensa de licenciamento – e, respectivamente, das seguintes diretrizes.

### Licenciamento padrão

- **Sites do tipo *street level***

As estruturas de apoio devem contar com no máximo dois arranjos com até três antenas cada, as quais devem estar posicionadas próximas da estrutura e a ela integradas.

Pode-se também instalar até três arranjos de equipamentos fixados ao poste e os cabos, sejam de alimentação ou de transmissão, devem ser organizados e em harmonia com a estrutura onde estão instalados. Ainda, se tecnicamente viável<sup>3</sup>, deve-se adotar soluções ocultáveis para a infraestrutura do *backhaul*.

- **Sites do tipo *rooftop***

Nos *sites* do tipo *rooftop*, é possível instalar mastros e antenas sem restrição de altura ou quantidade e, ainda, a sua instalação é permitida independentemente da altura do edifício, desde que respeitada a legislação aplicável. Quando as antenas forem instaladas na fachada, deve-se ter a preocupação de harmonizá-las com o edifício. Algumas formas de harmonizar antenas às fachadas são apresentadas na Seção 2.3.

<sup>3</sup> A viabilidade técnica depende da capilaridade de fibras ópticas nas imediações da instalação.

Não há restrições para a instalação de equipamentos na cobertura. Já, os equipamentos e a infraestrutura para o *backhaul* dispensam camuflagem ou ocultação e não têm limites máximos de dimensões e quantidade. Em relação aos cabos de alimentação e transmissão estes não devem ser expostos na fachada e devem ser organizados em todo seu percurso até os equipamentos e antenas.

- **Sites do tipo *greenfield***

É permitida a instalação de torres ou postes com no máximo 60 m de altura. Ainda, a distância horizontal mínima da projeção no solo de qualquer elemento da estrutura vertical, com exceção da fundação, deve ser no mínimo de 1,50 m da divisa do terreno onde se situa, conforme Figura 8.

Não há restrição quanto às dimensões dos equipamentos, mas os cabos devem ser organizados e em harmonia com a estrutura de sustentação, conforme Seção 2.3.

### **Licenciamento simplificado**

- **Sites do tipo *street level***

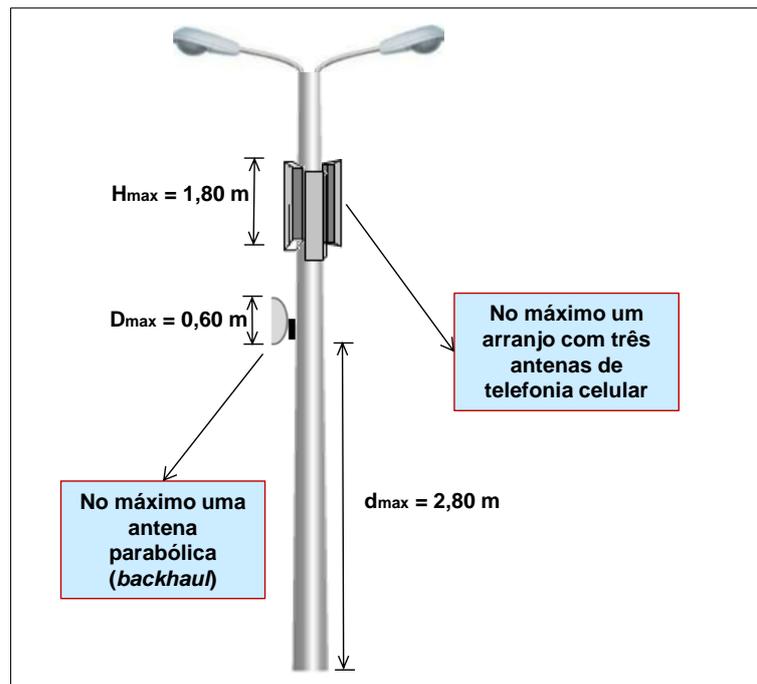
Quando a estrutura de apoio for um poste de iluminação, é permitida a instalação de no máximo um arranjo com até três antenas cada, as quais devem estar posicionadas próximas à estrutura e a ela integradas. A altura da antena deve ser no máximo igual a 1,80 m.

Os equipamentos devem ser ocultos, enquanto que os cabos podem ser ocultos ou camuflados.

Ainda, quando tecnicamente viável, devem ser adotadas soluções que permitam ocultar a infraestrutura do *backhaul*. Caso as soluções ocultáveis não sejam tecnicamente viáveis, deve-se utilizar apenas uma antena parabólica. O diâmetro máximo dessa antena deve ser de 0,60 m e a cor deve ser a mesma da estrutura de sustentação.

A distância do solo à base do primeiro elemento deve ser de no mínimo 2,80 m.

A Figura 11 ilustra um exemplo de antenas de telefonia celular e de *backhaul* instaladas em um poste de iluminação com os limites máximos admitidos para um *site* do tipo *street level* e processo de licenciamento simplificado, quando não é tecnicamente viável a solução ocultável para o *backhaul*.



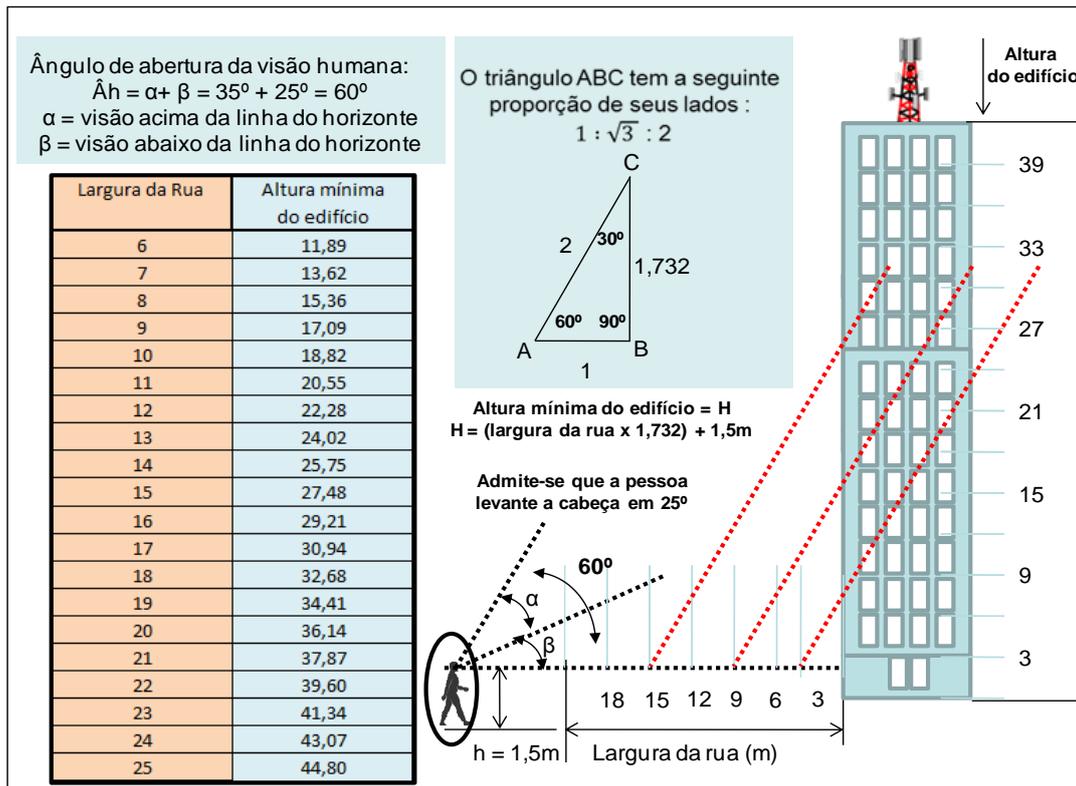
**Figura 11: Limites para o licenciamento simplificado em *sites street level* (residencial/comercial)**

Quando se tratar de outros tipos de mobiliário urbano, admite-se apenas a instalação de uma antena de telefonia celular com altura máxima igual a 1,80 m, por mobiliário urbano. Os equipamentos devem ser ocultos ou camuflados e as soluções de *backhaul* devem ser ocultáveis.

- **Sites do tipo rooftop**

Nos *sites* do tipo *rooftop*, dependendo da altura da edificação há restrições de instalação de mastros na cobertura. Não é permitida a instalação de mastros em edifícios com altura menor ou igual a H, a qual é calculada em função do ângulo de abertura do campo de visão humana e da largura da rua, conforme Figura 12. Já em edifícios com altura maior que H, a altura máxima do mastro é dada pelo cone de obstrução visual, conforme Figura 4.

Como os mastros não devem ultrapassar essa altura, não se estabelece um limite máximo para a quantidade de mastros sobre a cobertura. A quantidade de mastros é resultante do número necessário de antenas, conforme o planejamento de tráfego, dos sistemas operantes e do espaço disponível na cobertura.



**Figura 12: Altura mínima do edifício para a instalação de mastros**

Quando instaladas na fachada de uma edificação, as antenas devem ter dimensões reduzidas, ser discretas e harmonizadas com as cores e detalhes da fachada. Em alguns casos é necessário que a distribuição das antenas ao longo da fachada seja feita de modo a preservar simetrias e, quando possível, buscar alinhamento com elementos da arquitetura, conforme descrito na Seção 2.3.

Os equipamentos instalados no topo da edificação dispensam camuflagem ou ocultação e não têm restrição quanto às suas dimensões e quantidade, desde que se respeite a altura definida pelo cone de obstrução visual ou que sejam instalados internamente ao edifício, como, por exemplo, na casa de máquinas. Em relação aos cabos de alimentação e transmissão esses devem estar bem organizados.

Quanto à infraestrutura de *backhaul*, devem-se adotar soluções ocultáveis desde que viáveis tecnicamente. Caso isso não seja possível, as antenas parabólicas (sem limite de quantidade) só podem ser instaladas na cobertura. Nesses casos deve-se respeitar a limitação de altura definida pelo cone de obstrução visual, conforme Figura 4.

- **Sites do tipo *greenfield***

É permitida a instalação de postes com no máximo 30 m de altura e a distância horizontal mínima da projeção no solo de qualquer elemento da estrutura vertical, com exceção da fundação, deve ser no mínimo de 1,50 m da divisa do terreno onde se situa, conforme Figura 8.

Além disso, permite-se a instalação de até dois arranjos de antenas de telefonia celular com até seis antenas em cada nível. A altura máxima dessas antenas deve ser 2,40 m.

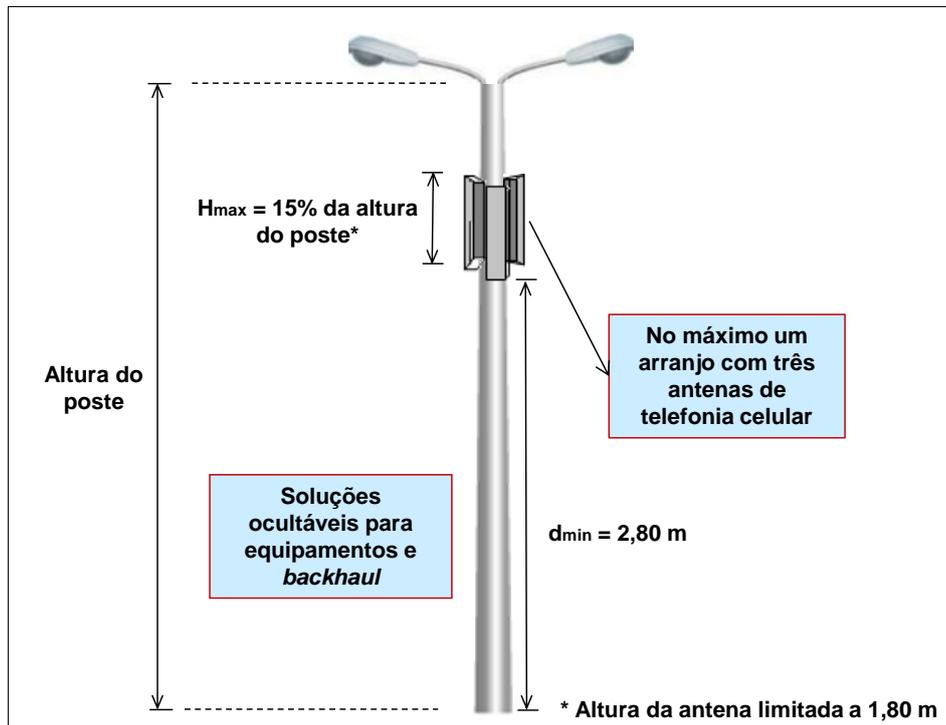
Neste tipo de espaço geográfico e processo de licenciamento, não há restrição quanto às dimensões dos equipamentos. Com relação aos cabos, quando instalados em postes devem estar ocultos ou camuflados.

Finalmente, se tecnicamente viável, devem-se adotar soluções para ocultar o *backhaul*. Caso essas soluções não sejam tecnicamente viáveis, deve-se utilizar um arranjo com no máximo três antenas (não incluídas aí as antenas de telefonia móvel), cujo diâmetro máximo não deve exceder 1,20 m. Esse conjunto deve estar sempre contido sob o cone de obstrução.

### Dispensa de licenciamento

- **Sites do tipo *street level***

Quando a estrutura de apoio for um poste de iluminação, é permitida a instalação de no máximo um arranjo com até três antenas, cuja altura ser no máximo 15% da altura do poste, limitada a 1,80 m. Adicionalmente, as antenas devem ser da mesma cor da estrutura de sustentação e a distância mínima do solo à base do primeiro elemento deve ser 2,80m, conforme Figura 13.



**Figura 13: Limites para a dispensa licenciamento em *sites street level* (residencial/comercial)**

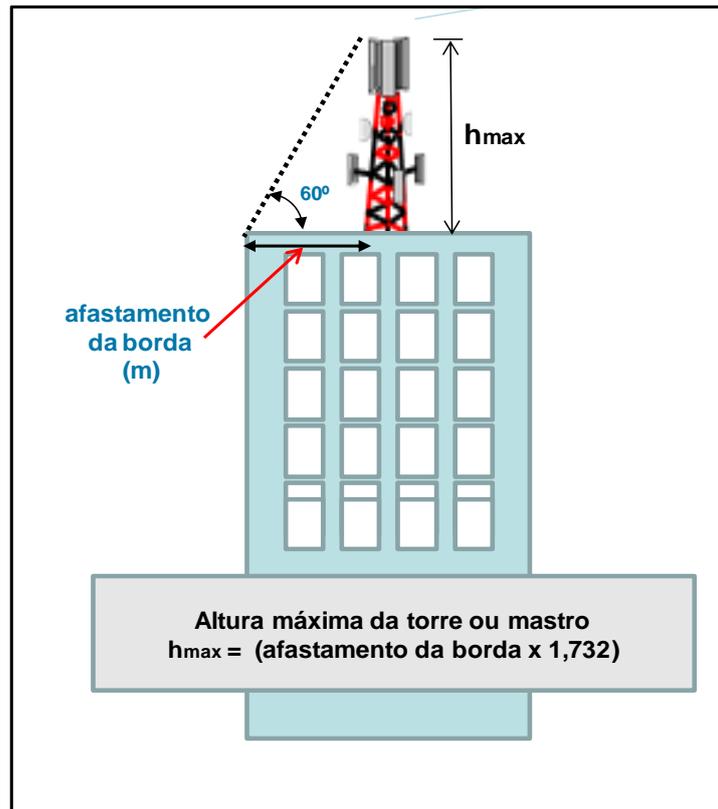
Quando se tratar de outros *sites* do tipo *street level*, admite-se apenas a instalação de uma antena de telefonia celular por mobiliário urbano com altura máxima de 0,70 m.

Independentemente do mobiliário urbano utilizado, seja poste de iluminação ou não, os equipamentos e cabos devem estar ocultos ou camuflados e as soluções de *backhaul* devem ser ocultáveis.

- **Sites do tipo rooftop**

Nos *sites* do tipo *rooftop*, não é permitida a instalação de mastros na cobertura em edifícios com altura menor ou igual a H, conforme Figura 12. Em edifícios com altura maior que H, a altura máxima do mastro (h) é definida pelo cone de obstrução visual, conforme Figura 14.

A quantidade máxima de estruturas de sustentação que podem ser instaladas na cobertura de um edifício se dá em função da área da cobertura ( $A_{rooftop}$ ) e seu local de instalação (fora do beiral, no beiral e na fachada):



**Figura 14: Altura do mastro para instalação em *sites rooftop* (residencial/comercial – dispensa de licenciamento)**

- Fora do beiral (sobre a cobertura)

Se  $A_{rooftop} > 100 \text{ m}^2$ , o limite máximo de estruturas de sustentação ( $N_{max}$ ) é dado pela expressão:

$$N_{max} = \left[ \frac{A_{rooftop}}{100} \right],$$

onde  $[\cdot]$  indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante. Por exemplo, se  $A_{rooftop} = 150 \text{ m}^2$ , o resultado dessa expressão é 1,5. Logo o limite máximo de estruturas de sustentação é 2.

Ainda, a distância horizontal mínima entre as estruturas de sustentação deve ser de 6 m, de modo a que fiquem distribuídos sobre a cobertura para minimizar o impacto visual decorrente de estarem todos concentrados em uma mesma área.

Se  $A_{rooftop} \leq 100 \text{ m}^2$ , admite-se uma única estrutura de sustentação.

- Sobre o beiral

Não é permitida a instalação de mastros e antenas sobre o beiral.

- Na fachada

O limite máximo de antenas instaladas na fachada é dado pela expressão:

$$n_{max} = \left[ \frac{l}{6} \right],$$

onde  $[\cdot]$  indica o menor inteiro superior ao valor fracionado resultante e a distância horizontal entre elas não pode ser inferior a 6 m. Nos cantos, a distância horizontal total entre as antenas instaladas em faces diferentes não pode ser inferior a 2 m. A Figura 7 ilustra um exemplo de antenas instaladas em fachadas distintas de um edifício, cuja distância entre elas é superior a esse limite.

Os equipamentos, quando instalados sobre a cobertura, devem estar contidos no cone de obstrução visual, conforme Figura 14. Sua instalação nas fachadas não é permitida.

Os cabos devem estar organizados e fixados à estrutura de sustentação quando forem instalados na cobertura, e devem estar ocultos ou camuflados quando na fachada.

Para o *backhaul*, adotar sempre soluções ocultáveis.

- **Sites do tipo *greenfield***

A dispensa de licenciamento não se aplica à instalação de novas torres ou postes no espaço geográfico residencial ou comercial. Mas se as antenas de telefonia celular forem instaladas em estruturas preexistentes, para que possam se enquadrar no processo com dispensa de licenciamento deve-se respeitar o limite máximo de dois arranjos com até seis antenas cada, incluindo aquelas já existentes. Além disso, deve-se ter o cuidado de harmonizar as novas antenas com as preexistentes, por exemplo, instalando as antenas no mesmo nível, e a altura das antenas não pode ser superior a 1,80 m.

Com relação aos equipamentos, se os bastidores estiverem aparentes, sua dimensão maior, seja ela altura, largura ou profundidade, não deve ultrapassar 2,20 m, e as demais não devem exceder 0,80 m, conforme Figura 10. Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação dessas dimensões. No máximo três bastidores de equipamentos são admitidos em cada *site*, e esses só podem ser instalados na base da estrutura de sustentação.

Quanto aos cabos em postes, deve-se ocultá-los ou camuflá-los, mas quando instalados em torres, é necessário apenas organizá-los e fixá-los à estrutura.

Finalmente, para o *backhaul* devem ser adotadas soluções ocultáveis.

A Tabela 2 resume as diretrizes para a instalação de ERBs no espaço geográfico residencial ou comercial, tanto para os três tipos de processos de licenciamento.

**Tabela 2: Instalação de ERBs em espaço geográfico residencial ou comercial**

Espaço geográfico (tipo de site)	Residencial ou comercial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<i>Street level</i>	<p><b>Antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No máximo dois arranjos com até três antenas em cada.</li> </ul>	<p><b>Antenas:</b></p> <p><u>Em postes de iluminação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No máximo um arranjo com até três antenas.</li> <li>- Altura máxima das antenas: 1,80 m.</li> <li>- Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.</li> </ul> <p><u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas uma antena.</li> <li>- Altura máxima das antenas: 1,80 m.</li> </ul>	<p><b>Antenas:</b></p> <p><u>Em postes de iluminação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No máximo um arranjo com até três antenas.</li> <li>- Altura máxima das antenas: 15% da altura do poste, limitada a 1,80 m.</li> <li>- Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.</li> <li>- Antenas na mesma cor da estrutura de sustentação.</li> </ul> <p><u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas uma antena.</li> <li>- Altura máxima das antenas: 0,70 m.</li> </ul>
	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No máximo três arranjos de equipamentos quando fixados a postes.</li> <li>- Cabos organizados e em harmonia com a estrutura.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos ocultos.</li> <li>- Cabos ocultos ou camuflados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos ocultos.</li> <li>- Cabos ocultos ou camuflados.</li> </ul>
	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <p><u>Em postes de iluminação:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis. Caso não seja, admite-se apenas uma antena parabólica com diâmetro máximo igual a 0,60 m.</li> </ul> <p><u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adotar soluções ocultáveis.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para qualquer tipo de mobiliário urbano, adotar soluções ocultáveis.</li> </ul>

Espaço geográfico (tipo de site)	Residencial ou comercial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Rooftop</b>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à altura da edificação.</li> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Quando instaladas na fachada, as antenas devem ser harmonizadas com o edifício.</li> </ul>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é permitida a instalação de mastros na cobertura de edifícios com altura menor ou igual a H (Figura 12).</li> <li>- Em edifícios com altura maior que H (Figura 12), a altura máxima do mastro é dada pela Figura 4.</li> <li>- Se os mastros ou antenas ultrapassarem a altura definida pelo cone de obstrução visual (Figura 4), devem ser ocultos ou camuflados.</li> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Quando instaladas na fachada, as antenas devem ser harmonizadas com o edifício.</li> </ul>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é permitida a instalação de mastros em edifícios com altura superior a H (Figura 12).</li> <li>- Em edifícios com altura maior que H (Figura 12), a altura máxima do mastro é dada pela Figura 14.</li> <li>- Se os mastros ou antenas ultrapassarem essa altura máxima, devem ser ocultos ou camuflados.</li> <li>- Número máximo de mastros (<math>N_{max}</math>) <u>fora do beiral</u> (Figura 5):</li> <li>- Se <math>A_{rooftop} &gt; 100 \text{ m}^2</math>,</li> <math display="block">N_{max} = \left\lceil \frac{A_{rooftop}}{100} \right\rceil.</math> <li>- Distância horizontal mínima entre mastros: 6 m.</li> <li>- Não é permitida a instalação de mastros e antenas sobre o beiral.</li> <li>- Número máximo de antenas (<math>N_{max}</math>) <u>na fachada</u>:</li> <li>- O limite máximo de antenas (<math>n_{max}</math>) por fachada é dado por</li> <math display="block">n_{max} = \left\lfloor \frac{l}{6} \right\rfloor,</math> <li>onde <math>l</math> é comprimento da face da edificação.</li> <li>- Distância horizontal mínima entre antenas: 6 m.</li> <li>- Distância horizontal mínima entre antenas em fachadas diferentes: 2 m (Figura 7).</li> <li>- As antenas devem ser harmonizadas com a fachada do edifício.</li> </ul>
	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos sem restrição de dimensões e quantidade.</li> <li>- Cabos organizados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos instalados sob o cone de obstrução visual (Figura 4).</li> <li>- Cabos organizados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos instalados sob o cone de obstrução visual (Figura 14).</li> <li>- Não é permitida a instalação de equipamentos nas fachadas.</li> <li>- Na cobertura: cabos organizados.</li> <li>- Na fachada: cabos ocultos ou camuflados.</li> </ul>
	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis. Caso não seja, as antenas parabólicas só podem ser instaladas na cobertura, respeitando a limitação de altura definida pelo cone de obstrução (Figura 4).</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adotar soluções ocultáveis.</li> </ul>

Espaço geográfico (tipo de site)	Residencial ou comercial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Greenfield</b>	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Permitida a instalação de torres e postes com até 60 m de altura. - Sem limite de quantidade de antenas. - Respeitar distância horizontal mínima de 1,50 m da divisa do terreno, conforme Figura 8.	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Permitida a instalação de torres e postes de até 30 m de altura. - No máximo dois arranjos com até seis antenas em cada. - Altura máxima da antena: 2,40 m. - Respeitar distância horizontal mínima de 1,50 m da divisa do terreno, conforme Figura 8.	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Não se admite a instalação de novas torres, apenas o uso de torres preexistentes. - Quando instaladas em estruturas preexistentes, no máximo dois arranjos com até seis antenas cada, considerando as já instaladas. - Altura máxima da antena: 1,80 m. - Harmonizar as antenas com as já instaladas.
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Sem restrições quanto às dimensões dos equipamentos. - Cabos organizados e em harmonia com a estrutura.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Sem restrições quanto às dimensões dos equipamentos e local de instalação. - Cabos em postes: ocultos ou camuflados. - Cabos em torres: organizados e fixados à estrutura.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Os equipamentos devem ser instalados na base da torre ou poste. - Se os bastidores estiverem aparentes, sua maior dimensão, seja ela altura, largura ou profundidade, deve ser no máximo de 2,20 m e as demais não devem exceder 0,80 m (Figura 10). Caso os bastidores não estejam aparentes, não há limitação de dimensões. - Quantidade máxima de bastidores de equipamentos: 3. - Cabos em postes: ocultos ou camuflados. - Cabos em torres: organizados e fixados à estrutura.
	<b>Backhaul:</b> - Sem restrições	<b>Backhaul:</b> - Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis. Caso não seja, utilizar até três antenas. - Diâmetro máximo das antenas: 1,20 m.	<b>Backhaul:</b> - Adotar soluções ocultáveis.

### 2.2.3 Áreas de interesse especial

Como já mencionado, o espaço geográfico das áreas de interesse especial é referente aos locais de grande interesse público, com elevado valor urbanístico, paisagístico, turístico e/ou de beleza natural.

Por serem áreas mais restritivas com relação ao impacto visual decorrente da instalação de ERBs, são estabelecidas diretrizes no sentido de diminuir a quantidade de elementos em exposição nas ERBs e considerando a aplicação de recursos de camuflagem e ocultação.

Como este espaço geográfico inclui áreas de preservação ambiental e afins, sugere-se que, além daquelas impostas pela legislação aplicável, seja ela municipal, estadual ou federal, sejam adotadas para licenciamentos padrão, simplificado e com dispensa de licenciamento as seguintes diretrizes, conforme descritas a seguir.

### Licenciamento padrão

- **Sites do tipo *street level***

As estruturas de apoio devem conter no máximo dois arranjos com até três antenas cada.

Os equipamentos e cabos devem ser camuflados e, quando tecnicamente viável, devem ser adotadas soluções ocultáveis para o *backhaul*.

- **Sites do tipo *rooftop***

Nos *sites* do tipo *rooftop*, há restrições de instalação de mastros na cobertura em função da altura da edificação. Em edifícios com altura menor ou igual a H, conforme Figura 12, não é permitida a instalação de mastros.

Já em edifícios com altura maior que H, a altura máxima do mastro é dada pelo cone de obstrução visual, conforme Figura 14. A equação que define a altura h (em metros) é:

$$h = (\ell \times 1,732),$$

onde  $\ell$  é distância do beiral ao mastro (m).

Se os mastros ou antenas ultrapassarem a altura do cone de obstrução visual, conforme Figura 14, devem ser ocultados ou camuflados. A quantidade de mastros é resultante do número de antenas necessárias, conforme o planejamento de tráfego, dos sistemas operantes e do espaço disponível na cobertura.

Quando instaladas na fachada de uma edificação, as antenas devem ser harmonizadas ao edifício. Em alguns casos é necessário que a distribuição das antenas ao longo da fachada seja feita de modo a preservar simetrias e, quando possível, buscar alinhamentos com elementos da arquitetura, conforme descrito na Seção 2.3.

Não há restrição quanto às dimensões dos equipamentos e nem à sua quantidade quando instalados no topo da edificação, desde que se respeite a altura definida pelo cone de obstrução visual, conforme Figura 14. Esses equipamentos podem também ser instalados internamente ao edifício, na casa de máquinas, por exemplo. Em relação aos cabos de alimentação e transmissão estes devem ser organizados.

Quanto à infraestrutura de *backhaul*, desde que tecnicamente viável deve-se adotar soluções ocultáveis.

- **Sites do tipo *greenfield***

É permitida a instalação de postes e torres com no máximo 40 m de altura e a distância horizontal mínima da projeção no solo de qualquer elemento da estrutura vertical, com exceção da fundação, deve ser no mínimo de 1,50 m da divisa do terreno onde se situa, conforme Figura 8.

Além disso, permite-se a instalação de até dois arranjos de antenas de telefonia celular com até seis antenas em cada nível, em harmonia com a estrutura de sustentação. A altura máxima das antenas deve ser 2,40 m.

Neste tipo de espaço geográfico e processo de licenciamento, não há restrição quanto às dimensões dos equipamentos, mas devem ser camuflados. Com relação aos cabos,

quando instalados em postes devem ser ocultos ou camuflados e em torres devem ser organizados e em harmonia com a estrutura.

Ainda, se tecnicamente viável, deve-se adotar soluções ocultáveis para o *backhaul*.

### Licenciamento simplificado

- **Sites do tipo *street level***

As estruturas de apoio devem contar com no máximo um arranjo com até três antenas, cuja altura não deve exceder 1,50 m. No caso de outras estruturas do mobiliário urbano, admite-se apenas uma antena com altura máxima de 1,50 m. Em ambas as estruturas de apoio, a distância mínima do solo à base do primeiro elemento deve ser 2,80 m.

Os equipamentos devem ser ocultos, enquanto que os cabos podem ser ocultos ou camuflados.

Ainda, devem-se adotar soluções que permitam ocultar a infraestrutura do *backhaul*.

A Figura 15 ilustra os limites relacionados à quantidade de arranjos e de antenas por arranjo para o licenciamento simplificado em um poste de iluminação (*street level*) situado em áreas especiais.



**Figura 15: Limites para o licenciamento simplificado em *sites street level* (áreas de interesse especial)**

- **Sites do tipo *rooftop***

As estruturas de apoio devem ser ocultas e camufladas tanto quando são instaladas na cobertura quanto na fachada da edificação. Por esta razão, não há necessidade de se limitar a quantidade de mastros na cobertura e de antenas em cada mastro.

Os equipamentos e cabos também devem ser ocultos ou camuflados. Da mesma forma, para a infraestrutura do *backhaul*, devem-se adotar soluções ocultas ou camufladas.

- **Sites do tipo *greenfield***

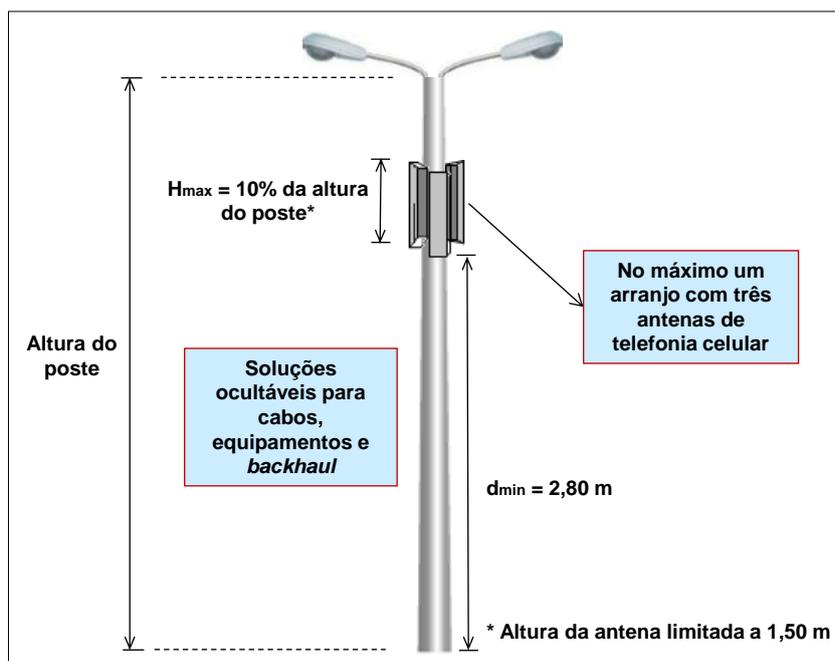
Não se aplica este processo de licenciamento aos sites do tipo *greenfield*.

## Dispensa de licenciamento

- **Sites do tipo *street level***

Quando a estrutura de apoio for um poste de iluminação, é permitida a instalação de no máximo um arranjo com até três antenas, as quais devem estar posicionadas próximas à estrutura e a ela integradas. A altura das antenas deve ser de no máximo 10% da altura do poste, limitada a 1,50 m. Adicionalmente, a distância mínima do solo à base do primeiro elemento deve ser 2,80m.

A Figura 16 ilustra os limites relacionados à quantidade de arranjos e de antenas por arranjo para a dispensa licenciamento em um *site* do tipo *street level* situado em áreas especiais.



**Figura 16: Limites para a dispensa de licenciamento em *sites street level* (áreas de interesse especial)**

Independentemente do mobiliário urbano utilizado, seja poste de iluminação ou não, os equipamentos devem ser ocultos, enquanto que os cabos devem ser ocultos ou camuflados e devem ser adotadas soluções que permitam ocultar a infraestrutura do *backhaul*.

- **Sites do tipo *rooftop***

As estruturas de apoio devem ser ocultas e camufladas tanto quando são instaladas na cobertura quanto na fachada da edificação. Por esta razão, não há necessidade de se limitar a quantidade de mastros na cobertura e de antenas em cada mastro.

Os equipamentos e cabos também devem ser ocultos ou camuflados. Da mesma forma, para a infraestrutura do *backhaul*, devem ser adotadas soluções ocultáveis.

- **Sites do tipo *greenfield***

Não se aplica este processo de licenciamento aos *sites* do tipo *greenfield*.

A Tabela 3 resume as diretrizes para a instalação de ERBs em áreas de interesse especial, tanto no processo de licenciamento padrão quanto no simplificado.

**Tabela 3: Instalação de ERBs em áreas de interesse especial**

Espaço geográfico (tipo de site)	Áreas de interesse especial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Street level</b>	<b>Antenas:</b> - No máximo dois arranjos com até três antenas em cada.	<b>Antenas:</b> <u>Em postes de iluminação:</u> - No máximo um arranjo com até três antenas. - Altura máxima das antenas: 1,50 m.  - Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.  <u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u> - Apenas uma antena. - Altura máxima das antenas: 1,50 m. - Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.	<b>Antenas:</b> <u>Em postes de iluminação:</u> - No máximo um arranjo com até três antenas. - Altura máxima das antenas: 10% da altura do poste, limitada a 1,50 m. - Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.  <u>Em outras estruturas do mobiliário urbano:</u> - Apenas uma antena. - Altura máxima das antenas: 0,70 m. - Distância mínima do solo à base do primeiro elemento: 2,80 m.
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Equipamentos camuflados. - Cabos camuflados.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Equipamentos ocultos. - Cabos ocultos ou camuflados.	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Equipamentos ocultos. - Cabos ocultos ou camuflados.
	<b>Backhaul:</b> - Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis.	<b>Backhaul:</b> - Soluções ocultáveis.	<b>Backhaul:</b> - Soluções ocultáveis.

Espaço geográfico (tipo de site)	Áreas de interesse especial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Rooftop</b>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Quando instaladas na fachada, as antenas devem ser harmonizadas com o edifício.</li> <li>- Não é permitida a instalação de mastros na cobertura em edifícios com altura menor ou igual a H, conforme Figura 12.</li> <li>- Em edifícios com altura maior que H, a altura máxima do mastro é dada pela Figura 14.</li> <li>- Se os mastros ou antenas ultrapassarem essa altura devem ser ocultos ou camuflados.</li> </ul>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Ocultas ou camufladas quando instalados tanto na cobertura como na fachada da edificação.</li> </ul>	<p><b>Estruturas de apoio e antenas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas.</li> <li>- Ocultas ou camufladas quando instalados tanto na cobertura como na fachada da edificação.</li> </ul>
	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos instalados sob o cone de obstrução visual, conforme Figura 14.</li> <li>- Cabos organizados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos ocultos ou camuflados.</li> <li>- Cabos ocultos ou camuflados.</li> </ul>	<p><b>Equipamentos e cabos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos ocultos ou camuflados.</li> <li>- Cabos ocultos ou camuflados.</li> </ul>
	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soluções ocultas ou camufladas.</li> </ul>	<p><b>Backhaul:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soluções ocultáveis.</li> </ul>

Espaço geográfico (tipo de site)	Áreas de interesse especial		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Greenfield</b>	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Permitida a instalação de torres e postes de até 40 m de altura. - No máximo dois arranjos com até seis antenas em cada. - Altura máxima da antena: 2,40m. - A distância horizontal mínima de 1,50 m da divisa do terreno, conforme Figura 8. - O impacto visual da estrutura de apoio (torre ou poste) deve ser minimizado. - Antenas em harmonia com a estrutura de sustentação.	Não se aplica.	Não se aplica.
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Equipamentos camuflados. - Cabos em postes: ocultos ou camuflados. - Cabos em torres: organizados em harmonia com a estrutura.		
	<b>Backhaul:</b> - Se tecnicamente viável, adotar soluções ocultáveis.		

#### 2.2.4 Áreas e edifícios tombados ou históricos

A instalação de ERBs em áreas e edifícios tombados pelo IPHAN ou que de alguma forma tenham valor afetivo para as comunidades deve primeiramente atender às normas e legislações aplicáveis. Além disso, deve-se cuidar para que essas intervenções tenham o impacto visual mínimo. Como na maior parte desses casos a aprovação por parte do IPHAN é obrigatória, não se sugere o estabelecimento de um processo de licenciamento simplificado ou com dispensa de licenciamento, apenas sugere-se algumas diretrizes para o licenciamento padrão.

A seguir, apresentam-se essas diretrizes para cada tipo de *site*, que devem ser seguidas quando forem mais restritivas que as estabelecidas pelas normas e legislações aplicáveis.

##### Licenciamento padrão

- **Sites do tipo *street level***

As antenas, os equipamentos, os cabos de alimentação e transmissão e a infraestrutura necessária ao *backhaul* devem estar necessariamente ocultos ou camuflados.

- **Sites do tipo rooftop**  
As estruturas de apoio e antenas instaladas tanto na cobertura da edificação ou em sua fachada devem ser ocultas ou camufladas. Por essa razão, não há necessidade de se estabelecer um limite quanto à quantidade de mastros e antenas sobre a cobertura. Equipamentos, cabos e infraestrutura do *backhaul* devem ser ocultos ou camuflados.
- **Sites do tipo greenfield**  
Como não é possível criar novas estruturas (torres ou postes), devem-se utilizar elementos verticais existentes, tais como caixas d'água, torres de silos e moinhos e outras estruturas cuja altura favoreça o posicionamento das antenas. Entretanto, todos os elementos de suporte, antenas, assim como equipamentos, cabos e a infraestrutura necessária ao *backhaul* devem ser ocultos ou camuflados.

A Tabela 4 resume as restrições para este espaço geográfico considerando os três processos de licenciamento.

**Tabela 4: Instalação de ERBs em áreas e edificações tombadas ou históricas**

Espaço geográfico (tipo de site)	Áreas e edificações tombadas ou históricas		
	Licenciamento padrão	Licenciamento simplificado	Dispensa de licenciamento
<b>Street level</b>	<b>Antenas:</b> - Ocultas ou camufladas.	Não se aplica a este espaço geográfico.	Não se aplica a este espaço geográfico.
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Ocultos ou camuflados.		
	<b>Backhaul:</b> - Oculto ou camuflado.		
<b>Rooftop</b>	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Sem restrições quanto à quantidade de mastros e antenas. - Ocultas ou camufladas se na cobertura fachada da edificação.		
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Ocultos ou camuflados.		
	<b>Backhaul:</b> - Ocultos ou camuflados.		
<b>Greenfield</b>	<b>Estruturas de apoio e antenas:</b> - Ocultas ou camufladas. - Deve-se utilizar elementos verticais existentes para elevação de antenas.		
	<b>Equipamentos e cabos:</b> - Ocultos ou camuflados.		
	<b>Backhaul:</b> - Ocultos ou camuflados.		

## 2.3 Recursos para melhoria de aspecto visual

O impacto visual de uma ERB está relacionado à complexidade de sua estrutura que, como já mencionado, é função dos elementos visíveis que a compõem.

Muitas vezes, por questões de planejamento, não é possível eliminar esses elementos visíveis. Então, para reduzir seu impacto visual, parte-se para a utilização de técnicas alternativas, tais como, camuflagem e ocultação dos elementos, harmonização desses elementos com a sua estrutura de sustentação, entre outros. Essas estratégias carregam uma subjetividade importante, de modo que é difícil se estabelecer regras muito bem definidas.

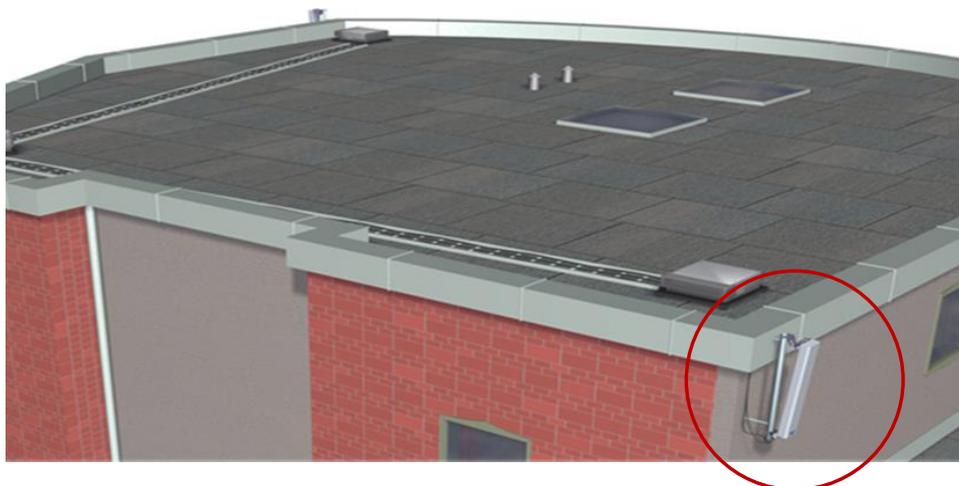
Por esta razão, o objetivo desta seção é apresentar algumas formas de se utilizar essas técnicas, que abarcam considerações tanto do *site* onde está instalada a ERB como de seu entorno, que tornem as estruturas mais simples, monolíticas ou que imitem estruturas próprias do local. Para ilustrar essas técnicas são apresentados alguns exemplos de sua utilização em ERBs, que podem ser aplicadas separada ou conjuntamente.

Porém, deve-se ter em conta que o uso técnicas de camuflagem e ocultação exige a sobreposição das antenas com materiais que podem alterar seu desempenho técnico e influir negativamente na qualidade da prestação de serviço. Por isso, essa opção deve ser praticada com parcimônia, escolhendo elementos de sobreposição e tintas sem a adição de pigmentos metálicos ou quaisquer outros materiais que possam alterar a área de atendimento desejada e necessária para cada *site*.

### 2.3.1 Uso de cores e texturas para camuflagem

Uma técnica muito simples, porém bastante útil, é o uso de cores e texturas do local de instalação para camuflar os elementos da ERB. Pode-se simplesmente instalar as antenas em harmonia com as cores da estrutura de sustentação ou até mesmo o uso de pinturas. É importante destacar que a tinta utilizada para pintar as antenas tem que ser de um tipo especial, sem a adição de pigmentos metálicos que possam interferir no funcionamento da antena.

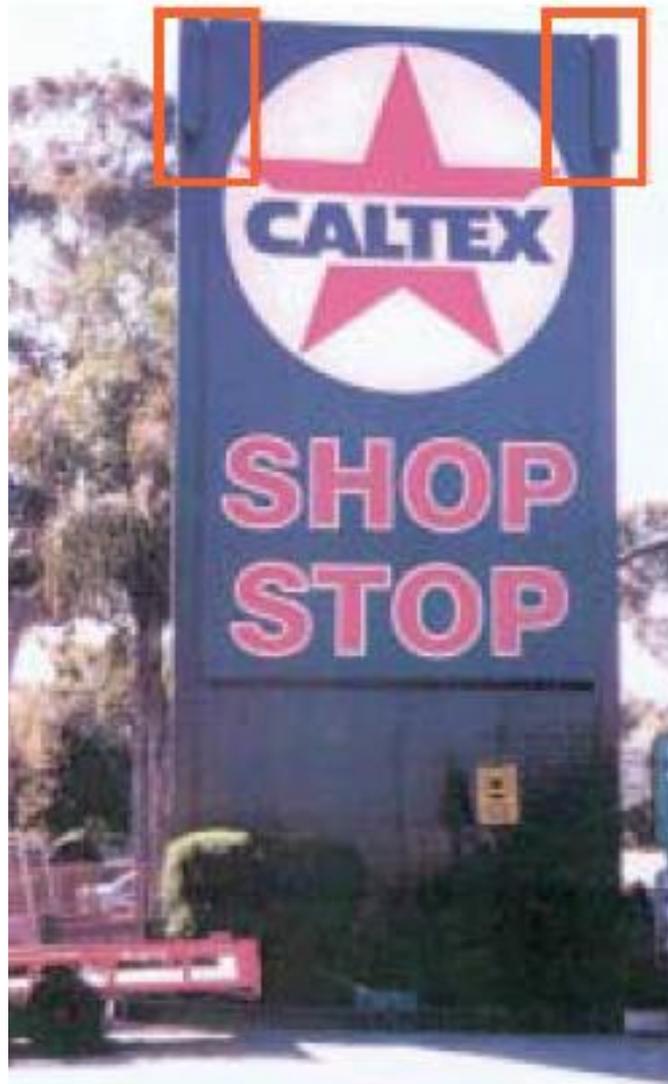
No exemplo ilustrado na Figura 17, a antena é instalada na fachada que tem uma cor muito próxima à sua em vez de situá-la na parte avermelhada da edificação.



**Figura 17: Exemplo de escolha de fachada para instalação de uma antena<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Fonte: Commscope.

Nesse exemplo não houve nem a necessidade de pintar a antena, mas é um recurso que pode ser utilizado também. Pode-se pintá-la na mesma cor da estrutura que a sustenta ou dos elementos que a compõem, como ilustrado na Figura 18.



**Figura 18: Painel com as antenas camufladas com pintura<sup>5</sup>**

<sup>5</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

Quando a fachada do edifício tiver mais de uma cor e as antenas se situarem na transição dessas cores, pode-se pintá-las acompanhando essas diferenças, como ilustra a Figura 18.



**Figura 19: Antenas camufladas utilizando mais de uma cor de pintura<sup>6</sup>**

Em fachadas de tijolos à vista, a utilização de recursos para simular o padrão da fachada é uma estratégia bastante interessante, como pode ser observado na Figura 20.



**Figura 20: Antenas camufladas em uma fachada de tijolos a vista<sup>6</sup>**

<sup>6</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

Da mesma forma, em fachadas de pedras, comumente encontrada em edificações mais antigas, pode-se também simular o padrão das pedras para tornar as antenas quase imperceptíveis, como ilustrado na Figura 21.



**Figura 21: Antenas camufladas em uma fachada de pedra<sup>7</sup>**

Outro exemplo do uso de pinturas é ilustrado na Figura 22, onde a antena pintada da mesma cor do mastro com o objetivo de camuflá-la.



**Figura 22: Utilização de pintura para camuflagem de antena em poste de iluminação<sup>8</sup>**

<sup>7</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

<sup>8</sup> Fonte: Commscope.

### 2.3.2 Instalação respeitando as formas e desenho arquitetônico do local

Outra técnica que pode ser utilizada para reduzir o impacto visual das ERBs é instalar seus elementos respeitando as formas ou o desenho arquitetônico do local de instalação.

A Figura 23 ilustra as antenas valorizando as formas e em harmonia com a edificação. Note que as antenas também são pintadas na mesma cor da fachada, ou seja, duas técnicas de redução do impacto visual são utilizadas simultaneamente.



**Figura 23: A localização das antenas em harmonia com a edificação<sup>9</sup>**

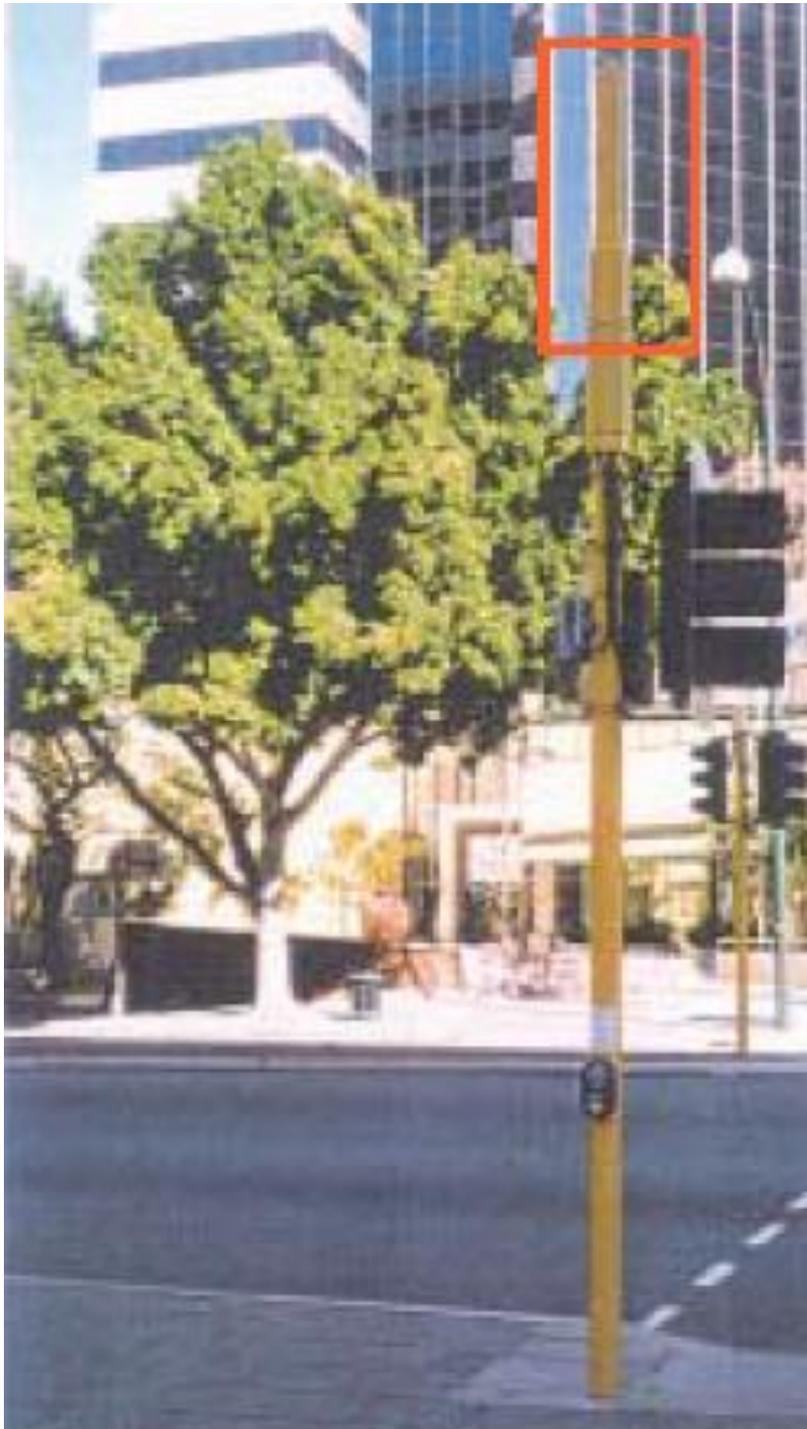
As antenas podem ser ocultadas nas colunas que compõem a fachada da edificação, dentro do campanário das igrejas ou em harmonia com a arquitetura do imóvel, como apresentado na Figura 24.



**Figura 24: Antenas ocultas no campanário de uma igreja<sup>9</sup>**

<sup>9</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

O prolongamento do poste é imperceptível aos olhos dos pedestres e é utilizado no exemplo da Figura 25 para camuflar as antenas. Nesse exemplo, é também utilizada a técnica de se pintar a antena na mesma cor do poste.



**Figura 25: Prolongamento do poste para a instalação da antena<sup>10</sup>**

<sup>10</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

Outro exemplo de prolongamento do poste imperceptível aos olhos dos pedestres o exemplo da Figura 26 para camuflar as antenas. Neste exemplo, é também utilizada a técnica de se pintar a antena na mesma cor do poste.



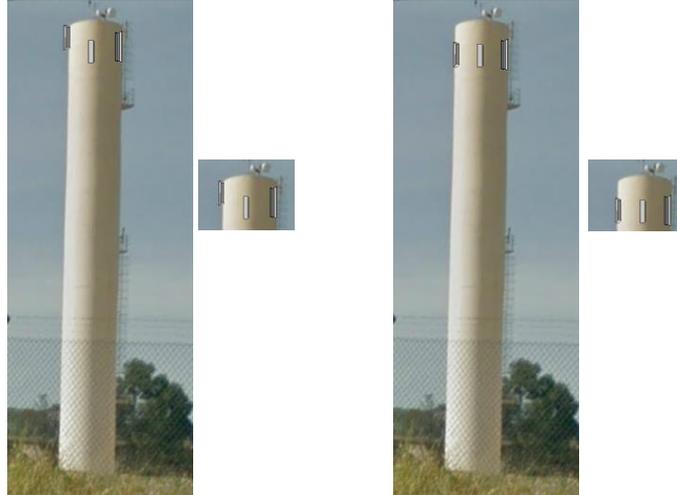
**Figura 26: Prolongamento do poste para a instalação da antena<sup>11</sup>**

### **2.3.3 Ordenação dos elementos da ERB**

A ordenação dos elementos da ERB, sobretudo das antenas, é uma técnica eficaz e simples de ser aplicada quando se deseja a redução do impacto visual da ERB.

<sup>11</sup> Fonte: Commscope.

A Figura 27 ilustra duas caixas d'água onde estão instaladas antenas de telefonia celular. Na caixa d'água da direita, as antenas têm tamanho igual e estão distribuídas e niveladas uniformemente (separadas por uma distância constante). Já na caixa d'água da esquerda as antenas têm tamanhos diferentes e não estão uniformemente distribuídas e niveladas, causando um impacto visual negativo maior que o observado na caixa d'água da esquerda.



**Figura 27: Exemplo de ordenação de elementos de uma ERB**

Pode-se também ordenar as antenas seguindo algum padrão arquitetônico da fachada do edifício ou de seus elementos como recurso adicional para a redução do impacto visual, como ilustrado na. Na Figura 28, a ordenação dos elementos da ERB, segue o padrão da fachada do edifício, reduzindo seu impacto visual.



**Figura 28: Ordenação das antenas seguindo o padrão da fachada<sup>12</sup>**

<sup>12</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

### 2.3.4 Instalação em sites preexistentes

Ao se instalar ERBs em locais onde já existem elementos de outras ERBs, deve-se ter o cuidado de seguir o padrão já estabelecido.

Por exemplo, a colocação de antenas em um poste, se feita dispendo-se elementos de mesmas proporções e nivelados, resulta em um impacto visual menor, conforme Figura 29.



**Figura 29: Colocalização respeitando o padrão da instalação original<sup>13</sup>**

### 2.3.5 Uso de cabos organizados

A organização de cabos refere-se essencialmente à forma de arranjar e fixar os cabos utilizados nas ERBs. Em geral, esses cabos se destinam a linhas de transmissão de dados entre as antenas e os demais equipamentos, inclusive com o uso de fibras ópticas. Porém, podem ser também utilizados cabos para energização do *backhaul*.

Recentemente surgiram no mercado cabos denominados híbridos, que reúnem em um mesmo invólucro cabos de transmissão de dados (cabos coaxiais ou de fibra óptica) com

<sup>13</sup> Fonte: *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities* [2].

linhas de energia. Esses cabos híbridos compartilham a mesma blindagem externa. Tal alternativa reduz a quantidade de cabos entre os equipamentos e as antenas. Contudo, o conceito de organização dos cabos pressupõe agrupamento, fixação e proteção adequados da sua origem até seu destino final, conforme Figura 30.



**Figura 30: Exemplo de organização de cabos em uma torre**

### **2.3.6 Outras técnicas**

Além das técnicas descritas anteriormente, outras, tais como, o uso da vegetação e a utilização de elementos proporcionais à estrutura de sustentação, podem ser utilizadas com o objetivo de reduzir o impacto visual das ERBs.

### 3 Considerações finais

A intensificação da demanda por soluções de comunicação móvel de dados em altas taxas, a chamada banda larga móvel, é um dos principais motivadores da quarta geração (4G) das redes celulares. Isso, aliado ao fato de que as primeiras licenças de 4G têm sido outorgadas em faixas de frequência com menor alcance máximo, tem como consequência a necessidade de se distribuir uma maior quantidade de ERBs nas cidades.

Essa tendência se contrapõe às crescentes preocupações com os possíveis efeitos da maior presença dos sistemas de telecomunicações móveis. O impacto visual das estruturas de telecomunicações distribuídas, especialmente nas áreas urbanas, é motivo de preocupação dos cidadãos e seus representantes. Caso não sejam tomados cuidados, em muitas situações pode-se contribuir para uma sobrecarga visual e para a percepção de que há um excesso de ERBs nas cidades. Essa percepção, por sua vez, agrava o receio de que os cidadãos estão sujeitos a uma quantidade excessiva de radiação proveniente das ERBs.

A legislação aplicável define mecanismos que protegem o cidadão das emissões de radiação não ionizante conforme recomendações da OMS. Estas, por sua vez, se fundamentam em inúmeros estudos científicos. Contudo, isso não basta para eliminar a impressão de que existe algum risco para a população, levando a uma maior rejeição por parte da comunidade em que a infraestrutura de telefonia móvel é instalada. Esse fenômeno se manifesta na diversidade de restrições impostas pelas legislações municipais.

Diante disso, a elaboração deste documento de melhores práticas para a implantação de ERBs busca estabelecer, para as prestadoras do serviço de telefonia móvel, um novo conjunto de valores, atitudes e práticas que visam à disponibilização de um serviço de qualidade aos seus usuários e, ao mesmo tempo, reduzam o impacto visual das ERBs. Nessa nova postura, propõem-se critérios objetivos visando preservar a qualidade dos serviços prestados e reduzir do impacto visual das ERBs, respeitando a legislação brasileira aplicável.

Para atingir esse objetivo, este documento foi idealizado a partir da observação de experiências internacionais relatadas em um relatório elaborado pelo CPqD [1], no qual são analisadas as legislações de cinco cidades, escolhidas devido a sua relevância turística ou de patrimônio histórico.

Um importante aspecto que se observa nessas cidades é uma ação proativa e o engajamento das prestadoras de telefonia móvel visando encurtar as assimetrias de informações com as administrações locais e a comunidade em geral. Isso é feito por meio de códigos ou guias de melhores práticas, elaborados tanto por entidades representativas das prestadoras de telefonia móvel como da administração pública. Como exemplos, destacam-se o Código da Indústria de Telecomunicações da Austrália, diretamente referenciado pela legislação de Sydney, o Código de Melhores Práticas nas Redes de Telefonia Móvel, para o Reino Unido e a Carta relativa às antenas de telefonia móvel de Paris. Outro documento digno de nota é o Código de Boas Práticas para a Instalação de Infraestruturas de Telefonia Móvel, elaborado pela Federação espanhola de municípios e províncias.

A observação da literatura e das práticas internacionais serviu como base para a criação de um conjunto próprio de diretrizes que se encontra consubstanciado neste documento.

Na Austrália, a legislação estabelece o conceito de instalação de baixo impacto visual e, na Inglaterra, há uma definição semelhante. Esse conceito é interessante na medida em que o impacto visual da instalação de uma ERB é maior ou menor segundo o local de instalação. Em outras palavras, as legislações de telecomunicações desses países reconhecem que

existem algumas instalações (incluindo ERBs) e atividades que não causam uma perturbação significativa na comunidade ou no ambiente onde estão inseridas. Uma vez enquadradas nesse conceito são isentas de certos controles e/ou necessidade de permissões.

A legislação da Austrália, para tratar de maneira particularizada os diferentes locais de instalação de uma ERB, define algumas áreas, por exemplo, rural, industrial e comercial. Dessa maneira, é possível estabelecer critérios distintos para cada uma delas, correlacionando cada uma dessas áreas com soluções de implantação específicas.

Como esse conceito não existe até o momento na legislação brasileira, ele é incorporado neste documento, mas com algumas adaptações de modo a adequá-los à realidade brasileira. A essas áreas dá-se o nome de “espaços geográficos”.

No intuito de organizar as diretrizes para a instalação de ERBs em cada um desses espaços geográficos, são definidos alguns tipos de *sites*, aderentes à realidade e ao jargão comumente utilizado pelas prestadoras de telefonia móvel no Brasil. Essa diferenciação não é observada em nenhuma das cidades analisadas no *benchmarking*, mas permite estabelecer diretrizes mais específicas e adequadas a cada um deles.

Ainda, para cada tipo de *site*, as diretrizes são organizadas tratando separadamente aquelas referentes às antenas, aos equipamentos e cabos e *backhaul*. Esse detalhamento não se observa em nenhuma das cidades analisadas no *benchmarking*, embora apareça de maneira pulverizada nos documentos analisados. Há também diretrizes específicas para os cabos, que vão desde a sua simples organização até sua camuflagem ou ocultação, o que resulta em uma instalação ainda mais “limpa” visualmente.

De uma maneira geral para os diferentes tipos de *sites* e espaços geográficos, sugere-se o uso estratégias de camuflagem ou ocultação, que deriva do que se observa no Guia para Melhoria dos Resultados Visuais (“Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities”) [2], elaborado pelo Mobile Carriers Forum, cujo objetivo é auxiliar na instalação de ERBs de baixo impacto visual na Austrália.

Outra contribuição importante deste documento é a proposição de três ritos de licenciamento das ERBs pelos órgãos administrativos competentes: padrão, simplificado e com dispensa de licenciamento. Com essa diferenciação é possível acelerar o processo de implantação da infraestrutura de telefonia móvel e ao mesmo tempo respeitar as regras aplicáveis a cada espaço geográfico, sem prejuízo da qualidade do serviço e da comunidade. Esses três processos de licenciamento não guardam relação direta com o que se verifica em outros países. Em algumas cidades, tais como, Sydney e Londres há a dispensa de licenciamento em algumas situações específicas, como quando uma instalação se enquadra no conceito de baixo impacto visual. Já em Paris essa dispensa depende das dimensões da instalação, definidas pelo Código de urbanismo.

Outro ponto importante a ser destacado é a adoção, nos sites do tipo *rooftop*, do “cone de obstrução visual”, que visa garantir que um pedestre não visualize as ERBs instaladas no topo de edifícios. Esse cone é uma variante do que se observa na legislação de Barcelona, com a diferença de que o cone não é definido em função da largura da rua, como é neste documento. Garante-se com isso que um pedestre não visualize as antenas instaladas na cobertura dos edifícios independente da largura da rua e, por outro lado, dá mais flexibilidade às prestadoras quando o edifício onde será instalada a ERB se situar em ruas mais estreitas.

Deve-se ressaltar que este documento com melhores práticas se propõe a balizar tecnicamente todas essas particularizações, tornando compreensível ao público leigo a necessidade de especificação dos recursos tecnológicos que viabilizam os serviços de telecomunicações móveis.

Ademais, o resultado apresentado neste documento não é fruto de uma cópia de fragmentos de regulamentações e guias de outros países, mas sim de intensa colaboração entre as equipes do Sinditelebrasil, das prestadoras de telefonia móvel e do CPqD e amadurecimento das questões técnicas e ambientais estudadas. De forma geral, pode-se afirmar que as restrições ou liberdades estão criticamente fundamentadas. Na distinção dos ritos de licenciamento se expressam complexidades tecnológicas que, fundamentalmente, são necessárias à viabilização dos serviços – em completa adaptação aos aspectos urbanos e geográficos. Portanto, em todos os casos, o foco é dirigido à qualidade dos serviços e à preservação dos valores da sociedade brasileira.

## 4 Anexo I – Conceitos básicos de telefonia móvel

Este texto se propõe a traduzir para um público não especialista o conceito geral de telefonia móvel de forma didática e sem esmiuçar detalhes tecnológicos. Nesse sentido, são dadas informações sobre os principais aspectos da telefonia móvel.

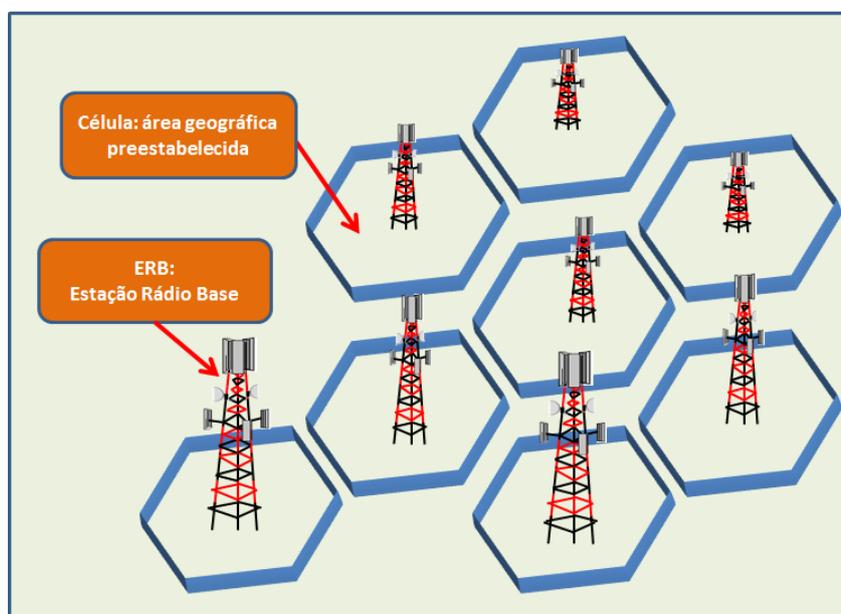
Na Seção 4.1 são apresentados os conceitos fundamentais de uma rede de telefonia móvel e seus elementos funcionais. A seguir, na Seção 4.2, apresentam-se questões referentes à evolução da capacidade de tráfego dessas redes e sua relação com a quantidade de ERBs necessária para atender a essa crescente demanda. Finalmente, na Seção 4.3, é dada uma visão geral sobre a emissão de energia tanto por ERBs quanto pelos terminais móveis e sua relação o seu local de instalação e a qualidade do sinal.

### 4.1 A rede de telefonia móvel

Em sua origem a telefonia móvel proporcionou um serviço de telecomunicações que permitia a seus assinantes manter a capacidade de fazer e receber chamadas telefônicas (de voz), mesmo quando estivessem se deslocando. Com tal inovação, a comunicação telefônica se desvinculou das conexões físicas que, no telefone fixo, conectam o usuário por fios até uma central telefônica.

O princípio fundamental da telefonia móvel é a comunicação bidirecional (transmitir e receber) por meio de ondas de radiofrequência entre terminais móveis de assinantes (telefone celular) com outros terminais, sejam móveis ou fixos. Devido ao uso de radiofrequência, a telefonia móvel também é chamada de serviço de comunicação sem fio, em distinção ao serviço de telefonia fixa.

A comunicação entre os terminais é intermediada por uma rede de telefonia móvel, fundamentada em Estações Rádio Base (ERBs). Essas ERBs definem, em função da potência irradiada por suas antenas, uma área geográfica preestabelecida de atendimento, dentro da qual os assinantes têm acesso ao serviço de telefonia móvel, conforme a Figura 31. A representação das áreas de atendimento é feita em um formato hexagonal, denominado célula.



**Figura 31: Rede de telefonia móvel e células de atendimento**

A ampla distribuição da rede de telefonia móvel permite a manutenção do serviço individualizado, inclusive quando o assinante se encontra fora de seu domicílio original,

seja em outro município, seja em outro estado. Atualmente, devido à padronização técnica e acordos comerciais, o serviço pode alcançar assinantes que estiverem em outros países.

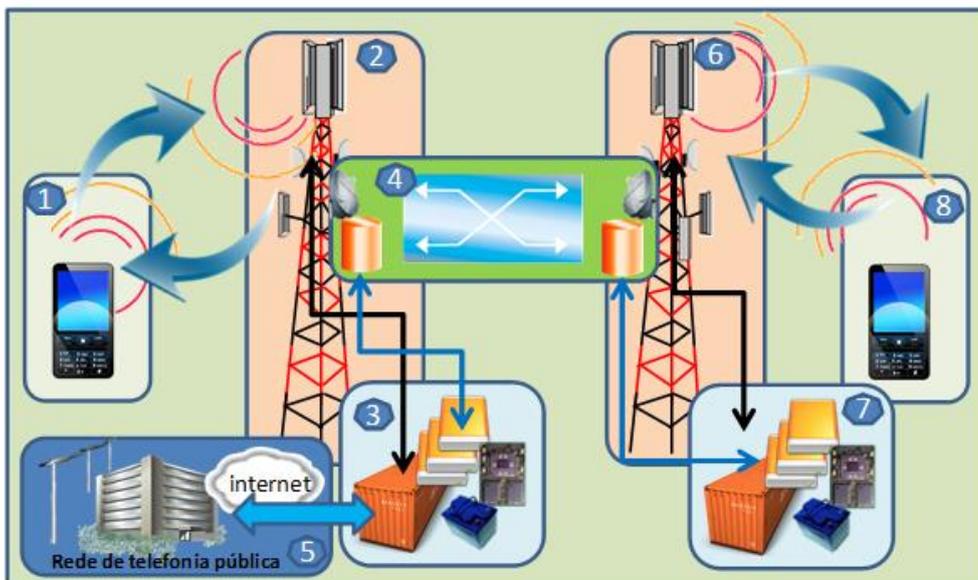
A rede de telefonia móvel e os telefones celulares evoluíram e incorporaram serviços e aplicações mais complexos. Hoje, a telefonia móvel permite a comunicação de dados, o envio de mensagens curtas de texto, fotografias, vídeos e músicas, o acesso à Internet, a navegação apoiada em GPS, entre outros.

Há uma grande variedade de telefones celulares, distribuídos em categorias dos mais simples aos *smartphones*, que incluem funcionalidades complexas, assemelhando-os cada vez mais aos computadores de uso pessoal e portátil. O telefone celular é elemento tecnológico efetivamente incorporado ao cotidiano das pessoas, atingindo a expressiva marca de mais de 260 milhões de terminais móveis ativos no Brasil em 2012 [6].

#### 4.1.1 Elementos funcionais

Na Figura 32 se exhibe uma representação da rede de telefonia móvel, onde se destacam os elementos principais:

- Telefone celular (1 e 8)
- Infraestrutura de sustentação e antenas (2 e 6)
- Equipamentos (3 e 7)
- *Backhaul* (4)
- Rede de Telefonia Pública – RTP (5)



**Figura 32: Elementos básicos da rede de telefonia móvel**

#### Telefone celular

O telefone celular somente pode funcionar se receber sinais adequados de radiofrequência. Outra condição para seu funcionamento é conseguir transmitir sinais de radiofrequência que sejam adequadamente recebidos pelas antenas nas ERBs. Para isso, o telefone celular incorpora uma antena de pequena dimensão acoplada ao receptor e transmissor, cuja máxima energia de transmissão é limitada para proteção ao seu usuário.

## **Infraestrutura de sustentação e antenas e equipamentos**

Esta é uma representação do sistema irradiante da ERB, que se destaca pelo uso de torres e antenas de transmissão e de recepção. A instalação das antenas deve ser elevada em relação ao solo e outras edificações circundantes, com o intuito de garantir a melhor distribuição do sinal transmitido, bem como a melhor recepção dos sinais provenientes dos telefones celulares. A altura é definida em função de uma série de fatores, tais como, frequência de operação das antenas e presença de obstáculos no entorno.

Em muitos casos não é necessário o uso de estruturas ou torres adicionais, pois edificações preexistentes podem ser utilizadas quando apresentarem localização, altura e espaço adequados para sustentar as antenas sobre a área a ser atendida. Cada antena opera em uma faixa de radiofrequência exclusiva e, caso seja necessário utilizar mais de uma faixa, outras antenas devem ser adicionadas. As antenas e a infraestrutura para sua sustentação são importantes elementos de rede, sem os quais a telefonia móvel seria inviável.

As ERBs concentram todas as comunicações oriundas dos telefones celulares, e as encaminham para os centros de conexão das informações. Os transmissores e receptores em cada ERB estão interligados com suas antenas através de linhas de transmissão. A fim de garantir uma operação continuada, a ERB necessita de sistemas de energia elétrica, associados a grupos de baterias elétricas, para suprir eventuais falhas no fornecimento de energia da rede de distribuição de eletricidade. Em geral, os sistemas eletrônicos das ERBs sofrem com a elevada temperatura ambiental, decorrente da exposição ao clima e da própria energia elétrica dissipada em seus componentes. Por isso, é comum o uso de sistemas auxiliares de refrigeração, que mantêm o controle da temperatura nos elementos eletrônicos.

### ***Backhaul***

O termo *backhaul* é utilizado para definir a conexão de uma ERB com os centros de conexão das informações (comutação) ou com outra ERB. As conexões podem ser obtidas por meio de enlaces de micro-ondas, em que se empregam antenas parabólicas, ou através de redes de fibras ópticas.

### **Rede de Telefonia Pública - RTP**

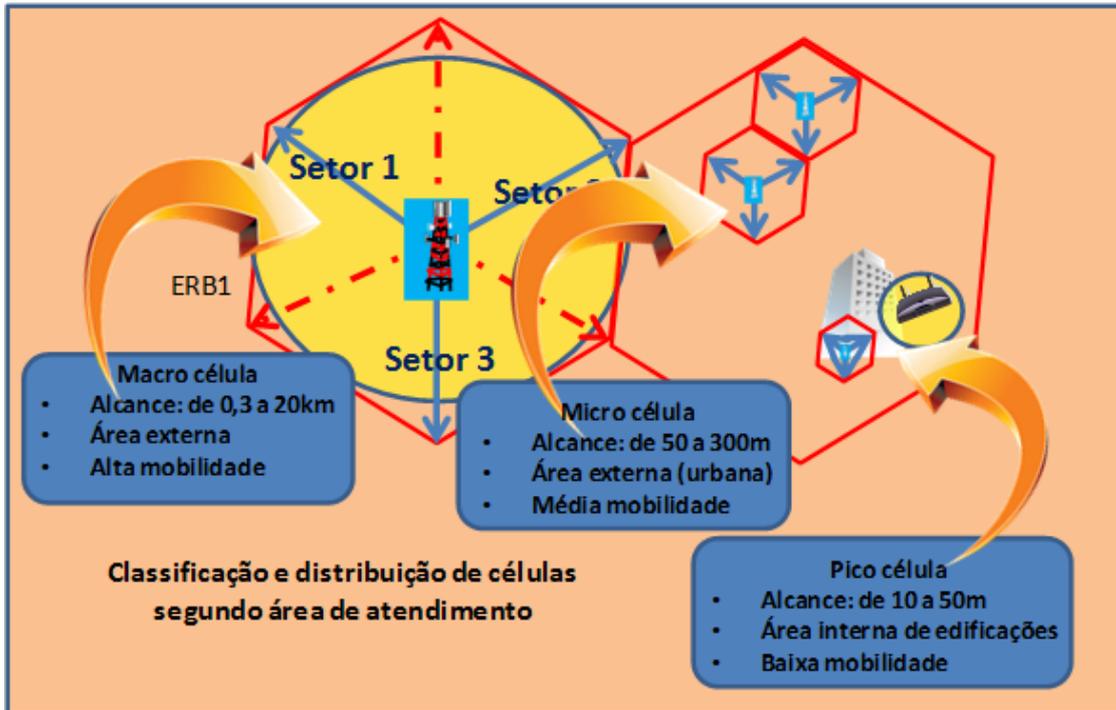
A conexão com a RTP decorre da comunicação encaminhada aos centros de comutação, por meio do *backhaul*. Na RTP obtém-se a generalização das conexões com outros serviços e redes, com destaque ao acesso à telefonia fixa, outras prestadoras móveis e à Internet.

### **Células de atendimento**

A nomenclatura “celular” advém da distribuição das ERBs, especialmente os elementos (2), (3) e (4) da Figura 32. Cada ERB faz o atendimento aos assinantes em apenas uma parcela da área geográfica total atendida pela telefonia móvel. Cada parcela da área geográfica total é denominada célula, do que deriva a nomenclatura telefonia celular.

Em uma célula, a energia emitida na transmissão sempre é a menor energia necessária para garantir o atendimento da área de interesse, que é criteriosamente determinada no planejamento da rede de telefonia móvel. Quanto maior for o número de assinantes numa determinada área, maior é o tráfego de informações e, portanto, maior deve ser a capacidade da rede. Como o tráfego que uma ERB consegue atender não é ilimitado, é necessária uma maior quantidade de ERBs para dar vazão a um tráfego que cresce. Em contrapartida, para uma mesma área geográfica, a maior quantidade de ERBs reduz substancialmente a energia emitida em cada ERB, pois cada uma tem que cobrir uma área menor. Portanto, o tipo de equipamento a ser instalado em uma ERB decorre do planejamento da rede, no qual se consideram as dimensões da área a ser atendida e a

estimativa de tráfego. Na Figura 33 estão representados três tipos de células que podem compor a rede de telefonia móvel, segundo suas propriedades e área de alcance.



**Figura 33: Classificação e distribuição de células**

A classificação das células pode ser estabelecida segundo suas características técnicas e uso diferenciado na rede de telefonia móvel:

- Macro células

As macro células são compostas por ERBs com maior alcance, que são instaladas em maior altura, viabilizando uma área de cobertura maior quando comparada aos demais tipos de células. Seu alcance situa-se entre 300 m e 20 km e por essa razão são utilizadas desde áreas com baixa densidade demográfica, ou menor concentração de assinantes, até grandes centros urbanos.

Para a manutenção e qualidade do serviço, torna-se importante a continuidade geográfica na cobertura de sinal, que se obtém com uma sobreposição de sinais oriundos de diferentes ERBs. Assim, as macro células permitem a disponibilidade contínua de sinal, inclusive, ao longo das rodovias. Para a instalação das macro células, em geral, se utilizam torres ou topos de edificações, mas também podem ser utilizadas para atendimento de ambientes internos (*indoor*).

Nas macro células é possível que os assinantes mantenham comunicação mesmo quando estejam se deslocando com velocidades superiores a 200 km/h. Essa propriedade é definida como alta mobilidade.

- Micro células

As ERBs das micro células têm alcance menor que o das macro células, cobrindo áreas compreendidas entre 50 e 300 m, e funcionam como “auxiliares”, atendendo às lacunas de cobertura das macro células e a altas demandas de tráfego em áreas pequenas.

Como um de seus objetivos é maximizar a capacidade de atendimento em termos de tráfego, são distribuídas em áreas com elevada densidade demográfica. As reduções de emissão de energia e de altura de instalação das antenas são viabilizadas porque não se

pretende uma grande extensão da área de atendimento. Note-se que, devido à redução da energia emitida, torna-se possível aproximar mais as antenas das pessoas.

As microcélulas também são utilizadas para a solução de falhas de cobertura, em pequenas áreas onde o sinal de outras ERBs não consegue chegar. A instalação típica das microcélulas se adapta às construções preexistentes, tais como fachadas de edificações e postes de iluminação.

A mobilidade propiciada exclusivamente pelo uso de microcélulas é intermediária, admitindo deslocamento dos assinantes com velocidade inferior a 70 km/h. Devido ao seu médio alcance, exige-se uma constante transferência de atendimento do assinante para outras células, cada vez que o telefone celular deixa a área de atendimento de uma célula.

- Picocélulas

Estas são as menores células das redes de telefonia móvel e, assim como as microcélulas, funcionam como auxiliares das macrocélulas no atendimento a locais com falha de cobertura e alta demanda de tráfego. Elas fazem uso de antenas muitíssimo reduzidas – quase imperceptíveis e com alcance situado entre 10 e 50 m. Com isso, ocorre uma substancial simplificação de sua eletrônica interna, o que possibilita uma redução de suas dimensões.

Tais propriedades favorecem seu uso em áreas internas das edificações, tais como em prédios de escritórios, *shopping centers* ou mesmo em áreas externas, como parques e zonas de convívio, onde há intensa circulação de pessoas. Devido à redução física e emissão de energia pelas picocélulas, sua instalação pode ser feita em paredes, tetos ou fachadas, e bem próxima das pessoas. A mobilidade propiciada é pequena, adequada a deslocamentos característicos da caminhada, com velocidade inferior a 36 km/h.

#### **4.2 Evolução da capacidade de tráfego e da quantidade de estações rádio base**

Os elementos básicos da rede de telefonia móvel, apresentados anteriormente, mantêm praticamente a mesma nomenclatura dos primeiros sistemas. Entretanto, a aplicação e a presença desses elementos vêm se intensificando ao longo do tempo, em decorrência da atualização tecnológica e do aumento na demanda da telefonia móvel (tráfego). Para finalidade didática, apresenta-se a seguir uma estratificação de evolução da telefonia móvel no Brasil em quatro estágios representativos:

- Estágio 1

O estágio 1 tem início por volta de 1990, com o começo da operação da telefonia móvel, onde apenas uma antena omnidirecional<sup>14</sup>, para uma única faixa de radiofrequência, era necessária. Havia baixa demanda devido à pequena quantidade de assinantes e, por isso, era possível empregar recursos tecnológicos mínimos, atendendo pequenas frações de áreas geográficas. Como consequência, eram instaladas poucas torres, na topologia tipo macrocélula. Naquela altura o serviço era oferecido com uso de tecnologia analógica, e por uma única prestadora.

- Estágio 2

Este estágio ocorreu entre 1995 e 1997. As áreas de atendimento originárias do Estágio 1 eram muito abrangentes. Por isso, apresentavam muitas deficiências, com regiões inteiras sem sinal. Naquele período, apenas as chamadas de voz competiam pelos recursos do sistema. Entretanto, com o crescimento do número de assinantes a demanda por tráfego atingia os limites da capacidade do sistema, ou seja, o número máximo de assinantes que poderiam utilizar o sistema ao mesmo tempo e era necessário crescer. Foi então que se aplicou a setorização nas ERBs, com antenas para cada 120° no entorno da torre. Para

<sup>14</sup> São antenas que irradiam de maneira uniforme para todas as direções.

cada antena se fazia a inclusão de novos elementos destinados ao encaminhamento das chamadas, elevando-se assim a capacidade de atendimento da telefonia móvel. Além disso, boa parte dos problemas de falha de cobertura nas áreas atendidas foi corrigida.

- Estágio 3

Após 1998, a telefonia móvel atinge sua maturidade. Surgiram novas prestadoras trazendo avanços tecnológicos, especialmente com facilidades muito atrativas que estavam vinculadas aos recursos inovadores das redes e dos telefones celulares. A telefonia móvel avançava por todo o território nacional e a competição entre as prestadoras reforçava tecnologias, com uso de novas faixas de radiofrequência, e congregava maior número assinantes. Acontecia então a disseminação de ERBs, com ampliação consistente das áreas de atendimento, elevação e eficácia da capacidade de tráfego, expressiva diversificação tecnológica e novas facilidades dos dispositivos. A partir deste estágio tornavam-se presentes ERBs constituídas em macro e microcélulas.

Na Figura 34 ilustra-se a passagem entre os três primeiros estágios de evolução da telefonia móvel no Brasil.

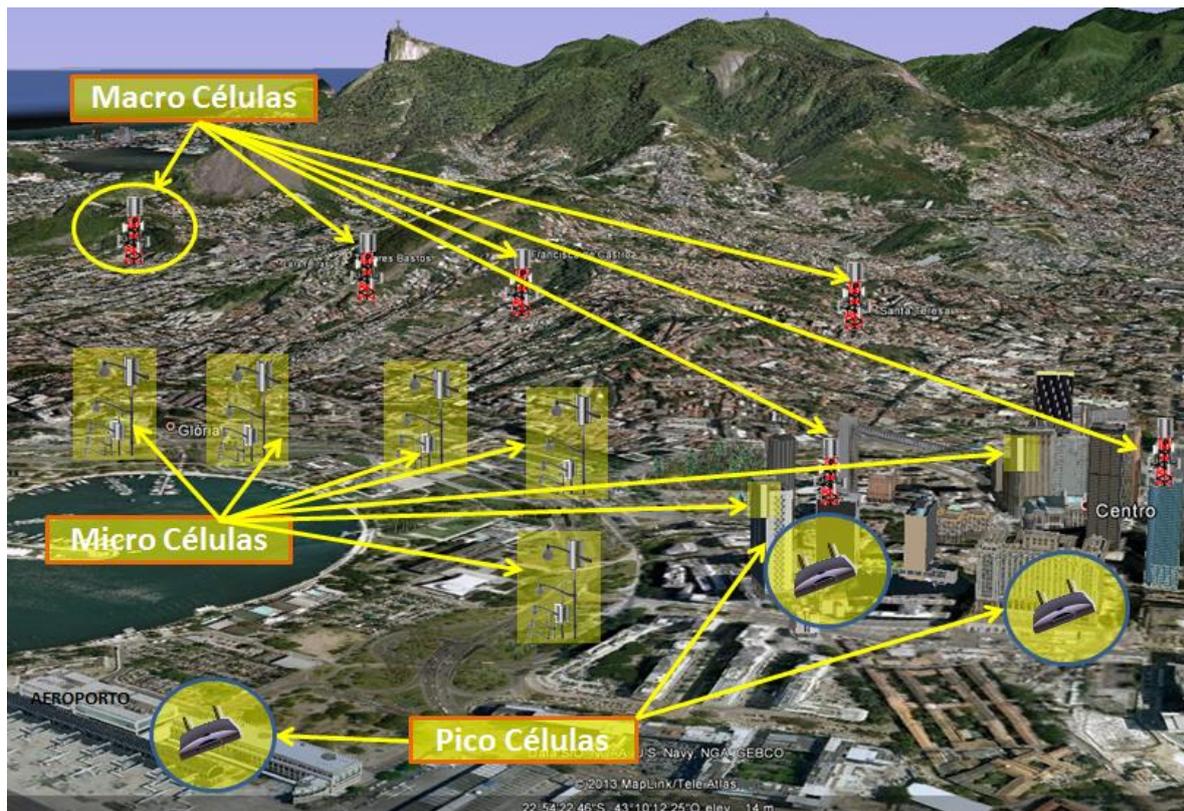


**Figura 34: Três primeiros estágios evolutivos (adaptado do Google Earth)**

- Estágio 4

Dias atuais. A telefonia móvel tornou-se instrumento crucial para sociedade brasileira, assim como são os outros serviços essenciais, tais como, o fornecimento de energia elétrica, água e esgoto. O número de terminais ativos supera o número total da população do país, com mais de 260 milhões de unidades [6]. As chamadas de voz tornaram-se secundárias frente às demais facilidades que a telefonia móvel oferece, levando inúmeros assinantes a utilizarem a conexão móvel como solução de acesso à internet. O período é de grande evolução tecnológica, com a necessária expansão da infraestrutura da rede de telefonia móvel.

Com essa evolução das tecnologias de telefonia móvel, será necessário um aumento da quantidade de ERBs. Entretanto, a distribuição dos elementos de rede deverá se diversificar com configurações de células – segundo capacidade e área de atendimento, em completa adequação à densidade demográfica –, que em última análise determina o tráfego nas redes. Na Figura 35, ilustra-se um exemplo de distribuição de células em um espaço urbano da área central do Rio de Janeiro.



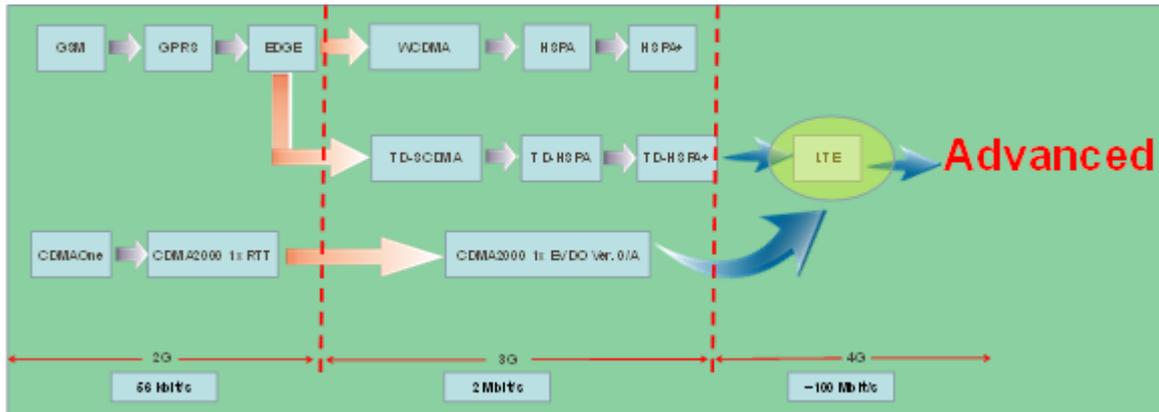
**Figura 35: Estágio 4 e distribuição de células na cidade (adaptado do Google Earth)**

Nesse cenário ideal destaca-se o uso de macrocélulas mais afastadas da orla, microcélulas utilizadas em avenidas e fachadas de edificações na área central e, por fim, picocélulas instaladas em áreas internas de edificações.

#### 4.2.1 Gerações tecnológicas

Como mencionado anteriormente, no Brasil a telefonia móvel (comercial) surgiu em meados de 1990. Com a tecnologia de primeira geração era possível realizar chamadas de voz, sustentadas em transmissões analógicas e enviar ou receber pequenas informações de texto, digitalizadas e transmitidas com taxas muito reduzidas em torno de 2,4 kbps. Em gerações tecnológicas mais recentes já é possível obter taxas de transmissão de dados cerca de mil vezes maiores que as que eram obtidas nos anos noventa.

Na atualidade as informações transmitidas são muito mais complexas do que simples textos e exigem, além de maior velocidade, certa qualidade de transmissão para que os serviços resultem satisfatórios para os assinantes. Na Figura 36 se apresenta uma perspectiva da evolução a partir da segunda geração (2G), que instaurou o processo de digitalização.



**Figura 36: Gerações tecnológicas**

Não sendo exclusividade do Brasil, a tecnologia dos telefones celulares foi muito bem aceita em todo o mundo. A ampla demanda impulsionou a criação e o fortalecimento de uma indústria que almejou o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais complexas e eficazes. Logo nos primeiros anos, o grande número de assinantes resultou em intensa utilização simultânea, exigindo maior capacidade de tráfego e, conseqüentemente, melhor aproveitamento das faixas de radiofrequência (designação do espectro radioelétrico).

- Segunda geração (2G)

A segunda geração da telefonia móvel chegou ao Brasil ao final da década de 1990. Com ela, obteve-se a digitalização da voz e a integração de serviços – incluindo-se o impactante envio de mensagens curtas (do inglês Short Message Service – SMS). Ainda foi possível elevar o aproveitamento do espectro eletromagnético e a entrada no mercado de novas prestadoras, que adotavam diferentes soluções tecnológicas de segunda geração – concorrentes e incompatíveis entre si, tais como:

- Code Division Multiple Access - CDMA
- Time Division Multiple Access - TDMA
- Global System for Mobile Communications - GSM

A distribuição dessas variáveis tecnológicas de segunda geração pelo país não foi uniforme. Ocorreram limitações de acesso aos assinantes, quando os mesmos se deslocavam para outras regiões onde não estava disponível o serviço de telefonia móvel compatível com a tecnologia específica de seus telefones celulares.

A tecnologia GSM inaugurou novas atribuições de espectro eletromagnético, em faixas de 900 MHz, 1,7 GHz e 1,8 GHz. Ela trouxe consigo novos serviços, com a incorporação do *General Packet Radio Service* – GPRS, que permitia a transmissão de dados a taxas mais elevadas. Por outro lado, o CDMA inovou com a maximização da capacidade de transmissão de dados, mantendo-se firme como opção no mercado. O GSM reagiu na maximização da transmissão de dados, com a substituição do GPRS pelo o *Enhanced Data for GSM Evolution* – EDGE

Como o GSM que foi adotado em toda a Europa e nos Estados Unidos, motivou uma maior oferta de terminais móveis, fator preponderante na atração dos consumidores. Isso proporcionou sua maior penetração no mercado brasileiro. Por fim, o GSM predominou frente às demais tecnologias e, por isso, foi disseminado em todo o território nacional, sendo adotado por todas as prestadoras.

Até o momento, o GSM mantém milhões de assinantes ativos no país e, por esse motivo, há a necessidade da manutenção da infraestrutura de transmissão com a tecnologia de segunda geração – até que se substituam todos os telefones celulares por outros de gerações mais atuais.

- Terceira geração – 3G

Embora fosse o serviço preponderante nas gerações de sistemas celulares anteriores, as chamadas de voz passaram a ser de interesse secundário frente às inovações tecnológicas na terceira geração (3G). Surgiram então novos desafios para a telefonia móvel. A capacidade de transmitir dados em taxas mais elevadas representou para os assinantes da telefonia móvel uma alternativa de conexão com a Internet – efetivamente configurando-se como acesso móvel à internet. Isso levou ao lançamento de produtos exclusivamente desenvolvidos para tal finalidade, na forma de *pen drives* conectados diretamente aos computadores.

De fato, intensificou-se o surgimento de novos serviços avançados baseados em fluxo de dados, como, por exemplo, serviços e sistemas de geoposicionamento (GPS), que exigem maior capacidade da rede de telefonia móvel.

As soluções para obter um maior fluxo de dados se tornaram o cerne da terceira geração, na qual se atingiram taxas de transmissão da ordem 2 Mbps, uma constatação contundente da evolução tecnológica.

Além dessas inovações, a demanda por maior capacidade de tráfego também decorreu do maior número de assinantes e do maior tempo de utilização. Conseqüentemente, na evolução para a terceira geração com elevação da capacidade de tráfego, foi necessária a instalação de novas antenas e transmissores nas ERBs existentes, bem como, a criação de novas ERBs.

- Quarta geração - 4G

Diferentemente do que ocorreu nas gerações anteriores de telefonia móvel, o sistema de quarta geração (4G) chega ao Brasil com um menor atraso em relação a outros mercados, sendo que a partir de 2013 o país alcança o estágio da tecnologia de telefonia móvel no restante do mundo.

O sistema 4G não é a evolução do 3G, rompendo com isso a linha tradicional de desenvolvimento das tecnologias. Até a terceira geração, os serviços de voz e de dados são tratados em separado, distinguindo-se toda comunicação que utiliza protocolos IP (*Internet Protocol*).

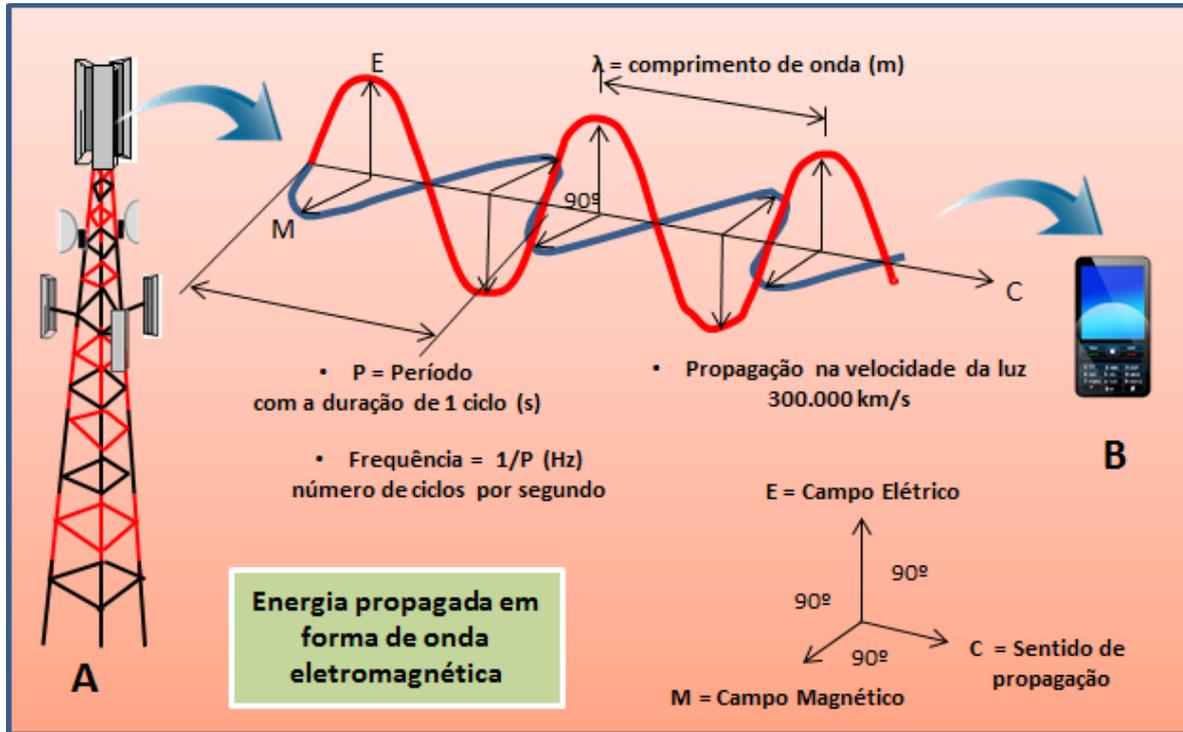
Já no sistema 4G toda a comunicação é fundamentada em fluxos de dados e, com isso, todos os serviços e recursos que estão disponíveis nas redes de banda larga fixa também estarão na telefonia móvel. É o que se denomina convergência, pois a telefonia móvel permitirá a realização de *chats* com vídeo, o envio de mensagens com multimídia, a fruição do serviço móvel de TV, cujo conteúdo será definido sob demanda, e o acesso à Internet em sua plenitude. A capacidade de tráfego se eleva e as velocidades devem ficar em torno de 100 Mbps, com a tecnologia *Long Term Evolution* – LTE, escolhida para as redes 4G no Brasil.

### **4.3 Emissão de energia por ERBs e telefones celulares**

A telefonia móvel transmite informações inteligíveis por meio da energia contida em ondas de radiofrequência. Partindo de uma definição superficial da física, a energia é tudo aquilo que provoca alguma ação na relação entre dois sistemas físicos. Na telefonia móvel, a energia aplicada em forma de ondas de rádio é capaz de ser propagada pela atmosfera terrestre e conduzir informações entre dois sistemas: a) Estação Rádio Base e b) telefone celular.

Na Figura 37 ilustra-se a onda de radiofrequência em propagação pela atmosfera, entre a Estação Rádio Base e um telefone celular. Nesta figura, as grandezas físicas Campo Elétrico (E) e Campo Magnético (M), que compõem a onda, estabelecem em conjunto a quantidade de energia que está se deslocando desde a antena de transmissão. Por conter

as componentes elétrica e magnética, a onda de radiofrequência também é denominada onda eletromagnética.



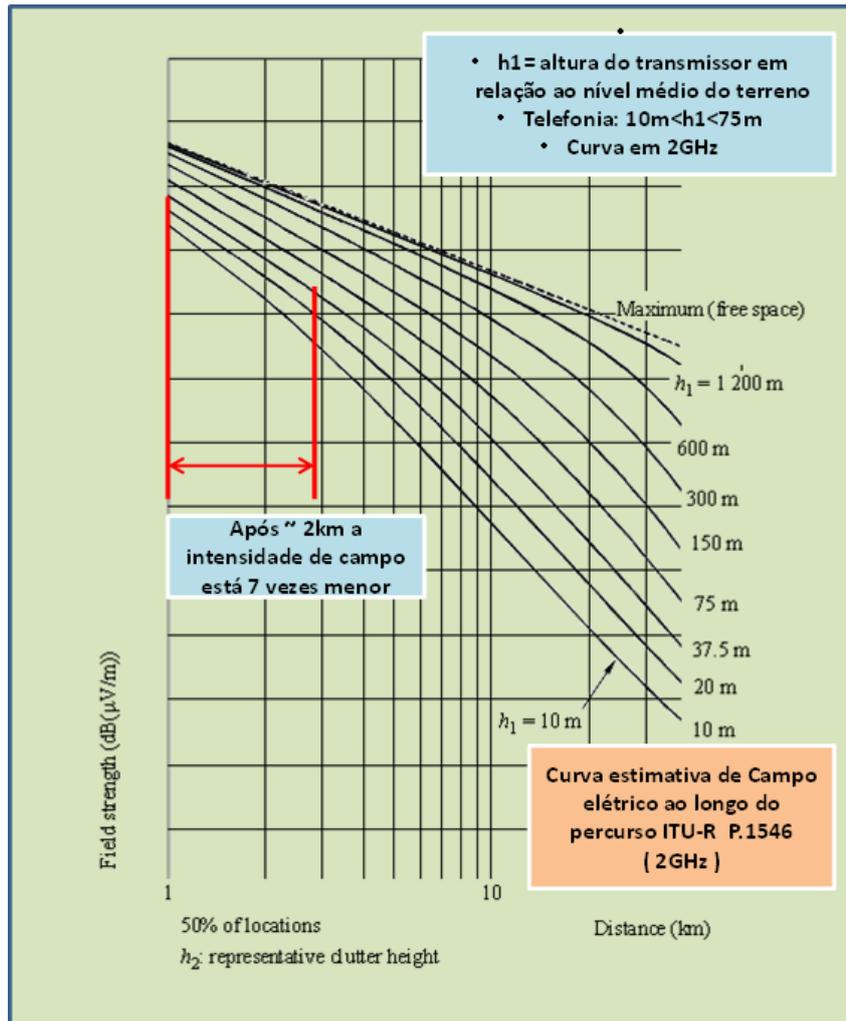
**Figura 37: Onda de radiofrequência**

Durante o seu percurso, a energia da onda eletromagnética é substancialmente reduzida e a intensidade dessa queda da energia depende de diversos fatores, entre os quais a frequência de oscilação (número de ciclos por segundo) é o fator preponderante. De fato, quanto maior a frequência, maior é a redução da energia e, portanto, menor a área de cobertura. Logo, para o atendimento de uma mesma área é necessário um número maior de ERBs operando em faixas de frequência superiores do que de ERBs operando em faixas menores.

Na Figura 38 é representada uma estimativa de redução da energia do Campo Elétrico ao longo de um percurso. Esta curva decorre de avaliação elaborada pela União Internacional das Telecomunicações – UIT e apresentada em [7].

A exposição das pessoas à energia dos transmissores de radiofrequência exige cuidados preventivos. Na legislação brasileira, essa questão é tratada pelo Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. Nesse regulamento se estabelecem limites de exposição a campos eletromagnéticos tanto para as ERBs, quanto para os aparelhos celulares (denominados Estações Terminais Portáteis). Esses limites são baseados nas recomendações da Organização Mundial da Saúde.

Como os telefones celulares são utilizados muito próximos das pessoas, em geral junto à cabeça, são fixados limites da Taxa de Absorção Específica (SAR), a qual define o quanto de energia é irradiada do telefone celular para o usuário. Conforme a Resolução nº 303 [3], a avaliação de SAR deve ser feita “em laboratório, envolvendo a medida direta da SAR em um manequim que simula a cabeça ou o corpo humano e exibe as mesmas características de absorção do tecido humano”. A aprovação no teste laboratorial é condição prévia para que os telefones celulares possam ser comercializados.



**Figura 38: Redução de E durante a propagação (ITU-R P.1546)**

A exposição das pessoas às transmissões das ERBs é administrada impondo-se:

- Limites da energia emitida pelos transmissores
- Distância mínima entre as antenas e área de circulação das pessoas, definida em função da energia emitida
- Direcionamento da irradiação das antenas em relação à circulação de pessoas

### Geometria da emissão de energia das ERBs

As antenas são os elementos da rede de telefonia móvel que emitem a energia em forma de ondas eletromagnéticas e sem as quais a telefonia móvel não seria factível. Contudo, para a população em geral, que desconhece o funcionamento das antenas, a observação de inúmeras delas distribuídas na área urbana leva a uma compreensível preocupação com possíveis danos à sua saúde. Em parte, essa preocupação deve-se ao desconhecimento da existência de limites máximos de emissão de energia definidos pela legislação brasileira.

Para facilitar a compreensão do conceito de emissão de energia pelas antenas das ERBs é possível fazer um paralelo com o comportamento de propagação da luz, pois este é praticamente idêntico ao das ondas de radiofrequência utilizadas em telefonia móvel.

Na Figura 39 representa-se a emissão de um fecho de luz proveniente de um farol automotivo. A largura do fecho de luz é definida pelas características da lente à frente da

lâmpada e do refletor atrás dela. A altura do fecho de luz também é definida pela forma da lente e do refletor. Portanto, definem-se dois eixos de emissão da luz: horizontal e vertical.

Há outra propriedade interessante a se destacar na comparação: a transição de farol alto e baixo. No farol automotivo, a mudança do farol alto para o baixo se faz com o acionamento de lâmpadas que estão num mesmo invólucro, e cujo foco de emissão resulta em elevação do fecho. Nessa mudança também ocorre variação da intensidade da luz emitida, mais forte para o farol alto e mais fraca para o farol baixo.

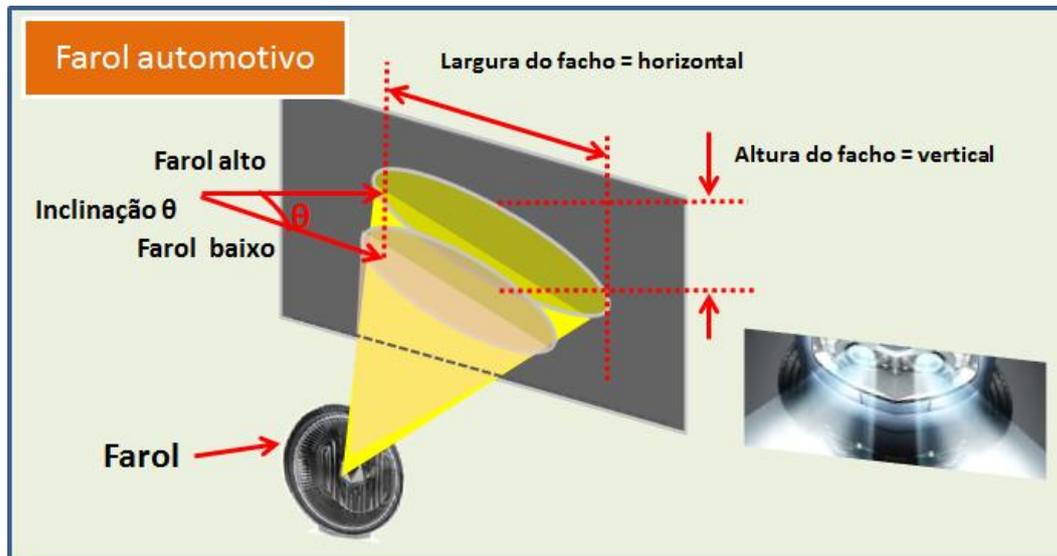


Figura 39: Fecho de luz do farol automotivo

### Emissão da onda de radiofrequência

Nas antenas das ERBs a emissão da energia ocorre conforme o diagrama da Figura 40, de modo semelhante à emissão de luz dos faróis automotivos. Há uma largura de emissão, resultante do diagrama horizontal, e uma altura de emissão, resultante do diagrama vertical. A inclinação, comparável com a mudança de farol alto e baixo, é denominada *tilt*, e deve ser fixada segundo critérios do planejamento, pois define o alcance do setor da ERB. O *tilt* é ajustado para reduzir a interferência de uma ERB sobre outra.

Nas antenas, é relevante indicar os pontos geométricos que limitam a emissão da energia. Nos diagramas polares (círculos do diagrama horizontal e do diagrama vertical) há uma gradação em escala logarítmica, cuja unidade está em decibéis (dB). No ponto de 3 dB indica-se que a energia emitida é reduzida pela metade, o que ocorre em 65° no Diagrama Horizontal. Já no ponto de 10 dB indica-se que a energia é reduzida para 1/10 do valor máximo, o que ocorre em 120° no Diagrama Horizontal.

No diagrama vertical observa-se que a emissão apresenta um ângulo bem reduzido, padrão tipicamente adotado para a maioria das antenas utilizadas em telefonia móvel. Nessa antena, para o ângulo de 5° a energia já é reduzida pela metade. Essa característica do diagrama vertical é exigida no controle de emissão da energia mais próxima da antena e não na interferência em células vizinhas. Com isso, a energia emitida para mais longe da antena é maior do que aquela emitida para mais perto dela. O *tilt*, como já explicado, limita o alcance da célula.

Nas antenas de telefonia móvel, denominadas direcionais ou planares, não ocorre emissão de energia para a parte posterior do equipamento, a exemplo do que acontece nos faróis automotivos. Por segurança, nos padrões técnicos se admite que a emissão de energia para a parte posterior da antena seja cerca de 1/100 do que é emitido para frente.

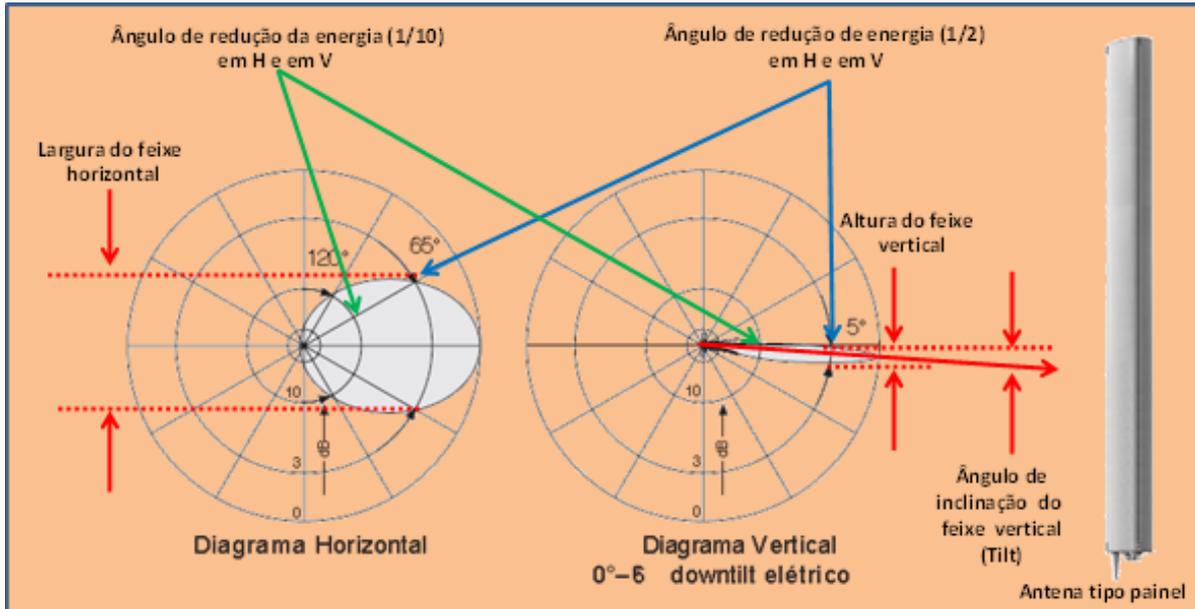


Figura 40: Emissão de antenas planares (adaptado de Kathrein)

### Falhas na emissão

Devido à existência de pontos nulos (ausência de emissão) no Diagrama Vertical da antena, há regiões dentro da área de cobertura de uma antena em que não haverá disponibilidade de sinal. Essas regiões estão predominantemente próximas da torre, conforme Figura 41.

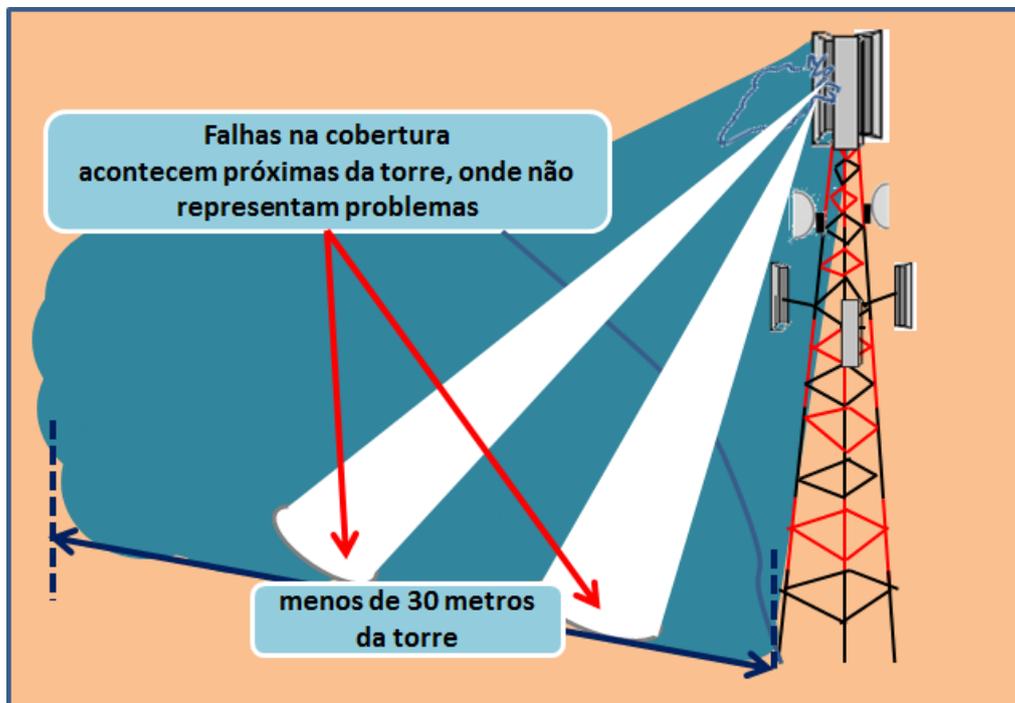


Figura 41: Áreas com falta de sinal próxima à torre

### Alcance e nível de energia a ser transmitido

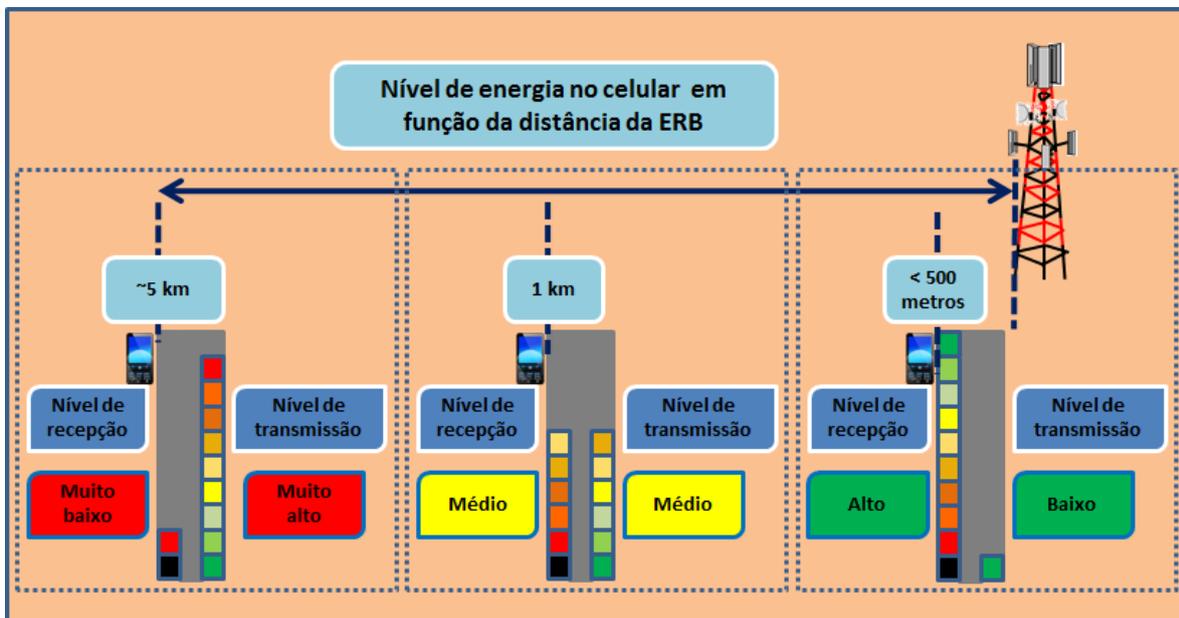
Conhecendo a forma de emissão da energia eletromagnética pelas antenas e a redução da energia ao longo do percurso do sinal, é possível avaliar a disponibilidade de sinal da telefonia móvel nas áreas de atendimento.

Para isso, o receptor do telefone celular identifica todas as ERBs presentes na região em que se encontra e se avalia a intensidade de energia recebida de cada uma delas. A ERB com o maior nível de energia é a escolhida para manter a conexão do telefone celular com a rede de telefonia móvel.

A avaliação da maior energia recebida também é utilizada para definir a quantidade de energia que o telefone celular deve transmitir. Em geral, essa quantidade de energia é definida pela distância entre o telefone celular e a ERB. Entretanto, características ambientais também influenciam. Por exemplo, se o telefone celular estiver dentro de uma edificação, haverá maior perda de energia durante o percurso entre a ERB e o telefone celular. Mas, de uma maneira geral, pode-se considerar que um menor nível de energia é recebido quando o telefone celular está mais distante da ERB. Nesse caso, o telefone celular deverá transmitir com maior energia para que seu sinal consiga percorrer a maior distância e ser recebido corretamente pela ERB.

Essa característica de funcionamento do telefone celular permite uma preservação da energia na bateria do aparelho. Ao reduzir a energia transmitida quando estiver maior proximidade com a ERB, o telefone celular deverá funcionar por mais tempo sem ser recarregado e, também, reduzirá a interferência entre os dispositivos em operação. O controle da energia transmitida também é aplicado nas ERBs.

Na Figura 42 representam-se níveis de transmissão e de recepção do telefone celular em função de sua distância em relação à ERB. Quando o telefone celular é utilizado próximo da ERB, o nível de sinal recebido é elevado e com isso deve transmitir um sinal de baixa intensidade. À medida que o telefone celular se afasta da ERB, ocorre um aumento da energia a ser transmitida. Esta última condição expõe o assinante à maior intensidade de energia, devido à proximidade do telefone celular do seu usuário.



**Figura 42: Nível de energia recebida e transmitida pelo celular**

Resumidamente, a menor exposição do assinante à fonte de energia eletromagnética ocorre com o nível de recepção alto no telefone celular e que resulta em um nível de transmissão baixo. Já a pior ocorre quando o nível de recepção é baixo e que resulta em nível de transmissão máximo.

Esse recurso de controle de energia transmitida que os sistemas celulares possuem pode reduzir a emissão a cerca de 1/1000 (milésima parte) a energia máxima, o que tem,

portanto, bastante relevância do ponto de vista de minimizar a exposição do usuário à radiação eletromagnética.

### Instalações sustentadas em edificações

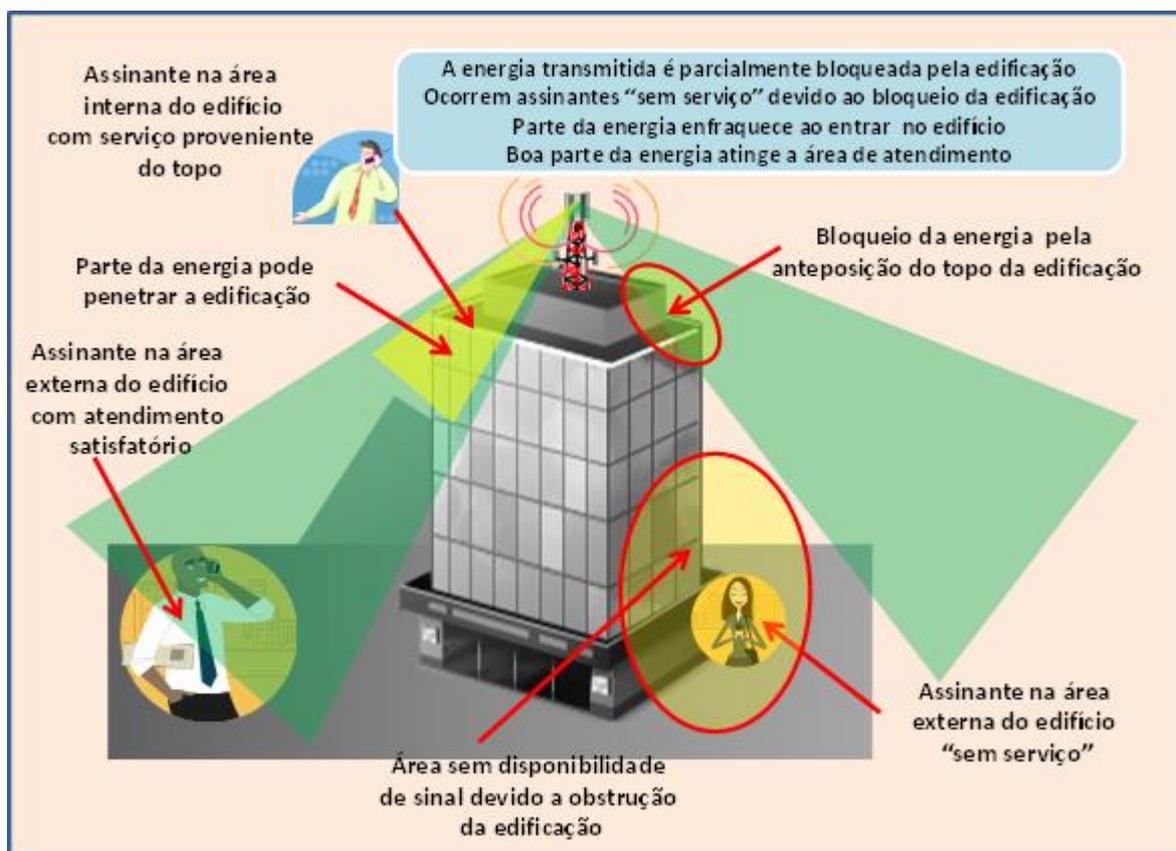
Observa-se que há três formas básicas de instalação de antenas em edificações existentes, que podem ser utilizadas individualmente ou combinadas:

- Centralizada no topo
- Próxima da borda do topo
- Na fachada

A seguir, apresentam-se alguns cuidados a serem tomados ao se instalar antenas em cada uma dessas formas básicas.

### ERBs no topo da edificação

Ao se instalar uma ERB no centro do topo de uma edificação, pode ocorrer, conforme apresentado na Figura 43, que parte da energia penetre na edificação. Entretanto, o concreto armado comumente utilizado nas estruturas dessas edificações tem uma ação direta na redução da energia que penetra a edificação. De fato, há uma redução substancial da energia que penetra a edificação, a partir do piso superior, tendendo a ser nula nos pisos inferiores.

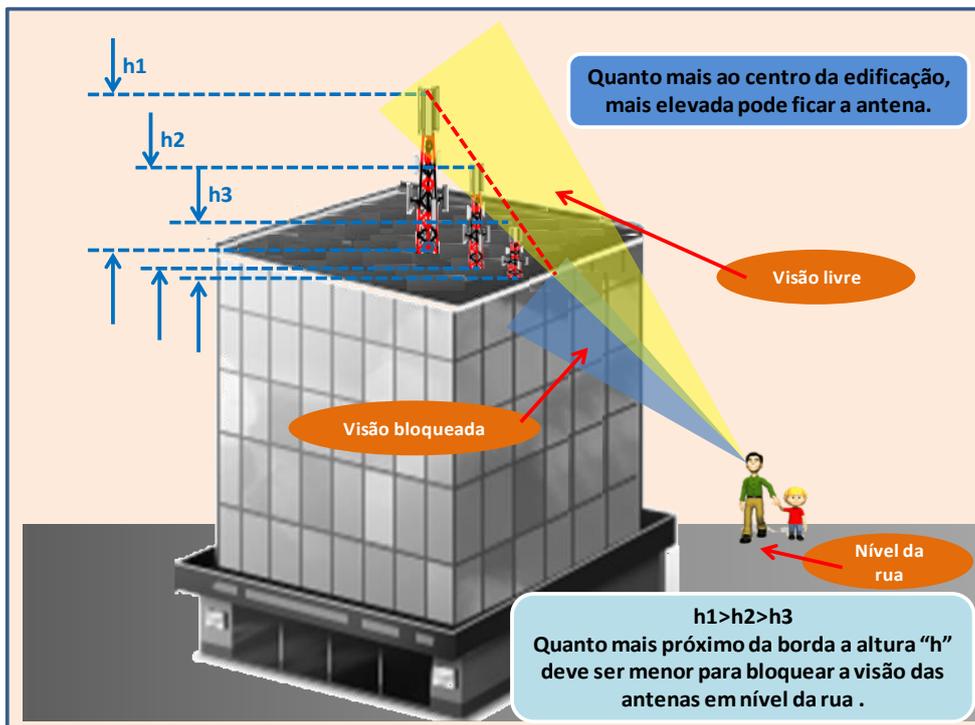


**Figura 43: Antenas no topo das edificações**

Como consequência, pode haver indisponibilidade do serviço para usuários que estejam no interior da edificação. Essa indisponibilidade de sinal também pode ocorrer em pontos próximos à edificação, no nível da rua, em decorrência dessa obstrução do piso superior do edifício, conforme a Figura 43. No entanto, assinantes que estejam mais afastados da edificação devem perceber satisfatoriamente a disponibilidade de sinal.

Por essas razões, a instalação de antenas em topos de edificações requer certos cuidados. O conjunto de antenas (incluindo seu suporte) instalado no centro do topo da edificação deve ter uma altura mínima de modo a que não haja um bloqueio da energia irradiada, como destacado na Figura 43. Por outro lado, deve ter uma altura máxima de modo a minimizar os impactos visuais. Essa altura máxima pode ser determinada em função da visão que uma pessoa passando pela rua tem ao olhar para o topo do edifício, conforme a Figura 44.

A altura máxima dos suportes e antenas pode ser estabelecida pelo plano formado pela projeção de um cone a partir da borda da edificação. Dessa maneira, se o conjunto estiver mais próximo da borda menor pode ser a sua altura. Por outro lado, quanto mais ao centro do topo do edifício maior pode ser a altura dos suportes e antenas.



**Figura 44: Altura de instalação no topo**

### Fachadas de edificações

Outra forma de instalar antenas é sustentá-las nas fachadas das edificações. Conforme Figura 45, pode-se observar que o sinal não sofre obstrução da edificação e, com isso, haverá melhor disponibilidade da energia ao longo da área de interesse. Tal como é mostrado na Figura 40, a emissão de energia deste tipo de antena ocorre exclusivamente pela parte frontal e, deste modo, não haverá penetração direta da energia na área interna da edificação. A disponibilidade de sinal na área interna somente é possível a partir de outra ERB.

Com relação à disponibilidade da energia no entorno da edificação, o controle será tanto melhor, quanto mais externa a antena estiver. Em contrapartida, antenas mais elevadas podem oferecer maior alcance. A técnica de instalação pode influir no melhor controle de interferências mútuas das inúmeras ERBs e na disponibilidade de energia na área de atendimento. A Figura 46 apresenta uma estimativa de eficiência das instalações, em relação à disponibilidade de energia no entorno da edificação.

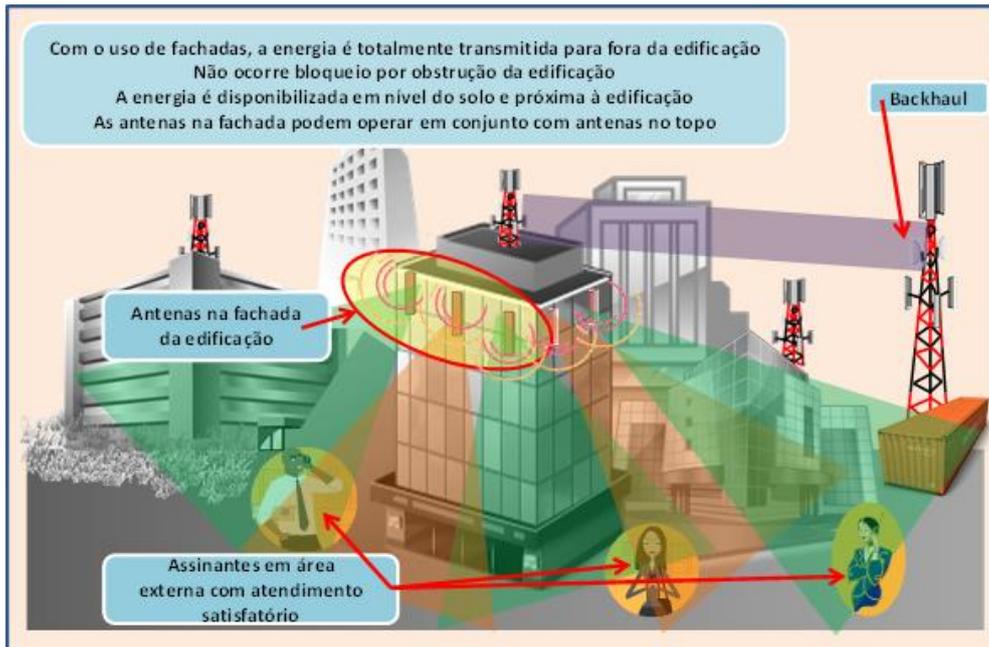


Figura 45: Antenas em fachada

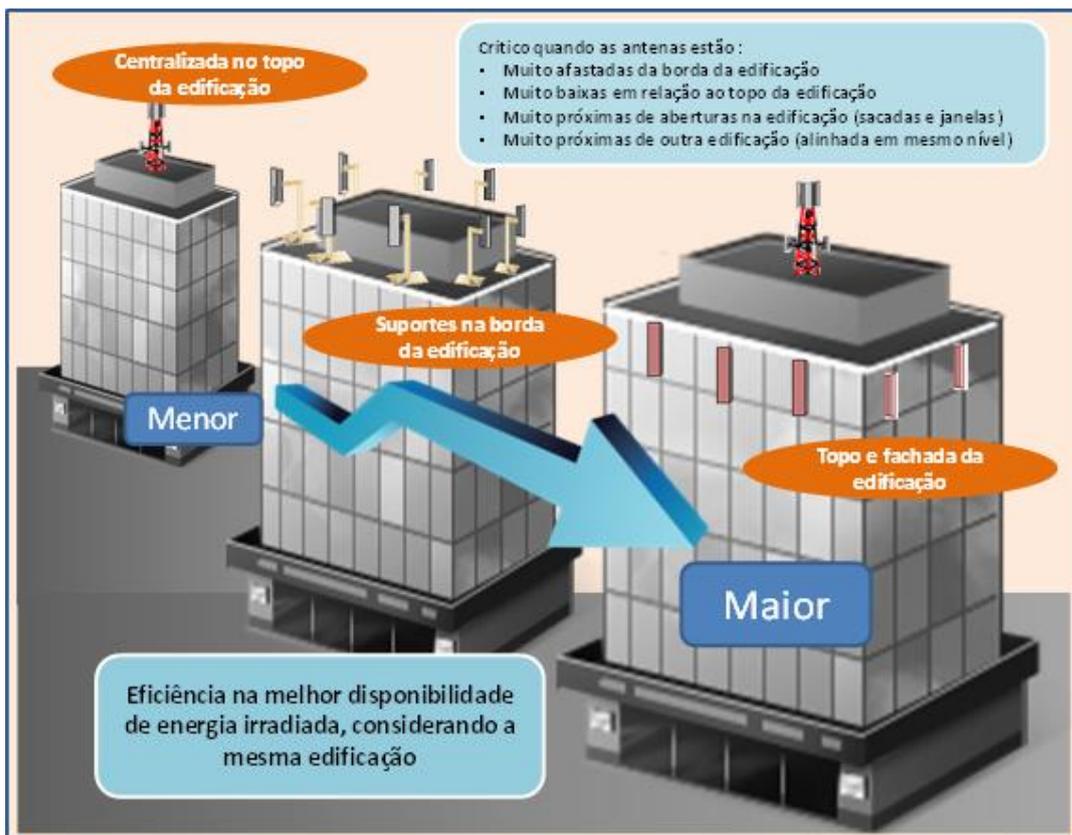
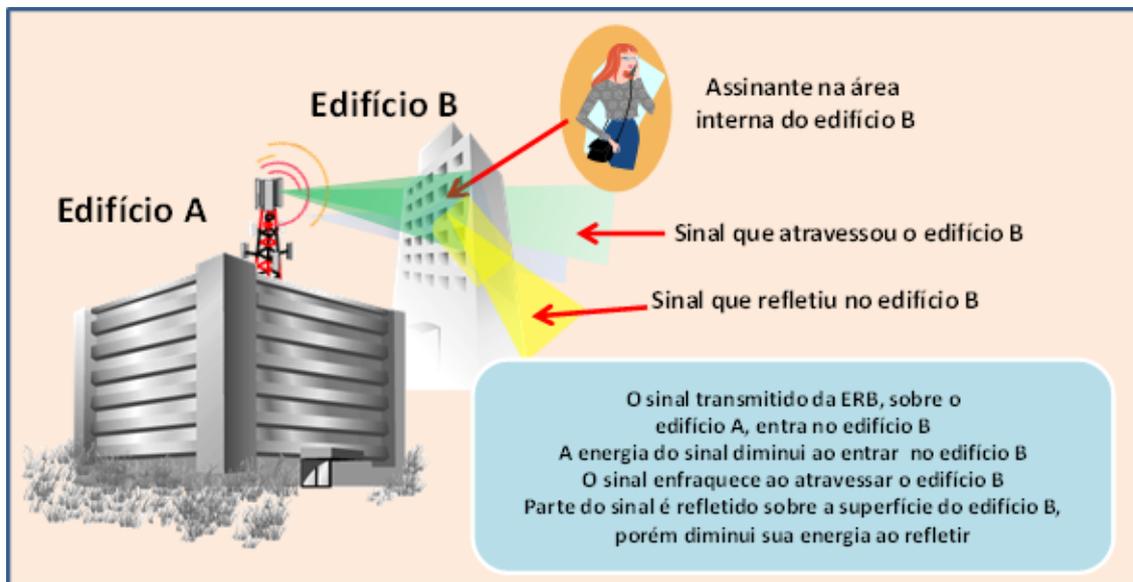


Figura 46: Diversidade de instalações em edificações

### Proximidade entre edificações e antenas

Em áreas com inúmeras edificações elevadas, é uma preocupação comum da população em geral a proximidade com as antenas que estão instaladas em edifícios vizinhos. Na Figura 47, observa-se que sobre o edifício A existe um conjunto de antenas, cuja emissão de energia está direcionada para uma face do edifício B. Observa-se ainda parte dessa

energia penetrando no edifício B, disponibilizando sinal para usuários que ali estejam. Nesses casos devem ser respeitados os limites estabelecidos na legislação brasileira, conforme descrito na Seção 3.



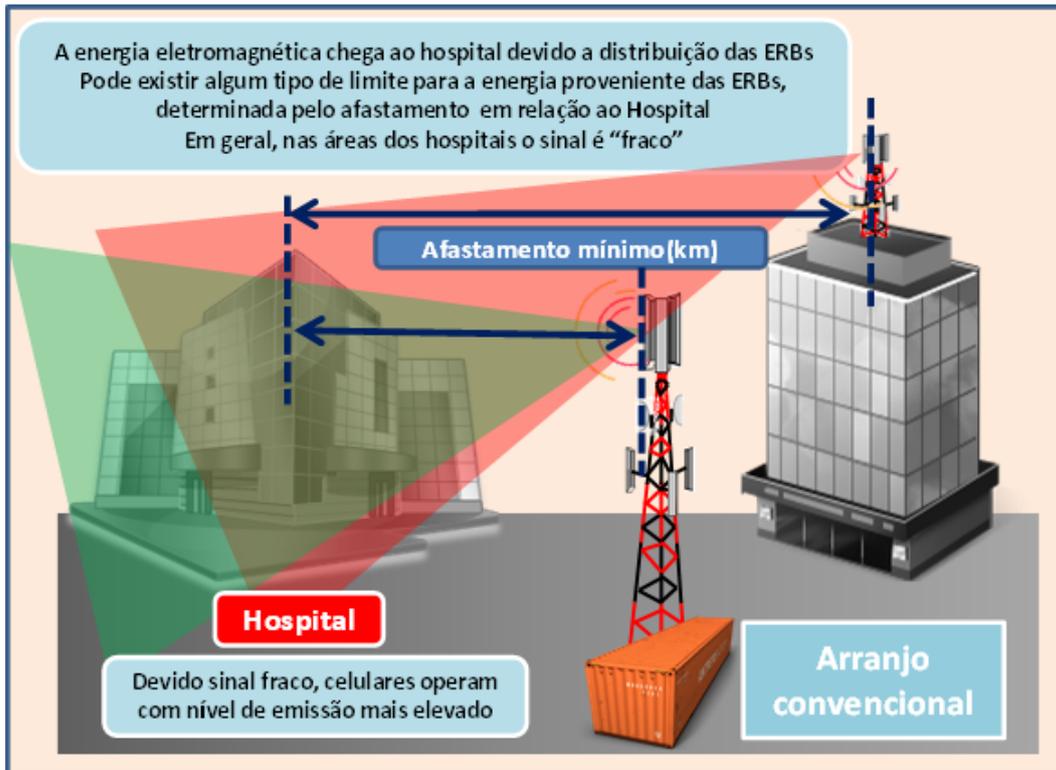
**Figura 47: Edificação frontal à antena**

## Hospitais

Muitos municípios brasileiros estabelecem distâncias mínimas entre ERBs e instalações hospitalares, visando minimizar nesses locais os níveis totais de energia eletromagnética provenientes da telefonia móvel, conforme ilustrado na Figura 48.

Em decorrência da adoção de distâncias mínimas ocorrem alguns fenômenos:

- O nível de sinal proveniente das ERBs é predominantemente baixo;
- Há hospitais onde os celulares não funcionam;
- Há hospitais onde os celulares funcionam somente em determinados setores do edifício, com nível de recepção sensivelmente baixo;
- O nível de emissão dos telefones celulares é predominantemente elevado, em decorrência do fraco sinal recebido, que o aparelho celular interpreta como sendo decorrente de uma distância muito grande das ERBs e, assim, eleva o nível do sinal emitido;
- A proximidade dos telefones celulares em relação aos pacientes pode resultar em níveis totais de energia superiores aos que são recebidos diretamente das ERBs, logo a energia eletromagnética mais significativa passa a ser dos telefones celulares, e não a proveniente das ERBs;
- Os celulares passam a interferir em equipamentos eletrônicos de uso médico.



**Figura 48: Proteção de hospitais baseada na distância às ERBs**

Portanto, os métodos tradicionalmente utilizados para restringir a energia eletromagnética proveniente das ERBs, em geral, podem causar efeito contrário ao almejado. Ao se reduzirem os níveis presenciais dos sinais oriundos das ERBs, se elevam os níveis de transmissão dos celulares ativos no local. Além disso, cabe lembrar que os níveis provenientes das ERBs são estabelecidos pela legislação brasileira visando à proteção à saúde humana.

Contudo, deve-se avaliar a "não interferência" da energia eletromagnética proveniente da telefonia móvel sobre os equipamentos eletrônicos de uso médico. Em geral, as medidas de redução da energia eletromagnética externa são aplicadas nas áreas críticas, tais como, unidades de terapia intensiva (UTIs). Avaliações e medidas preventivas em cada hospital devem ser realizadas individualmente e casos específicos são, obrigatoriamente, tratados por profissionais da área médica..

Em um arranjo alternativo, como o mostrado na Figura 49, administram-se o direcionamento das antenas, a instalação de ERB sobre uma edificação hospitalar, os efeitos de bloqueio da própria edificação, o controle de apontamento, o *tilt* e os níveis de energia de ERBs na vizinhança, entre outros.

Seguindo a inovação, empregam-se microcélulas em áreas externas ao Hospital e picocélulas em áreas internas, que podem oferecer controle efetivo e particularizado por ambiente. Como resultado, obtém-se um maior controle dos níveis presenciais de energia nas áreas do hospital, mantendo a disponibilidade do serviço de telefonia móvel. Ao se inserir uma ERB centralizada na área hospitalar, reduz-se a necessidade de que outras ERBs transmitam para aquela área e, por conseguinte, estarão mais bem controlados os níveis presenciais das ERBs de modo que, no edifício, os celulares irão transmitir com níveis de energia substancialmente reduzidos.

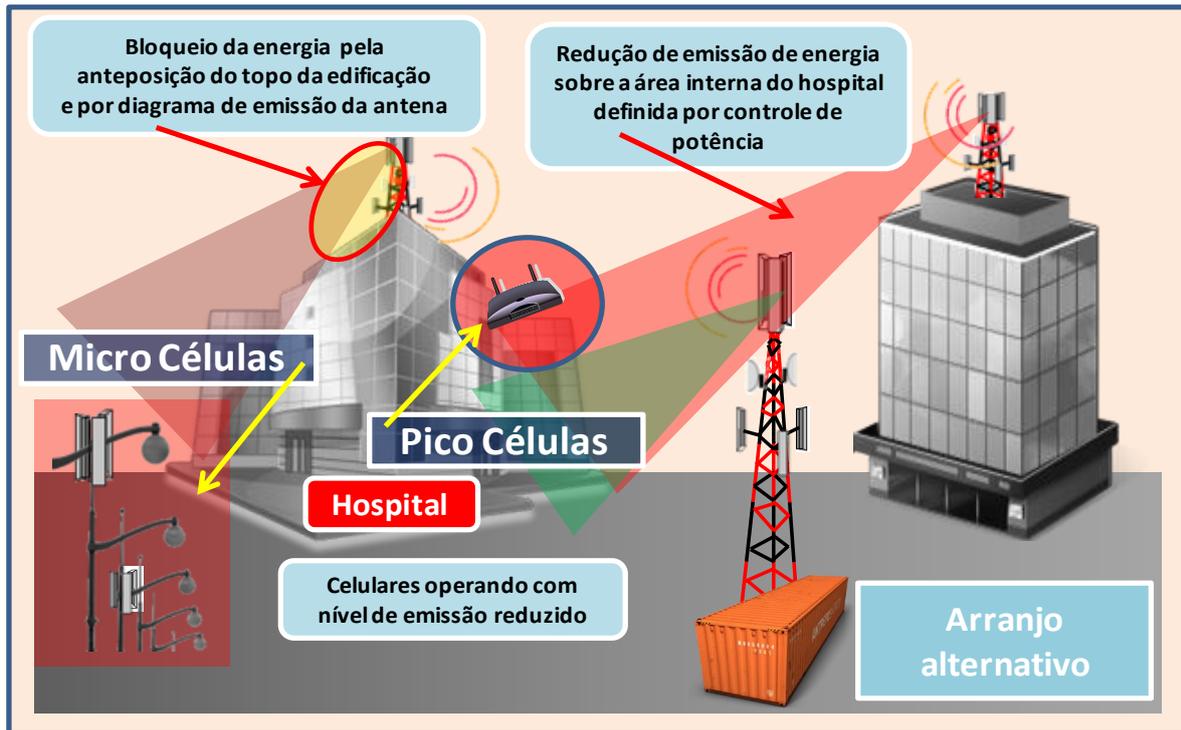


Figura 49: Proteção com arranjo hospitalar alternativo

### Escolas

Caso similar ao dos hospitais acontece com as escolas, onde se visa preservar as crianças da exposição às ondas eletromagnéticas, são estabelecidas distâncias mínimas entre estabelecimentos de ensino e ERBs. Na Figura 50 está representado o arranjo convencional adotado em relação às escolas.

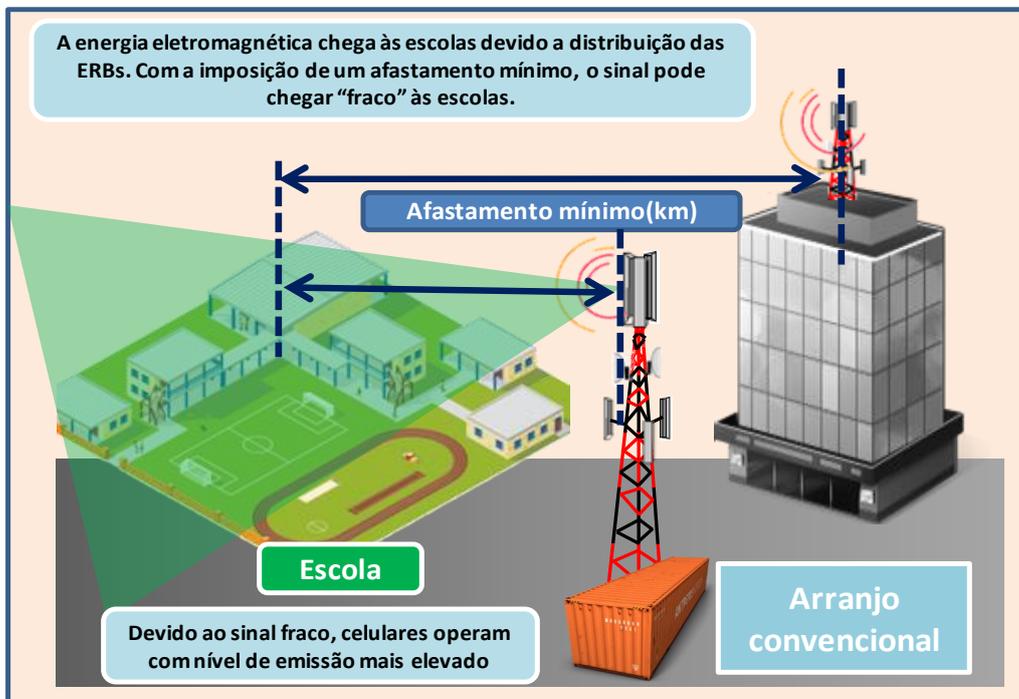


Figura 50: Proteção às escolas baseada em afastamento das ERBs

Em decorrência resulta que:

- O nível de sinal proveniente das ERBs é predominantemente baixo;
- Em algumas escolas os telefones celulares não funcionam;
- Em algumas escolas os telefones celulares funcionam somente em determinados setores do edifício, com nível de recepção sensivelmente crítico;
- O nível de emissão dos telefones celulares é predominantemente elevado, em decorrência do fraco sinal recebido, que o aparelho celular interpreta como sendo decorrente de uma distância muito grande das ERBs e, assim, eleva o nível do sinal emitido;
- A proximidade dos telefones celulares em relação aos alunos pode resultar em níveis totais de energia superiores aos que são recebidos diretamente das ERBs.

Novamente, o arranjo convencional pode acarretar em efeito contrário. Ao se reduzirem os níveis presenciais de energia oriundos das ERBs, se elevam os níveis de transmissão dos telefones celulares ativos no local.

Em arranjo mais elaborado, conforme a Figura 51, aplicam-se ERBs baseadas em microcélulas para áreas externas e picocélulas para áreas internas à escola. Desse modo, obtêm-se os níveis presenciais de energia rigidamente controlados e capazes de reduzir a emissão da energia dos telefones celulares.

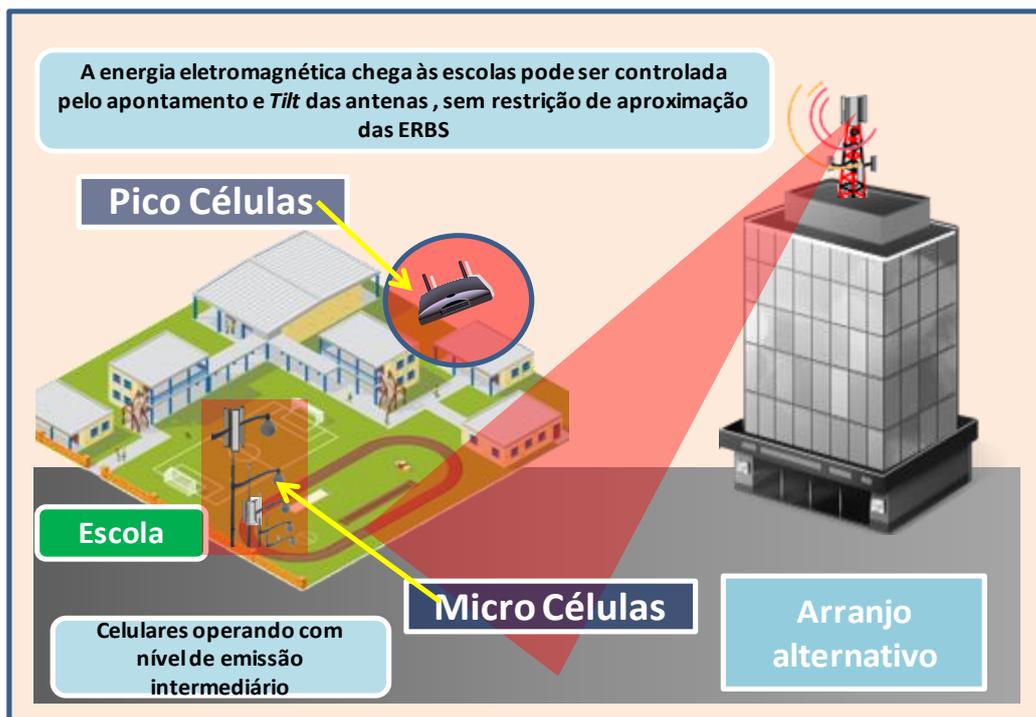


Figura 51: Proteção com arranjo escolar alternativo

## 5 Referência bibliográfica

- [1] MARIOTTO, F. T.; MEDRANO, M.S. Benchmarking internacional de regras para implantação de estações radiobase. Relatório técnico CPqD. 27 jul 2013.
- [2] Mobile Carriers Forum. *Guidelines for Better Visual Outcomes - Low Impact Mobile Facilities*. Disponível em:<http://www.mcf.amta.org.au>. Acessado em 29/08/2013.
- [3] BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. Resolução nº 303, 2 de maio de 2009. Aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXXXIX, n. 131, 10 jul. 2002. Seção 1, p. 62-68.
- [4] AUSTRALIA. Telecommunications Act 1997. 12 abr. 1997. Disponível em: <http://www.comlaw.gov.au/Details/C2013C00056>. Acesso em 04/03/2013.
- [5] BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. Informações técnicas – Telefonia móvel – Licenciamento. Disponível em: [http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalPaginaEspecial.do?acao=&codItemCanal=1368&codigoVisao=\\$visao.codigo&nomeVisao=\\$visao.descricao&nomeCanal=Telefonia%20M%F3vel&nomeItemCanal=Licenciamento&codCanal=284](http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalPaginaEspecial.do?acao=&codItemCanal=1368&codigoVisao=$visao.codigo&nomeVisao=$visao.descricao&nomeCanal=Telefonia%20M%F3vel&nomeItemCanal=Licenciamento&codCanal=284). Acesso em: 30/04/2013.
- [6] TELECO – Inteligência em telecomunicação. Estatísticas de celulares no Brasil. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/ncel.asp>. Acesso em: 04/03/2013.
- [7] União Internacional de Telecomunicações – UIT. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz (P.1546). Disponível em: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546-4-200910-l/en>. Acesso em: 04/03/2013.
- [8] BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. Resumo obrigações de atendimento com SMP. Disponível em: [http://www.anatel.gov.br/Portal/documentos/sala\\_imprensa/2-7-2012--10h39min37s-Regras\\_Atendimento\\_SMP\\_DISTritos\\_%C3%81rea%20Rural\\_com%204G.pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/documentos/sala_imprensa/2-7-2012--10h39min37s-Regras_Atendimento_SMP_DISTritos_%C3%81rea%20Rural_com%204G.pdf). Acesso em: 25/04/2013.