

SÉRGIO LUÍS TAMBOSI

**ESQUEMA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS
BASEADO EM
ANTENAS INTELIGENTES
PARA AMBIENTES
MÓVEIS CELULARES DE 3G**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

CURITIBA

2004

SÉRGIO LUÍS TAMBOSI

**ESQUEMA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS
BASEADO EM
ANTENAS INTELIGENTES
PARA AMBIENTES
MÓVEIS CELULARES DE 3G**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

Área de Concentração: *Sistemas Distribuídos.*

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Pellenz

Co-orientadora: Prof. Dra. Nelcy Keffer Camiña

Tambosi, Sérgio Luís

Esquema de Alocação de Recursos baseado em Antenas Inteligentes para Ambientes Móveis Celulares de 3G. Curitiba, 2004. 73p.

Dissertação – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.

1. Esquema de alocação de recursos 2. Qualidade de serviço 3. Redes de terceira geração 4. Antenas Inteligentes. I.Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada II-t

Esta página deve ser reservada à ata de defesa e termo de aprovação que serão fornecidos pela secretaria após a defesa da dissertação e efetuadas as correções solicitadas.

Dedico este trabalho a Marilda, Ariane e Matheus, com muito amor e carinho.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus que permitiu que este momento chegasse.

A meu orientador, Marcelo Eduardo Pellenz, que me auxiliou especialmente na finalização deste trabalho e a minha co-orientadora Nelcy Keffer Caminã. Ambos não mediram esforços para que este meu sonho pudesse ser transformado em realidade.

A André, Luciano, Paulo e Rosicléia, que tiveram participação especial durante o desenvolvimento do software simulador.

Aos professores e colegas do mestrado pelos incentivos e trocas de experiências durante todo o tempo em que convivemos juntos.

Sumário

Agradecimentos	vi
Sumário	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Símbolos	xii
Lista de Abreviaturas	xiii
Resumo	xiv
Abstract	xv

Capítulo 1

Introdução 1

1.1. Desafio.....	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Proposta.....	2
1.4. Organização do documento.....	3
1.5. Contribuições do trabalho.....	4

Capítulo 2

Parâmetros de Qualidade de Serviço 5

2.1. Introdução.....	5
2.2. Qualidade de serviço (<i>QoS</i>).....	5
2.3. Mobilidade dos usuários.....	7
2.4. Tipos de fluxos da conexão.....	9
2.5. Conclusão.....	11

Capítulo 3

Esquemas de Alocação de Recursos 12

3.1. Introdução.....	12
----------------------	----

vii

3.2. Esquema sem reserva de banda.....	12
3.3. Esquema de re-atribuição de banda.....	13
3.4. Esquema de reserva de banda adaptativo.....	15

3.4.1 Modelos de simulação do esquema adaptativo	21
3.4.2 Desempenho do esquema adaptativo obtido em [OLI98]	23
3.5. Estimativa probabilística de recursos.....	24
3.5.1 Modos de conexão do esquema de estimativa probabilística de recursos	26
3.6. Estimativa de recursos e controle de admissão utilizando o conceito de <i>cluster</i> sombreado.....	27
3.7. Conclusão.....	27
Capítulo 4	
Antenas para Ambientes Móveis Celulares	28
4.1. Introdução.....	28
4.2. Antenas onidirecionais.....	29
4.3. Antenas direcionais e antenas setorizadas.....	30
4.4. Antenas inteligentes.....	31
4.5. Tipos de sistemas de antenas inteligentes.....	32
4.6. Localização do usuário	34
4.7. Conclusão	35
Capítulo 5	
Esquema de Alocação de Recursos Proposto	36
5.1. Introdução.....	36
5.2. Controle de admissão do usuário móvel.....	38
5.3. Deslocamento do usuário móvel.....	40
5.4. Tempo de vida, largura de banda dos fluxos	41
5.5. Classes de mobilidade do usuário móvel	42
5.6. Esquema de reserva de largura de banda.....	42
5.7. Controle do <i>pool</i> de compartilhamento.....	46
5.8. Rejeição suave	47
5.9. Principais características do esquema proposto e do esquema adaptativo	47

	9
5.10. Conclusão.....	49
Capítulo 6	
Simulador de Ambientes Celulares de 3G - Sim3G	50
6.1. Introdução	50
6.2. Um possível cenário de simulação para esquemas de reserva de banda	50
6.3. Apresentação do Sim3G	51
6.4. Parâmetros de configuração	54
6.5. Acompanhamento das simulações.....	57
6.6. Resultado das simulações	57
6.7. Conclusão	58
Capítulo 7	
Estudo de Caso	59
7.1. Introdução	59
7.2. Desempenho do esquema proposto e do adaptativo.....	59
7.3. Parâmetros das simulações	60
7.4. Resultados das simulações	62
Capítulo 8	
Conclusão	70
Referências Bibliográficas	72

Figura 3.1	Queda de conexão durante procedimento de <i>handoff</i>	13
Figura 3.2	Prioridade de conexões em <i>handoff</i> sobre conexões novas.....	15
Figura 3.3	Exemplo de procedimento de reserva de largura de banda	18
Figura 3.4	Fluxo da reserva de largura de banda do esquema adaptativo.....	20
Figura 3.5	Probabilidade de <i>handoff</i>	22
Figura 3.6	Reserva em função do número de usuários móveis tipo 1	22
Figura 3.7	Exemplo de reserva de banda probabilística.....	24
Figura 4.1	Antena omnidirecional e padrão de cobertura [IEC03].....	30
Figura 4.2	Antena direcional e padrão de cobertura [IEC03].....	31
Figura 4.3	Antena setorizada e padrão de cobertura [IEC03].....	32
Figura 4.4	Sistemas de antenas <i>Switched Beam</i> . [IEC03]	34
Figura 4.5	Cobertura de sistemas de antenas setorizadas [IEC03].....	35
Figura 5.1	Sistema de antenas inteligentes	38
Figura 5.2	Controle de admissão e reserva de <i>pool</i> para nova conexão.....	39
Figura 5.3	Movimento do usuário móvel.....	41
Figura 5.4	Reserva de largura de banda do esquema proposto.....	45
Figura 6.1	Tela principal do Sim3G	52
Figura 6.2	Tela de configuração de parâmetros do ambiente celular	55
Figura 6.3	Tela de configuração de usuários móveis	55
Figura 6.4	Tela de configuração de largura de banda e duração por tipo de fluxo ..	56
Figura 6.5	Exemplo de movimentação gráfica do Sim3G	57
Figura 6.6	Arquivo texto de saída do Sim3G	58
Figura 7.1	Probabilidade de bloqueio de conexões	64
Figura 7.2	Probabilidade de queda de conexões	65
Figura 7.3	Comparativo geral dos esquemas adaptativo e proposto	66
Figura 7.4	Desempenho dos esquemas com fluxo tipo 1 – Voz e Vídeo.....	67
Figura 7.5	Probabilidade de queda com fluxo tipo 1 – Voz e Vídeo.....	68

		11
Tabela 2.1	Requisitos de <i>QoS</i> por tipo de serviço	6
Tabela 2.2	Largura de banda dos fluxos	10
Tabela 3.1	Características de tipo de tráfego 1 e 2 [OLI98]	14
Tabela 3.2	Largura de banda pelo número de conexões tipo 1 [OLI98]	19
Tabela 5.1	Características de largura de banda e tempo de conexão por tipo [KOC03]	42
Tabela 5.2	Largura de banda pelo número de conexões tipo 1 [OLI98]	46
Tabela 5.3	Principais características do esquema adaptativo e do esquema proposto	48
Tabela 7.1	Parâmetros para o ambiente celular	60
Tabela 7.2	Parâmetros para o usuário móvel	61
Tabela 7.3	Parâmetros para os fluxos do usuário móvel	61
Tabela 7.4	Cenários utilizados nas simulações	62
Tabela 7.5	Sumário por cenário das simulações realizadas	63

Lista de Símbolos

B_x	<i>Largura de Banda total reservada</i>
i, j	Indicadores de localização de células, coordenadas
	Probabilidade de bloqueio de conexão
PBC	
PQC	Probabilidade de queda de conexão
P_x	Probabilidade de usuário móvel x
q_{bl}	Quantidade de bloqueios de conexão
q_{cn}	Quantidade de conexões novas
q_{hd}	Quantidade de <i>handoff's</i> realizados
q_{qd}	<i>Quantidade de quedas de conexão</i>
t	Tempo
UB	Utilização de banda

Lista de Abreviaturas

2G	Sistemas celulares de segunda geração
2,5G	Sistemas celulares de 2,5 geração
3G	Sistemas celulares de terceira geração
<i>DSP</i>	<i>Digital signal processor</i>
ERB	Estação rádio base
h	Horas
<i>kbps</i>	Kilobits
Mbps	Megabits
<i>m</i>	Minutos
ms	Milesegundos
QoS	Quality of Service
s	Segundos
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol

Resumo

Aplicações multimídia, especialmente aplicações em tempo real, se tornarão um importante serviço para redes celulares de terceira geração. É necessário garantir qualidade de serviço (*Quality of Service – QoS*) para estas aplicações de tempo real. O gerenciamento eficiente de recursos em ambientes celulares de terceira geração torna-se um aspecto importante. Neste trabalho, um novo esquema de reserva de recursos é proposto para garantir qualidade de serviço em sistemas celulares sem fio (*wireless*) de terceira geração, através do estudo de algumas características deste tipo de ambiente celular: a alta utilização da largura de banda, controle de admissão e manutenção de conexão em *handoff*. Estas características foram implementadas em um ambiente simulador juntamente com um esquema de reserva de largura de banda e com a utilização de antenas inteligentes para garantir uma pequena probabilidade de queda de chamadas durante o procedimento de *handoff* e uma alta utilização da largura de banda disponível. O esquema proposto tem seu desempenho comparado com o esquema adaptativo através de simulações e são apresentados os resultados deste comparativo, onde são demonstradas as melhorias implementadas pelo esquema proposto em relação ao esquema apresentado na bibliografia.

Palavras-Chave: 1. Esquema de alocação de recursos 2. Qualidade de serviço 3. Redes de terceira geração 4. Antenas Inteligentes.

Abstract

Multimedia Applications, especially real time applications, will become an important service for cellular networks of third generation. It is necessary to guarantee Quality of Service (QoS) for these real time applications. The efficient management resources in third generation cellular environments becomes an important aspect. In this work, a new scheme of reservation of resources is proposed to guarantee quality of service in third generation wireless cellular systems, through the study of some characteristics of this type of cellular environments: the high use of the bandwidth, admission control and connection maintenance in handoff. These characteristics were implemented together in an ambient simulator with an outline of reservation of bandwidth and with the use of smart antennas to guarantee a small probability of fall of calls during the handoff procedure and a high use of the available bandwidth. The proposed scheme has its acting compared with the adaptative scheme through simulations. The improvements implemented by the proposed scheme in relation to the scheme presented in the bibliography are demonstrated.

Keywords: 1.Resource allocation schemes 2.Quality of service 3.Third generation networks 4.Smart antennas.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Desafio

A popularização das comunicações móveis teve um grande crescimento no mundo todo no final da década de 90, principalmente pela expansão das redes de telefonia móvel celular. Nesse cenário, nasceram os sistemas de terceira geração (também conhecidos como 3G), que proporcionam novas formas de se comunicar, acessar informações, conduzir negócios e de aprender sem a necessidade de equipamentos incômodos e pontos de acesso fixos.

Cada vez mais, as pessoas querem se livrar dos fios e cabos que as circundam e as prendem em locais fixos. Apesar disso, elas não abrem mão das facilidades proporcionadas pelas redes fixas de comunicação. Para poder superar as redes fixas e agregar fluxo multimídia às redes móveis, os pesquisadores têm concentrado seus esforços na capacitação dessas redes, em especial as de 3G, buscando proporcionar nelas garantia de *QoS* (*quality of service*). Porém, garantir *QoS* para fluxos heterogêneos (voz, dados e multimídia) em redes móveis não é exatamente uma tarefa fácil. Por isso se faz necessário o estudo de esquemas de alocação de recursos disponíveis, isto é, do espectro eletromagnético disponível, para que se consiga garantir *QoS* em redes 3G, de maneira tal que a largura de banda disponível, possa ser compartilhada pelo maior número possível de usuários [CHA99,NOR03].

Além dos problemas com largura de banda e disponibilidade de recursos já conhecidos e característicos de redes *wireless* ainda deve-se observar aspectos como a alta mobilidade dos usuários e a grande quantidade de *handoff's* decorrentes disso, principalmente em ambientes móveis celulares de micro e pico-células, onde o pequeno tamanho das células pode aumentar consideravelmente a quantidade de *handoff's* [KUU01,OLI00, CHOI02].

1.2 Motivação

Apesar de existirem alguns estudos sobre esquemas de alocação de banda e gerenciamento de *QoS* em redes 3G [KUU01,LEV97,OLI98, CHOI02], o aproveitamento de banda e a garantia de disponibilidade de recursos para *handoff* continuam sendo um grande problema. O estudo de novos esquemas pode demandar recursos físicos para sua implantação e testes, o que torna necessário o desenvolvimento ou utilização de simuladores para testar os novos esquemas e minimizar estes custos. Por estes motivos, no presente trabalho foi desenvolvido um esquema de controle de admissão e reserva de largura de banda para garantir as exigências de *QoS* em redes 3G, com o auxílio de antenas inteligentes e um software de simulação que permite avaliar o desempenho do esquema proposto comparando alguns parâmetros de *QoS* previamente estipulados com o Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo [OLI98].

1.3 Proposta

Com o objetivo de melhorar a *QoS* em redes 3G, neste trabalho é proposto um esquema de alocação de recursos, baseado em antenas inteligentes. No esquema, um controle de admissão de chamadas e a predição do movimento do usuário disponibilizado pelas antenas inteligentes são combinados com o tipo de fluxo (voz, dados e multimídia) e com o grupo de mobilidade do usuário (usuário imóvel, de baixa mobilidade e de alta mobilidade), para se buscar a melhor utilização de banda e diminuir a quantidade de quedas em *handoff*, além de ampliar a taxa de conexões novas aceitas na rede e melhorar o aproveitamento da banda disponível na célula.

Para proporcionar *QoS*, o esquema controla a admissão do usuário através de exame dos seus requisitos de largura de banda desejada e mínima, administra e procura garantir o *handoff* através da reserva de banda em células vizinhas, utilizando-se de informações de localização disponibilizadas pelas antenas inteligentes e na probabilidade de *handoff* proporcionada por parâmetros de mobilidade além do exame do tipo de fluxo do usuário móvel. Todos esses parâmetros, podem ser negociados com a operadora que disponibilizará o serviço e podem ser informados pelo usuário móvel quando este pretende conectar-se à rede.

Após ser aceita a conexão, o esquema ainda permite controlar a prioridade de fluxos, onde uma conexão de voz pode necessitar de largura de banda fixa enquanto fluxo de vídeo e dados pode sofrer uma diminuição em sua largura de banda sem prejuízo no resultado final da transmissão, tudo isso pré-negociado durante a admissão ou o *handoff* da conexão do usuário móvel na rede.

A mobilidade do usuário é classificada em três grupos principais que se diferenciam principalmente com relação à quantidade de *handoff*. Cada um destes grupos tem características diferentes, principalmente geradas pela velocidade entre um *handoff* e outro, sendo o primeiro grupo com nenhuma mobilidade, ou pouquíssimo *handoff*, o segundo grupo de baixa mobilidade ou taxa de *handoff* baixa e o terceiro grupo caracterizado pela altíssima taxa de *handoff* ou alta mobilidade [KUU01].

Para demonstrar a viabilidade do esquema proposto, um software de simulação foi desenvolvido e implementado com algumas das características citadas acima e é utilizado para simular também outro esquema proposto na bibliografia (Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo [OLI98]) de maneira a proporcionar um comparativo de desempenho medido sobre dois aspectos de *QoS* escolhidos: Probabilidade de Bloqueio de Conexão e Probabilidade de Queda de Conexão.

1.4 Organização do documento

Este trabalho encontra-se estruturado em oito capítulos. No segundo capítulo, os conceitos sobre parâmetros de *QoS* utilizados neste trabalho são abordados. No terceiro capítulo, são apresentados os principais esquemas de alocação de recursos existentes e detalhado principalmente o Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo que será comparado através de seus principais requisitos, por simulação, com o esquema proposto, a fim de se obter o desempenho do novo esquema. No próximo capítulo, são apresentados os conceitos de antenas para ambientes móveis celulares com ênfase em antenas inteligentes e seu funcionamento, para que se possa entender como essas antenas podem informar a localização do usuário móvel e diminuir o *overhead* de processamento no esquema proposto. O quinto capítulo é dedicado a apresentação do Esquema de Alocação de Recursos Baseado em Antenas Inteligentes que está sendo proposto. No sexto capítulo é demonstrado o funcionamento e as principais características do software de simulação desenvolvido e utilizado neste trabalho.

Um estudo de caso e os resultados obtidos no simulador para o esquema proposto são comparados aos resultados obtidos no simulador para o esquema adaptativo e este comparativo juntamente com o desempenho do novo esquema, são abordados no capítulo sete. No último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com o estudo do esquema proposto.

1.5 Contribuições do trabalho

As principais contribuições desenvolvidas neste trabalho são:

- Um novo esquema de admissão de usuários e controle de reserva de largura de banda;
- A inclusão, no esquema proposto, de antenas inteligentes para o auxílio na localização do usuário, que permite maior eficiência na reserva de banda;
- Um software de simulação para ambientes celulares de 3G.

Capítulo 2

Parâmetros de Qualidade de Serviço

2.1 Introdução

Um dos maiores desafios para os sistemas de comunicações móveis é conseguir uma utilização eficiente do espectro eletromagnético disponível para ondas de rádio, buscando prover serviços com maior qualidade para seus usuários. Com a grande evolução das comunicações móveis, observada a partir dos anos 90 e o surgimento de novas aplicações para redes *wireless*, cada vez mais exigentes em relação à largura de banda ocupada, disponibilidade da rede, atraso e taxa de confiabilidade, vários estudos sobre os parâmetros de *QoS* foram desenvolvidos para procurar garantir qualidade compatível com cada tipo de aplicação desenvolvida e utilizada nestas redes [CHA99,KOC03,NOR03].

No início deste capítulo serão abordados alguns parâmetros de *QoS* e como garanti-los em redes 3G. Alguns fatores que podem interferir na *QoS*, como a mobilidade dos usuários e os diversos tipos de fluxos possíveis em um usuário móvel, são vistos mais adiante, no final do capítulo. Estes fatores e os aspectos que interferem neles são implementados no simulador do esquema proposto, com o objetivo de tornar o mais real possível os resultados obtidos da simulação.

2.2 Qualidade de serviço (*QoS*)

QoS ou *Quality of Service* é um termo amplo utilizado para descrever a percepção da qualidade sentida por um usuário ou aplicação em uma rede móvel, por exemplo [NOR03].

A *QoS* geralmente define características não funcionais (que não dizem respeito a funcionalidade) de um sistema, que afetam a qualidade do serviço de comunicação que é percebida pelo usuário e oferecida pelas companhias que disponibilizam serviços em redes de 3G.

Em aplicações multimídia, como as presentes em redes 3G, isto pode incluir a qualidade da imagem, que pode ser melhor ou pior, dependendo da banda disponível, a velocidade com que os dados são transmitidos e chegam ao usuário, o atraso da rede, que é de suma importância para serviços de voz ou a disponibilidade de banda e o melhor aproveitamento desta, para atender ao maior número de usuários possível, dentro da rede móvel [CHA99].

Normalmente, redes 3G ofertam serviços diferenciados que possuem características diferenciadas de *QoS*. Esses requisitos normalmente são negociados com a concessionária ou operadora do serviço durante a assinatura do contrato de prestação de serviço. Na Tabela 2.1 pode-se observar alguns requisitos de cada tipo de serviço [KOC03].

Tabela 2.1: Requisitos de *QoS* por tipo de serviço

Tipo de Serviço	Taxa de dados (kbits/s)	Atraso Fim-a-Fim	Variação de Atraso	Perda de Dados
Acesso Remoto (Telnet)	<1	< 250ms	-	Zero
Áudio Streaming (Música)	5-128	< 10s	< 2s	< 1%
Correio Eletrônico (E-mail)	-	melhor esforço	-	Zero
Mensagem de Voz	4-13	< 1s	< 1ms	< 3%
Transferência de Arquivos (FTP)	< 384	< 10s	-	Zero
Vídeo One-Way	20-384	< 10s	< 2s	< 2%

Alguns dos fatores de *QoS* podem ser percebidos, por exemplo, quando um usuário tenta fazer uma ligação de uma célula, ou quando ele está numa célula e alguém gera uma ligação para ele. Um dos canais de comunicação da ERB (Estação Rádio Base) daquela célula é disponibilizado para o usuário, sendo estabelecida a conexão. Caso a ERB não tenha largura de banda disponível para o serviço requerido naquele momento, a ligação não é completada e esse fato é conhecido como ligação nova bloqueada. Um dos parâmetros de *QoS* de uma rede *wireless* é justamente a quantidade de vezes que esse fato ocorre, ou seja, a probabilidade de uma ligação nova ser bloqueada pela inexistência de largura de banda livre na célula origem ou destino da ligação.

Quando um usuário se move de uma célula para outra enquanto conectado à rede durante uma ligação, a largura de banda utilizada na comunicação na célula antiga (canal) é liberada e a ligação passa a ser estabelecida por um outro canal na nova célula, para que se possa manter a continuidade desta ligação. Esse procedimento de troca de canais é chamado de *handoff*. Se na nova célula, toda a largura de banda estiver ocupada então não vai existir nenhum canal livre para essa ligação de *handoff* e ela então é forçada a terminar, ou seja, a ligação cai e é então chamada de ligação de *handoff* bloqueada. A probabilidade de uma ligação de *handoff* ser forçada a terminar também é um parâmetro de *QoS* da rede.

Além dos parâmetros de *QoS* apresentados acima, que são especialmente relacionados a disponibilização e continuidade do serviço para uma conexão móvel, também pode ocorrer em redes onde exista algum esquema para reserva de banda, uma alta utilização (reserva) da banda para garantir *handoff*. Com isso novas ligações poderão ser bloqueadas e conseqüentemente o nível de *QoS* será menor. Então, se faz necessário um controle para o melhor aproveitamento da banda existente, com implantação de esquemas de alocação mais eficientes que evitem desperdiçar largura de banda disponível. O aproveitamento da banda e os parâmetros de *QoS* citados anteriormente, são abordados no esquema de alocação de recursos proposto como parâmetros para medição do nível de *QoS* e do desempenho deste esquema em relação ao Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo [OLI98]. Abaixo é apresentado um resumo dos parâmetros abordados:

- **Probabilidade de Bloqueio de Conexão (PBC)** : probabilidade de uma conexão nova ser negada por falta de largura de banda disponível na célula destino;
- **Probabilidade de Queda de Conexão em *handoff* (PQC)** : probabilidade de uma conexão cair durante o procedimento de *handoff* , por falta de largura de banda disponível na célula destino;

2.3 Mobilidade dos usuários

Para planejar e analisar o nível de *QoS* de uma rede deve-se observar além dos parâmetros de tráfego descritos na seção acima, também os padrões de mobilidade dos usuários na rede.

A caracterização destes padrões tem um papel fundamental no estudo dos sistemas móveis, uma vez que eles afetam diretamente o desempenho da rede através dos procedimentos de *handoff* e alocação de banda em células vizinhas. Esses procedimentos são realizados através da troca de mensagens de sinalização entre os diversos elementos que compõem a rede de comunicação móvel, contribuindo para o aumento da carga de tráfego (*overhead*) na rede. O modelo de mobilidade é fundamental na previsão e dimensionamento desse tráfego, permitindo que se realize um melhor planejamento para construção e manutenção de uma rede de 3G além de possibilitar ganhos de *QoS* através da reserva mais eficiente de recursos de largura de banda nas células vizinhas, conforme será visto a seguir [KUU01, OLI00].

Em alguns casos, os usuários móveis ficam parados desde o início da solicitação do serviço até o término da ligação, não ocasionando *handoff's* e conseqüentemente não exigindo reserva de largura de banda nas células vizinhas, diminuindo desta forma a probabilidade de bloqueio de ligações novas (PBC), nas células vizinhas (que é um dos parâmetros adotados no esquema para especificação da *QoS*) e também diminuindo o processamento e tráfego de mensagens de sinalização para reserva a ser feita pela ERB. Esses usuários móveis normalmente utilizam seus equipamentos móveis em escritórios ou residências e permanecem parados por todo o tempo de sua conexão gerando pouco ou nenhum *handoff*. Esses usuários são denominados como usuários móveis Classe I.

Num segundo grupo, podemos encontrar os usuários móveis que embora se movimentem, o fazem a baixa velocidade. Neste tipo de grupo, a quantidade de *handoff's* é pequena e normalmente ocorre em longos espaços de tempo, o que facilita também a reserva de largura de banda, que ocorre poucas vezes durante o tempo de vida da conexão. Neste grupo encontramos os equipamentos móveis como celulares que ficam com seus usuários, dentro de bolsas ou presos ao cinto do usuário. Os usuários eventualmente se movem (de maneira lenta) e nestes casos podem gerar *handoff*. Este grupo de usuários móveis foi denominado Classe II.

No terceiro e último grupo, temos os usuários móveis de alta mobilidade, que são aqueles que tem seus celulares instalados em carros (ou utilizados dentro deles). Como a velocidade destes usuários móveis é maior, a quantidade de *handoff's* é grande, o que pode causar um aumento na probabilidade de quedas em *handoff* (PQC) (que é um segundo parâmetro utilizado pelo esquema proposto para a medida da *QoS*) devido a constante reserva de banda nas células vizinhas, além de uma sobrecarga de processamento para a efetivação do *handoff*. Este grupo é denominado Classe III.

A mobilidade dos usuários será observada na construção do esquema proposto, através da criação de classes de usuários móveis conforme resumido abaixo:

- **Classe I** – usuários móveis parados e praticamente sem possibilidade de *handoff* (nenhuma mobilidade);
- **Classe II** – usuários móveis em movimento lento com baixa probabilidade de *handoff* (baixa mobilidade);
- **Classe III** – usuários móveis em movimento rápido e constante e alta probabilidade de *handoff* (alta mobilidade).

Estas três classes de movimento de usuários são implementadas no esquema proposto, com o objetivo de diminuir o *overhead* de processamento por troca de mensagens de sinalização, ocasionado pelo *handoff* e também para melhorar a eficiência da reserva e utilização de largura de banda disponível nas células vizinhas a da conexão.

2.4 Tipos de fluxos da conexão

As necessidades dos usuários que utilizam redes *wireless* e a tendência atual de convergência de vários serviços para redes únicas, configuram a necessidade de redes de 3G oferecerem serviços de dados, voz e imagem (estática ou em movimento), além de multimídia (i.e voz + vídeo, vídeo + dados), como condição básica a sua existência. Porém, oferecer serviços com características de ocupação de banda e prioridades tão distintas se torna um desafio. Assim, para demonstrar as diferenças entre os serviços, eles foram divididos em três tipos de tráfego distintos que guardam características diferentes entre si. São eles:

- **Tipo 1** – fluxo de voz, que é o tipo de tráfego tradicional em redes de 1G e 2G. Neste tipo de tráfego a largura de banda deve ser constante e uma queda nesta taxa pode significar a queda do fluxo;
- **Tipo 2** – fluxo de vídeo ou multimídia, que é um tipo de fluxo que também permite a redução da largura de banda, visto que alguns clientes podem ter codecs (codificadores/decodificadores) de taxa variável, permitindo que se reduza a taxa de transferência e conseqüentemente a largura de banda até um certo limite que ainda possibilita a visualização por parte do usuário do vídeo em qualidade aceitável;

- **Tipo 3** – fluxo de dados, que normalmente se dá em rajadas e pode ser reduzido a uma taxa de bits mínima, sem muitos prejuízos para a conexão, isto é, pode-se diminuir a largura de banda deste tipo de fluxo no caso de uma necessidade de alocação de banda a outro fluxo de maior prioridade.

Na Tabela 2.2 são demonstradas as larguras de bandas típicas dos tipos de fluxos apresentados:

Tabela 2.2: Largura de banda dos fluxos [OLI98]

Tipo de Fluxo	Largura de Banda Requerida	Média Largura de Banda Requerida	Exemplo
1	30 kbps		Voz, Telefone
2	256 kbps		Vídeo Conferência
2	1-6 Mbps	3 Mbps	Vídeo Sob Demanda
3	5-20 kbps	10 kbps	Email – Fax
3	64-512 kbps	256 kbps	Dados sob Demanda
3	1-10 Mbps	5 Mbps	Transferência Arquivos

Em qualquer um dos tipos de fluxo citados acima é necessária a negociação prévia da taxa de transferência, já na contratação do serviço pelo usuário junto à concessionária ou operadora, de maneira a permitir ao esquema proposto obter e controlar as taxas mínimas e ideais de cada fluxo durante a conexão e auxiliar na re-alocação de banda durante os procedimentos de *handoff*.

No esquema proposto, os tipos de fluxo são tratados com prioridades diferentes, ou seja, um fluxo pode ser mantido conectado a rede e a desconexão de outro pode ocorrer em um procedimento de *handoff* que não disponha de largura de banda suficiente para atender a todos os fluxos existentes. Mesmo para novas conexões, a prioridade será levada em conta.

O fluxo tipo 1 (voz) sempre receberá maior prioridade para conexão, pois o tráfego de voz não admite atrasos e requer banda constante. Já o fluxo tipo 2 (vídeo), pode sofrer diminuição de sua largura de banda, de um patamar máximo até um mínimo, e mesmo assim manter a conexão aceitável ao usuário. O fluxo do tipo 2 terá menor prioridade que o tipo 1. O fluxo de tipo 3 (dados) pode ter sua taxa de bits reduzida ao mínimo, o que ocasionará atraso na entrega, porém isto não impede sua manutenção na rede. Caso um fluxo tipo 3 seja desconectado, ainda assim poderá ser retomado sem maiores prejuízos e por isso tem a menor prioridade entre os três tipos [KUU01,OLI98].

2.5 Conclusão

Para medir a eficiência de um esquema de alocação de recursos e compará-lo a outros esquemas para determinar seu desempenho, parâmetros de *QoS* são normalmente utilizados. Dentre eles a probabilidade de quedas de conexão em *handoff* (PQC) e a probabilidade de bloqueio de novas conexões (PBC) podem ser destacados em redes 3G.

Esses parâmetros podem ser influenciados pela mobilidade do usuário e pelos tipos de fluxos que estão disponíveis no usuário móvel e são abordados no esquema proposto e implementados no simulador para possibilitar ganho de *QoS* e também para medir seu desempenho em relação ao Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo [OLI98].

Capítulo 3

Esquemas de Alocação de Recursos

3.1 Introdução

Em redes celulares de 3G, o tráfego de dados, voz e vídeo estático e em movimento (que configuram os vários fluxos que podem existir nessas redes) tende a ser maior, conforme às características de largura de banda oferecida. Devido a isto e as exigências dos usuários, que esperam serviços de alta qualidade e disponibilidade nestas redes, há um aumento no consumo de largura de banda, o que acaba por vezes a restringir a quantidade de usuários em uma célula e também ocasiona a perda de conexão em *handoff* devido à falta de largura de banda para acomodar todos os fluxos na célula destino. Assim, se faz necessário implementar esquemas que melhorem a ocupação da largura de banda disponível de maneira a maximizar seu uso e a garantir que usuários em *handoff* não percam suas conexões. Estes esquemas são conhecidos como esquemas de alocação de recursos.

Neste capítulo serão apresentados alguns esquemas de alocação de recursos propostos na bibliografia [KUU01,LEV97,OLI98], demonstrando-se suas funcionalidades e suas principais características.

Algumas características destes esquemas, como a mobilidade do usuário e os tipos de fluxos de um usuário móvel são utilizados na implementação e como parâmetros de entrada para o esquema proposto.

3.2 Esquema sem reserva de banda

Neste esquema não há reserva de banda em células vizinhas e é o esquema normalmente utilizado nas redes celulares de 2G. Uma nova conexão só é aceita, quando sua quantidade desejada de largura de banda está disponível na célula alvo.

Caso essa largura de banda não esteja disponível, a conexão é simplesmente rejeitada. Em caso de *handoff*, a conexão é aceita, se pelo menos sua largura de banda mínima está disponível na célula para a qual o móvel está se movendo [OLI98].

Alguns problemas que envolvem *QoS* podem ser observados neste esquema:

- Se todos os recursos estiverem alocados para chamadas novas, as chamadas em *handoff* irão cair, conforme ilustrado na Figura 3.1;
- Quedas de chamadas são mais comuns que bloqueio de novas chamadas;
- O parâmetro de queda de conexão (PQC) é utilizado como medida de *QoS*.

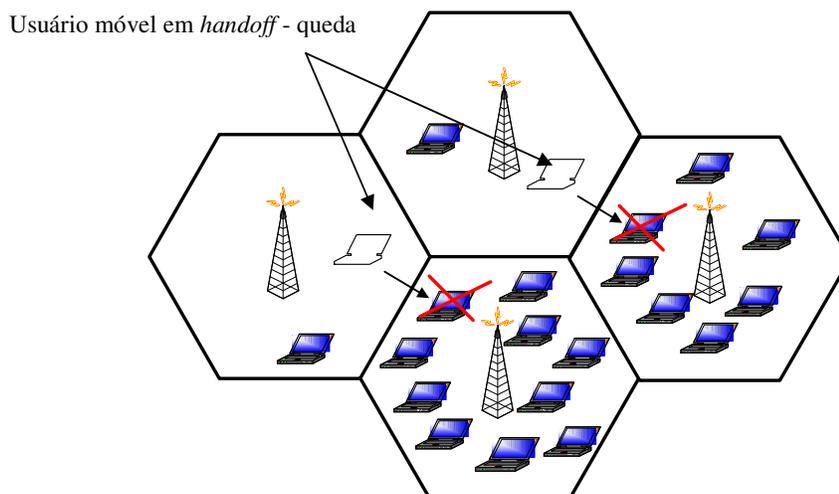


Figura 3.1: Queda de conexão durante procedimento de *handoff*

3.3 Esquema de re-atribuição de banda

Neste esquema, de acordo com o tipo de tráfego, é indicada uma prioridade e a largura de banda de um tipo pode ser re-atribuída a outro para apoiar o *handoff*. Dois tipos de tráfego são assumidos:

- Tipo 1 - tráfego de tempo-real (*real-time traffic*) – esta classe inclui tráfego de voz e de vídeo para usuários equipados com *codec* (codificador e decodificador de vídeo e áudio) de taxa variável.

Em caso de congestionamento na rede, estes usuários podem ajustar a taxa de tal forma que a qualidade de voz e vídeo no receptor seja ainda aceitável e desta maneira garantir a sucesso no *handoff*. Entretanto, se a taxa de codificação é reduzida abaixo de um limite mínimo, a qualidade do vídeo e áudio recebido se torna inaceitável o que pode sugerir a queda da conexão durante o *handoff*.

- Tipo 2 – tráfego sem exigência de tempo real (*nonreal-time traffic*) – inclui tráfego de dados, como *e-mail* troca de arquivos e também outros tráfegos gerados sob o Protocolo de Controle de Transmissão /Protocolo de Internet (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol - TCP/IP*). Em caso de congestionamento, é aceitável armazenar dados em tempo não real em um nó de rede ou na estação do usuário e transmiti-los em taxa mais baixa que a inicialmente aceita. Para este tipo de tráfego, se assume que não existe banda mínima necessária, já que pode tolerar longos atrasos de transmissão.

Observe que os dois tipos de tráfego aqui apresentados, têm características parecidas com os tipos que são utilizados no esquema proposto, onde o tipo 1 foi subdividido em tipo 1 e tipo 2, representando respectivamente tráfego de voz e tráfego de vídeo.

Em situações reais, os tipos 1 e 2 têm características diferentes quanto à largura de banda requerida e ao tempo de conexão conforme é demonstrado na Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Características de tipo de tráfego 1 e 2 [OLI98]

Tipo de Tráfego	Largura de Banda Requerida	Largura de Banda Média Requerida	Duração da Conexão	Média de duração de Conexão	Exemplo
1	30 kbps		1 – 10m	3m	Voz, Telefone
1	256 kbps		1 – 30m	5m	Vídeo Conferência
1	1-6 Mbps	3 Mbps	5m – 5h	10m	Vídeo Sob Demanda
2	5-20 kbps	10 kbps	10s – 120s	30s	Email – Fax
2	64-512 kbps	256 kbps	30s – 10h	3m	Dados sob Demanda
2	1-10 Mbps	5 Mbps	30s – 20m	2m	Transferência Arquivos

No esquema de re-atribuição de banda, se uma conexão em *handoff* pertence a um usuário tipo 1 e a banda mínima não está disponível na nova célula, a banda de conexões tipo 2 já existentes é emprestada, isto é, é re-atribuída, de tal forma que a banda mínima necessária à conexão em *handoff* de tipo 1 possa ser alocada a conexão de *handoff* possa ser aceita.

O empréstimo é feito proporcionalmente de todas as conexões tipo 2 existentes, pois esse tipo de tráfego não requer nenhuma garantia de largura de banda e pode sofrer longos atrasos sem prejudicar a transmissão. Caso a largura de banda para conexões tipo 1 esteja disponível a alocação de banda inicialmente feita para conexões tipo 2 é mantida.

3.4 Esquema de reserva de largura de banda adaptativo

Neste esquema é proposto reserva de largura de banda adaptativa para tráfego de multimídia, em redes *wireless* de alta velocidade. Um controle de admissão, combinado com a reserva de largura de banda, é utilizado a fim de garantir *QoS*. Neste caso, recursos do sistema são reservados para chamadas em *handoff*. Dessa maneira, observa-se que as conexões de *handoff* têm maior prioridade do que conexões novas. Portanto, quanto maior for o tráfego nas vizinhanças de uma célula, maior será a quantidade de recursos reservados e poderá acontecer que conexões novas sejam recusadas devido à reserva de recursos feita por conexões já existentes, como mostrado na Figura 3.2 [OLI98].

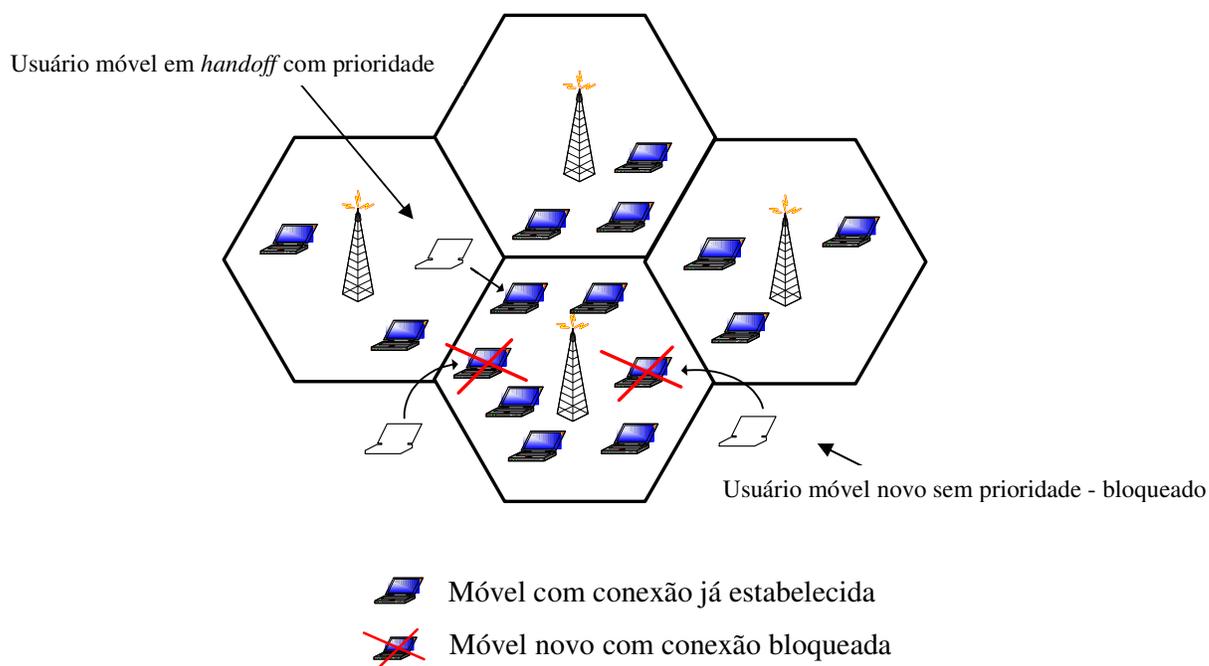


Figura 3.2: Prioridade de conexões em *handoff* sobre as conexões novas.

Neste esquema, são assumidos dois tipos de tráfego em redes sem fios:

- tráfego de tempo-real como tipo 1;
- tráfego de tempo-não-real como tipo 2.

O tipo 1 inclui tráfego de vídeo e de voz de usuários equipados com um codec de taxa ajustável. No caso de congestionamento, podem tais usuários ajustar a taxa de codificação de tal forma que a qualidade de vídeo e áudio recebida e enviada seja mais aceitável. Porém, se a taxa de codificação estiver reduzida abaixo de algum limiar, a qualidade de vídeo e áudio recebido ficaria inaceitável. No tipo 2, que inclui tráfego dados de tempo-não-real (que não tem dependência de tempo de resposta ou velocidade de conexão) trafegam informações como *e-mail* ou outro tráfego de *TCP/IP* qualquer. No caso de congestionamento, é aceitável para dados de tipo 2 um ajuste na taxa de transferência feito em um nó da rede (como em uma ERB) ou em uma estação de usuário (usuário móvel) que os transmite a uma taxa mais lenta. Assim, no tipo 2 é assumido que não há nenhuma largura de banda mínima exigida desde que se pode tolerar demoras relativamente grandes.

No esquema adaptativo, é assumido que quando um usuário móvel pede uma nova conexão em uma célula, ele provê as seguintes informações:

- tipo de tráfego (tipo 1 ou 2);
- largura de banda desejada na conexão;
- mínimo de largura de banda exigida da conexão (só para ao tipo 1);
- probabilidade máxima de perda de conexão aceitável.

A largura de banda mínima exigida para uma conexão de tipo 1 é a quantidade mínima de largura de banda que uma fonte exige para manter a qualidade aceitável (por exemplo, qual a taxa de codificação mínima da fonte). A probabilidade máxima de perda de conexão aceitável é o máximo de probabilidade aceitável que uma conexão pode suportar durante *handoff* devido à falta de largura de banda.

Para uma conexão nova, o esquema adaptativo funciona como segue: o esquema tenta alocar a quantidade desejada de largura de banda na célula onde a conexão nova é gerada. Se a quantidade desejada de largura de banda não estiver disponível, a conexão nova é rejeitada. Se a quantidade desejada de largura de banda está disponível e a conexão nova é de tipo 2, então ela é aceita e a quantidade desejada de largura de banda é alocada. Se a conexão nova é de tipo 1, o esquema adaptativo aloca a quantidade desejada de largura de banda na célula onde a conexão se origina, e reserva largura de banda em todas as células vizinhas em antecipação de *handoff*'s.

Para um usuário móvel de tipo 1 que vem de *handoff*, se a quantidade de largura de banda disponível na célula à que a conexão de *handoff* está passando for menor que a largura de banda mínima exigida, a conexão de *handoff* é derrubada. Caso contrário (ex., se a quantidade de largura de banda disponível é maior que ou igual à largura de banda exigida mínima), a menor largura de banda disponível na célula e a quantidade desejada de conexão de largura de banda é alocada à conexão de *handoff*. Ao mesmo tempo, largura de banda é reservada nas células vizinhas novas, e a largura de banda reservada em células de vizinha velhas é liberada. Se a reserva de largura de banda tiver sucesso em todas as células vizinhas novas, a conexão de *handoff* é aceita. Se a reserva falhar em quaisquer das células vizinhas novas, a conexão de *handoff* é derrubada. Como mencionado anteriormente, no tipo 1, os usuários podem ter um codec de vídeo e voz de taxa ajustável, podendo ajustar a taxa de codificação baseado na disponibilidade de largura de banda e, se necessário, reduzir a taxa de codificação até seu nível mínimo, mantendo ainda uma qualidade aceitável ao destino.

Para o tipo 2 a conexão de *handoff* é aceita contanto que haja alguma largura de banda disponível na célula à que a conexão está passando. A conexão de tipo 2 de *handoff* só é derrubada quando não há nenhuma largura de banda disponível na célula à que a conexão está passando. A redução de largura de banda em um tipo 2 de *handoff* resulta em uma taxa de transmissão mais lenta o que resulta em uma transmissão mais longa. Porém, o tipo 2 é para tráfego de tempo-não-real e o impacto da demora na transferência não deve ser significativo. Note que isso só ocorre no esquema adaptativo, quando a largura de banda disponível na célula for menor que a quantidade desejada de largura de banda e nestes casos uma conexão nova sempre é rejeitada, considerando que uma conexão de *handoff* pode ser aceita se a largura de banda mínima exigida puder ser provida. Em outras palavras, o esquema adaptativo provê prioridade a um usuário que já está na rede (i.e., uma conexão de *handoff*) em detrimento a um usuário novo (i.e., uma conexão nova).

Como descrito acima, a largura de banda é reservada para a conexão durante o procedimento de *handoff* no caso de usuário móvel de tipo 1. A cada tempo que um usuário móvel se move a uma célula nova a largura de banda é reservada nas células vizinhas novas, e a largura de banda reservada nas células vizinhas antigas são liberadas.

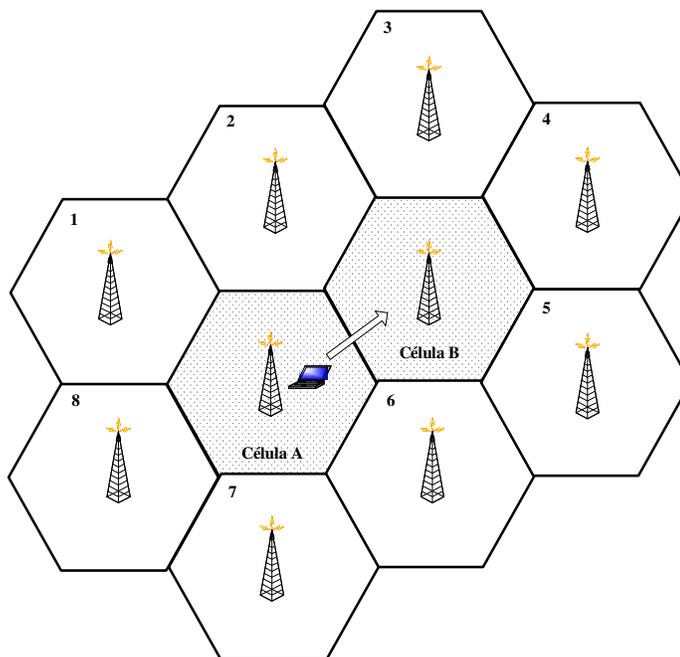


Figura 3.3: Exemplo de procedimento de reserva de largura de banda.

Na Figura 3.3, suponha que um usuário móvel inicia uma conexão de tipo 1 na célula A. No esquema adaptativo, a largura de banda é alocada a conexão na célula atual A e a largura de banda é reservada nas células vizinhas B, 1, 2, 6, 7 e 8. Quando o usuário move-se da célula A para a célula B, a largura de banda reservada (e a largura de banda adicional, se houver) na célula B é usada para acomodar a conexão de *handoff*, e a largura de banda reservada nas células 1, 7 e 8 (i.e., células que não são adjacente à célula B) são liberadas. Ao mesmo tempo, a largura de banda nas células, 3, 4 e 5 (i.e., células vizinhas novas) é reservada. Podem ser usados vários algoritmos para determinar a quantidade de largura de banda a reservar para uma conexão de tipo 1. Uma aproximação simples é reservar a quantidade desejada de largura de banda da conexão de tipo 1. Porém, esta aproximação pode resultar na reserva de uma quantidade enorme de largura de banda, como a soma da quantidade desejada de largura de banda de um grande número de usuários móveis de tipo 1 que podem precisar da reserva.

Como um exemplo, veja a Figura 3.3 novamente. Seguindo esta aproximação, é necessário reservar na célula B a soma da quantidade desejada de largura de banda de tipo 1 dos usuários móveis existentes nas células, 2, 3, 4, 5, e 6. Como é muito improvável que todas as conexões de tipo 1 nas células 2, 3, 4, 5 e 6 se mudarão para célula B ao mesmo tempo, esta aproximação resulta em uso de largura de banda ineficiente. Uma aproximação mais eficiente é reservar só uma fração desta soma, permitindo que as conexões de tipo 1 compartilhem um *pool* comum de largura de banda reservado. O *pool*, pode então ser definido com uma quantidade menor de largura de banda de uma célula, que é compartilhada por várias conexões, segundo alguma regra.

A quantidade de largura de banda para reservar no *pool* pode ser calculada em função da largura de banda pedida através das conexões de tipo 1 (por exemplo, a média ou a maior de todas as larguras de bandas pedida das células vizinhas) ou em função do número de conexões de tipo 1 (por exemplo, o número de conexões de tipo 1 existentes nas células vizinhas). Ambos os métodos são considerados neste trabalho, e o desempenho deles é comparado por simulação. O esquema de reserva de largura de banda é resumido na Figura 3.4.

Depois que a largura de banda é reservada para a conexão de tipo 1, talvez as condições da rede mudem. Então, o esquema ajusta o tamanho do *pool* de largura de banda reservado baseado nas condições de rede atuais. É assumido que cada ERB monitora constantemente a probabilidade de queda de *handoff* e a porcentagem de largura de banda reservada que está sendo na verdade usada (agrupamento das larguras de banda reservadas). Com base em probabilidades que são obtidas como parâmetros de conexão dos usuários móveis e limites mínimos e máximos de probabilidades estipulados para o esquema, é feito o incremento ou decremento da largura de banda do *pool* [OLI98]. A largura de banda a reservar no *pool* das células vizinhas, também é calculada de acordo com a quantidade de usuários móveis de tipo 1 e tem como base os valores apresentados base à Tabela 3.2:

Tabela 3.2: Largura de banda pelo número de conexões tipo 1 [OLI98]

Número de Conexões	Largura de Banda Reservada
0 – 5	512 kbps
6 – 10	1024 kbps
11 – 20	2048 kbps
21 ou mais	3072 kbps

O esquema adaptativo provê altos graus de *QoS* (i.e., baixa probabilidade de queda de conexão) para tráfego de multimídia. O esquema adaptativo permite negociar a probabilidade de bloqueio (PBC) de conexão para novas conexões e a probabilidade de queda de conexão (PQC) de *handoff*. A largura de banda reservada para conexões de *handoff* acaba por deixar uma menor largura de banda disponível para conexões recentes que chegam, o que resulta na probabilidade de bloquear mais alta para conexões novas.

3.4.1 Modelos de simulação do esquema adaptativo

Para a reserva de largura de banda em células vizinhas, são propostos três modelos de simulação, baseados na probabilidade de movimento do usuário móvel [OLI98], conforme abaixo:

- O primeiro modelo assume que os padrões de movimento do usuário são desconhecidos (aleatórios) e, então, faz a reserva de largura de banda em todas as células vizinhas, baseada na largura de banda requerida pela conexão de tipo 1.
- No segundo modelo, é assumido que os padrões de movimento do usuário são conhecidos, e diferentes larguras de bandas são reservadas em diferentes células vizinhas. Neste modelo, há sempre uma célula com grande probabilidade de receber o *handoff* e então a largura de banda reservada é igual à largura de banda mínima necessária para a conexão, e outras células, com menor probabilidade de *handoff*, também é menor a largura de banda reservada, como ilustrado na Figura 3.5. A largura de banda reservada, tanto na célula de alta probabilidade quanto nas de baixa probabilidade de *handoff* é calculada com base na largura de banda mínima exigida pela conexão de tipo 1.
- O terceiro e último modelo é muito parecido com o segundo, porém a quantidade de largura de banda a reservar, é calculada com base na quantidade de conexões de tipo 1, que se dirigem a uma determinada célula, como mostrado na Figura 3.6. A largura de banda a reservar tem como base a Tabela 3.2 de valores médios de largura de banda mínima necessária para usuário móvel de tipo 1 apresentada anteriormente, nesta seção.

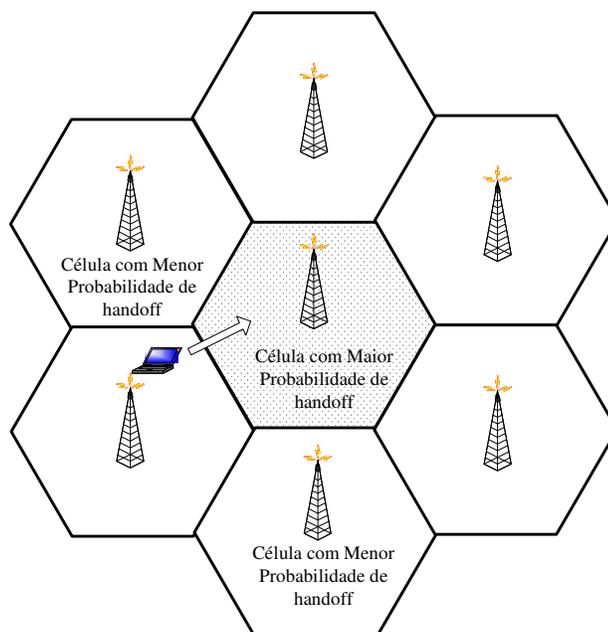


Figura 3.5 – Probabilidade de *handoff*

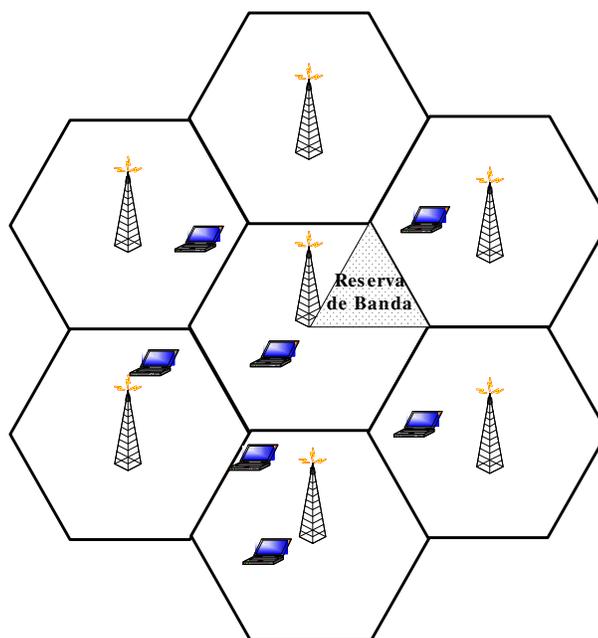


Figura 3.6: Reserva em função do número de usuários móveis de tipo 1

É importante ressaltar que estes modelos são propostos para ambientes móveis celulares reais, portanto a quantidade de novas conexões e de conexões em *handoff* pode ser bastante alta.

Assim, um esquema de reserva de banda em forma de *pool* é utilizado. Como muitas conexões podem reservar largura de banda em uma determinada célula, a reserva total é feita através de uma quantidade menor de largura de banda denominada *pool*, que pode ser usada por qualquer uma das células que geraram a reserva. Em geral, a largura de banda do *pool* coincide com a maior largura de banda desejada pelas conexões em células vizinhas.

Esta proposta visa diminuir a quantidade de largura de banda reservada, em uma determinada célula, que pode não ser utilizada. Isto só é possível porque a probabilidade de que todas as larguras de banda reservadas, em uma dada célula, sejam utilizadas ao mesmo tempo, é muito remota. Caso venham a ocorrer novos *handoff*'s ou novas conexões sejam aceitas pelo sistema, a largura de banda do *pool* é novamente calculada, podendo aumentar, no caso de novas conexões, ou diminuir, caso alguns usuários móveis se desconectem da rede. Assim o modelo recalcula dinamicamente o *pool* e se adapta a carga da rede.

Em todos os modelos de reserva do esquema adaptativo, a ERB monitora as probabilidades de queda em *handoff* e a largura de banda reservada e utiliza informações das células locais e remotas para fazer o recálculo do *pool*.

3.4.2 Desempenho do esquema adaptativo

As medidas de desempenho obtidas pela simulação em [OLI98] são a probabilidade bloqueio de conexões novas (PBC), a probabilidade de queda de conexões de *handoff* (PQC), e a utilização de largura de banda (UB). Na maioria dos resultados da simulação que seguem, estas medidas de desempenho são avaliadas em função da taxa de chegadas de novas conexões. A taxa de chegada de novas conexões é um número que indica a quantidade de novas conexões que são pedidas por segundo por célula.

Foram realizadas várias simulações por [OLI98], modificando-se parâmetros de reserva de banda e controle de admissão, e pode-se destacar o seguinte resultado:

- o esquema adaptativo, provê *QoS* se medido nos parâmetros PQC e PBC;
- o esquema de reserva utilizado, permite a diminuição de quedas de conexão em *handoff*;
- o esquema se ajusta dinamicamente ao tráfego existente na rede, permitindo uma boa utilização da largura de banda disponível nas células;
- o esquema de reserva utilizado pode diminuir a largura de banda disponível na célula, o que pode aumentar a probabilidade de bloqueio de novas conexões.

3.5 Estimativa probabilística de recursos

Neste esquema, são usados métodos probabilísticos para reserva de largura de banda, baseados principalmente, na classificação de tipos de usuários móveis, na consideração de que o tráfego gerado por um usuário móvel pode ser tratado como sendo composto por muitos fluxos e na predição do movimento do usuário nas células [KUO01]. Os usuários móveis são agrupados em três classes de mobilidade que são as mesmas definidas no Capítulo 2, seção 2.3. A mobilidade do usuário é um fator que interfere na reserva de largura de banda em células vizinhas e por conseqüência, na largura de banda disponível a novos usuários, como foi abordado no Capítulo 2. Essa interferência pode determinar a *QoS* efetiva disponibilizada pelo esquema de alocação de banda.

As atividades dos usuários móveis são monitoradas pelas estações rádio base e os dados coletados são usados para calcular as probabilidades de movimentos dos usuários móveis. Seja

$$P_x, i, j(t) \quad (3.1)$$

a probabilidade de que um usuário móvel x se mova da célula i para a célula j , onde a célula j é vizinha da célula i durante um intervalo de tempo t . Nota-se que $P_x, i, j(t)$ muda dinamicamente com a situação de movimento real do usuário móvel x .

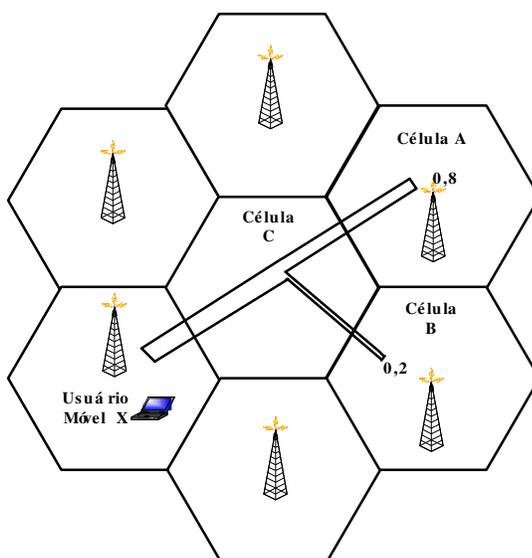


Figura 3.7: Exemplo de reserva de banda probabilística

Na Figura 3.7, um usuário móvel x , que passa pela célula C em direção a célula A ou B , porém com maior probabilidade, neste momento, de se dirigir para a célula A . Logo, maior quantidade de banda será reservada na célula A .

Ainda neste esquema, o tráfego gerado por um usuário móvel pode ser tratado como sendo composto por muitos fluxos e três modos de pedidos de reserva de recurso são propostos:

- O primeiro modo é o modo conexão de novo móvel, que se inicia quando não há nenhum fluxo anterior para o usuário móvel considerado;
- O segundo é o modo de conexão de novo fluxo, quando já existem fluxos no usuário móvel e é criado um novo fluxo;
- O terceiro e último é o modo de conexão em *handoff*, quando o fluxo já existe e se move da célula atual para a célula vizinha.

Os usuários móveis são distribuídos em um ambiente móvel celular composto por 100 células, de forma aleatória. Cada célula pode ter largura de banda entre 50 e 100 Mbps, também distribuída de forma aleatória por todas as células. São distribuídos neste ambiente, 1000 usuários móveis de forma aleatória. Cada usuário móvel tem ativo até três fluxos ao mesmo tempo com largura de banda aleatória para cada fluxo, variando entre 1 e 4 Mbps. As classes de mobilidade também são agregadas a cada usuário móvel de forma aleatória. A reserva inicial de largura de banda, é dividida em dois tipos:

- Esquema de reserva plena de recursos;
- Esquema de reserva parcial de recursos.

No esquema de reserva plena ou convencional, a largura total reservada na célula i para o usuário móvel x é reservada na célula vizinha j . Entretanto, se existirem n fluxos rodando no usuário móvel x , a largura de banda reservada será equivalente à largura de banda do fluxo tipo 1 do usuário móvel x .

O esquema de reserva parcial permite que uma mesma largura de banda seja reservada para diferentes fluxos simultaneamente. Neste esquema, a largura de banda total reservada para um usuário móvel coincide com a maior largura de banda dos diferentes fluxos de um usuário móvel, e não mais com o somatório da largura de banda de todos os fluxos. Obtida esta largura, ainda se aplica à estimativa de recursos probabilística, ou seja, esta largura de banda a ser reservada é ainda distribuída probabilisticamente pelas células vizinhas.

Uma abordagem com rejeição suave, que permite a rejeição de apenas alguns dos fluxos existentes na conexão, ao invés de um método de rejeição severa, que rejeita a conexão como um todo, é utilizada quando não existe largura de banda suficiente na célula alvo para uma conexão de *handoff*.

A principal vantagem da rejeição suave, é que um fluxo pode ser rejeitado inicialmente, quando da semi-reserva de largura de banda, porém antes que ele deixe a célula, poderá obter a largura desejada e ser aceito, em decorrência de outros fluxos que se desconectaram ou passaram para *handoff* em outras células.

3.5.1 Modos de conexão do esquema de estimativa probabilística de recursos

A conexão de usuários novos no esquema é feita seguindo três modos principais que fazem a semi-reserva de banda nas células vizinhas e tratam os fluxos de forma diferente. Estes três modos são vistos abaixo:

- O modo nova conexão ocorre quando uma conexão de um novo usuário móvel é solicitada com apenas um fluxo, e não há nenhum outro fluxo neste mesmo usuário móvel. Então a largura de banda necessária a este único fluxo é completamente reservada. A conexão é aceita, desde que a largura de banda desejada exista na célula alvo. Caso contrário, a conexão é rejeitada.
- No modo de conexão de novo fluxo, já existem outros fluxos no mesmo usuário móvel. Se houver largura de banda suficiente na célula alvo, a banda necessária para o novo fluxo é reservada e é iniciado o pedido de semi-reserva nas células vizinhas. Caso não exista largura de banda suficiente nas células vizinhas, é enviada ao usuário móvel uma mensagem de rejeição suave somente para alguns fluxos, e não para todos. Devido a mudanças na rede, alguma largura de banda pode ser liberada nas células vizinhas, e então é enviada uma aceitação para o usuário móvel, antes que o fluxo que havia sido rejeitado, deixe a célula.
- O terceiro e último modo de conexão é o de *handoff*. Nele é feita a liberação dos recursos reservados na célula anterior, ou seja, de onde o fluxo está vindo, e é recalculada a semi-reserva de suas células vizinhas. A célula que recebe o fluxo, também é recalculada, e a semi-reserva das células vizinhas dela, é iniciada, seguindo um dos modos já citados.

No esquema de semi-reserva com rejeição suave, o uso da estimativa de recursos probabilística e a utilização de classes de mobilidade feitos pelo esquema de estimação probabilística, possibilita a melhoria da utilização de banda (UB), a redução na probabilidade de queda de conexão (PQC) e da probabilidade de bloqueio da conexão (PBC), quando comparado ao esquema de alocação até então estudados.

Como esses indicadores são fatores importantes para medir *QoS* em ambientes móveis de 3G, a utilização do esquema apresentado possibilita melhores resultados nas comunicações e no fluxo multimídia de redes sem fio. Porém, devido aos cálculos probabilísticos necessários para a determinação da reserva nas células vizinhas e ao esquema de semi-reserva, um *overhead* de processamento é imposto na ERB e no ambiente.

3.6 Estimativa de recursos e controle de admissão utilizando o conceito de *cluster* sombreado

No algoritmo de Estimativa de Recursos que utiliza o conceito do *Cluster* Sombreado, na prática, é um sistema de mensagens virtual no qual as ERB's, compartilham informações probabilísticas com seus vizinhos sobre as probabilidades de que seus usuários móveis ativos se moverem para uma determinada célula. Estas probabilidades, calculadas a cada passo de tempo dependem da posição, da velocidade e direção de movimento do móvel. O alto *overhead* do esquema o diferencia e o coloca em desvantagem, em termos de desempenho, com os demais esquemas já abordados [LEV97].

3.7 Conclusão

O estudo dos esquemas de alocação de recursos possibilitou o esclarecimento dos modelos utilizados para obtenção de *QoS* atuais e também na escolha do esquema a ser comparado com o esquema proposto. Foi feito o aproveitamento de algumas características importantes desses esquemas de maneira híbrida, ou seja, alguns conceitos e técnicas abordadas pelo esquema adaptativo e algumas técnicas e conceitos do esquema probabilístico foram aproveitadas para o desenvolvimento do esquema proposto.

Contudo, o esquema proposto utiliza-se também de antenas inteligentes, que foram implementadas com o objetivo de diminuir a carga de processamento para localização do usuário móvel na ERB (*overhead*) e possibilitar a reserva de largura de banda mais eficiente, apenas em uma célula vizinha, demonstrando que o esquema proposto é novo e original e que os esquemas existentes possuem apenas algumas das características e atributos do esquema proposto.

Capítulo 4

Antenas para Ambientes Móveis Celulares

4.1 Introdução

Os sistemas celulares evoluíram muito neste início de década e essa evolução acabou incentivando o desenvolvimento de aplicações multimídia que se aproveitam da largura de banda extra, oferecida pelos sistemas 3G. Embora as larguras de banda estejam maiores, também crescem de maneira muito rápida a quantidade de usuários e os tipos de informações (fluxos de dados) que circulam nessas redes. Assim se faz necessário pensar em técnicas que permitam aumentar a eficiência e o aproveitamento de banda e também formas de agregar serviços inteligentes a estas novas redes.

Neste aspecto, uma das soluções que tem se destacado muito é a tecnologia de antenas inteligentes que permite não só melhorar o aproveitamento da largura de banda como também incrementar a cobertura, aumentar o nível de segurança e diminuir as interferências entre os canais na mesma célula, além da possibilidade de localização que abre um leque de novos serviços a usuários de celulares (como localização de pessoas ou frotas, ofertas de serviços nas proximidades do HM, entre outros) [SIE01].

Porém, a introdução de antenas inteligentes em ambientes móveis celulares implica na troca de equipamentos da rede, como transceptores e também no gerenciamento dos recursos de rádio das ERB's e de mobilidades dos usuários.

Este capítulo pretende dar uma visão geral sobre as tecnologias e o funcionamento de antenas inteligentes e suas principais características. Também é feita uma abordagem aos sistemas móveis com antenas onidirecionais e antenas setorizadas. Pretende-se também, esclarecer quais os parâmetros que podem ser fornecidos pelas antenas inteligentes que possibilitam ao esquema proposto, obter a localização e fazer a reserva de largura de banda em células vizinhas de forma mais eficiente.

4.2 Antenas onidirecionais

São antenas dipolo simples que irradiam e recebem os sinais em todas as direções, gerando interferências em outros canais, além de desperdício de potência pelo modelo de propagação adotado, como é visto na Figura 4.1.

Além dessas limitações a irradiação utilizada neste tipo de antena acaba interferindo também nas células vizinhas.

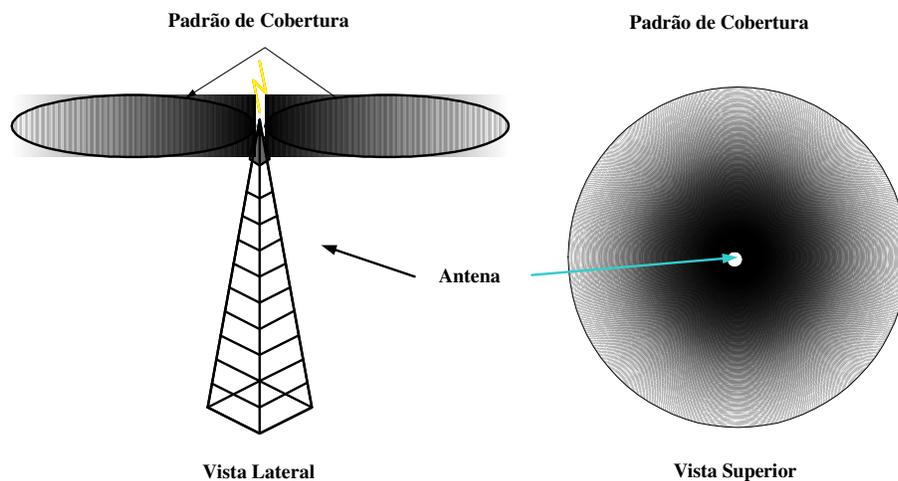


Figura 4.1: Antena onidirecional e padrão de cobertura [IEC03]

Em sistemas celulares de 2G e 2,5G, normalmente se utilizam antenas onidirecionais, que transmitem o sinal em todos os sentidos. Este tipo de propagação de sinais acaba impondo alguns limites as redes em que operam, como por exemplo [IEC03]:

- o desvanecimento por multipercurso, que degrada o canal de comunicação;
- a interferência entre canais que aumenta a relação sinal/ruído da rede;
- a dispersão temporal do sinal recebido, também devido ao multipercurso.

A estratégia de utilizar antenas onidirecionais causa impactos na eficiência de uso do espectro, limitando o reuso de frequências. Nestes últimos anos, estas limitações e as características deste tipo de antena com relação à qualidade e capacidade de irradiação do sinal impulsionaram o desenvolvimento e a evolução de novos sistemas de antenas, como as antenas inteligentes.

A variedade de serviços que podem ser oferecidos em sistemas com estes tipos de antenas também é restrita, e reduz-se a serviços de voz e mensagens curtas com inserção eventual de imagens estáticas (isso também devido à largura de banda disponível em sistemas de 2G e 2,5G). Com a inserção de antenas inteligentes é possível a localização aproximada do usuário, agregando-se outros serviços como localização de pessoas ou de frotas, ofertas de produtos ou serviços disponíveis na região em que o usuário se encontra, entre outras, além de possibilitar uma redução e até a eliminação dos problemas de desvanecimento, interferência entre canais e dispersão temporal [IEC03,SIE01].

4.3 Antenas direcionais e antenas setorizadas

Uma antena simples pode ser construída para irradiar e receber sinais em uma determinada direção, focando um determinado setor ou área (Figura 4.2), possibilitando a delimitação do espaço de irradiação e conseqüentemente uma forma de identificação dos usuários móveis que eventualmente estejam nesta direção. Este tipo de antena chama-se antena direcional.

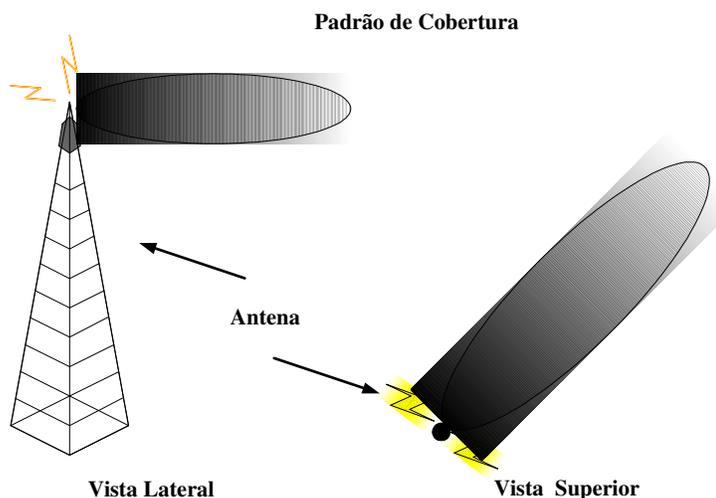


Figura 4.2: Antena direcional e padrão de cobertura [IEC03]

Se usadas em grupos estas antenas podem subdividir a cobertura de 360° de uma antena onidirecional comum em três setores de 120° , por exemplo, e assim ampliar o reuso de frequências, reduzindo a interferência entre canais sem contudo criar desvantagens. Esse tipo de conjunto de antenas é conhecido como antena setorizada (Figura 4.3) e é amplamente difundido no mercado de comunicações *wireless* para telefonia celular.

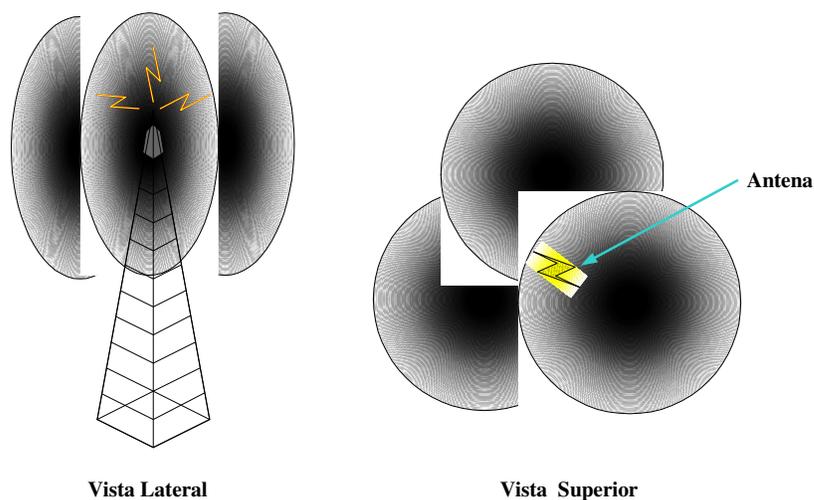


Figura 4.3: Antena setorizada e padrão de cobertura [IEC03]

4.4 Antenas inteligentes

Uma antena inteligente é aquela que ao invés de dispor de um diagrama de radiação fixo, é capaz de selecionar feixes direcionais com maior seletividade angular na direção do usuário desejado e adaptar-se as condições de irradiação do momento. É um sistema que combina múltiplas antenas com o processamento do sinal sendo capaz de otimizar o padrão de irradiação e recepção automaticamente em resposta ao sinal do ambiente.

Pode-se fazer uma analogia para se entender melhor o funcionamento de uma antena inteligente: imagine que você esteja em uma sala com várias pessoas que estão ao seu redor. Feche os olhos e peça que elas lhe falem algo. Você estará ouvindo todas ao mesmo tempo, ou seja, seu ouvido fará a recepção dos sons e seu cérebro estará fazendo uma série de processamentos para determinar quem falou o que, e em que direção esta pessoa está. A partir deste momento, você pode concentrar sua atenção a algumas pessoas em especial, ignorando os demais e assim melhorar sua comunicação com estas pessoas. Desta mesma maneira, uma antena inteligente funciona, capturando o sinal inicial, processando esta informação e determinando a posição que vem o sinal, isolando-o dos demais (eliminando a interferência) melhorando assim a recepção do sinal escolhido, que passa a ser direcional.

A implantação deste tipo de antena em redes de 3G deve ser feita nas ERB's pois necessariamente se deve utilizar *arrays* de vários elementos (antenas). Devido a estas características, as antenas inteligentes possibilitam as seguintes vantagens [IEC03,SIE01]:

- Incremento da zona de cobertura: devido ao ganho do sinal para a mesma potência, em relação às antenas onidirecionais ou setorizadas, o sinal poderia ser recebido a uma maior distância, possibilitando a redução eventual de ERB's para a mesma região;
- Redução da potência transmitida: o maior ganho de sinal da antena permite aumentar a sensibilidade da ERB e conseqüentemente diminuir a potência nos equipamentos de usuários móveis, economizando bateria dos mesmos.
- Redução da propagação multipercurso: devido a menor dispersão angular da potencia da ERB, se reduziria os múltiplos percursos que alcançariam o usuário móvel.
- Redução do nível de interferência: a melhor seletividade espacial da antena permite a seleção do sinal correta e evita a interferência de outros sinais.

Na verdade, uma antena não é inteligente - um sistema de antenas (*array*) é inteligente. Geralmente colocado na ERB, um sistema de antenas inteligentes combina um *array* de antenas com um *DSP (digital signal processor)* que é capaz de transmitir e receber sinais de maneira gerenciável. Em outras palavras, o sistema é capaz de traçar automaticamente seu padrão direcional de irradiação de acordo com o sinal recebido do ambiente. Isto aumenta drasticamente as possibilidades e capacidades de um ambiente *wireless*.

Assim, antenas inteligentes são uma evolução natural a ser adotada em redes 3G que tenham aumento nas necessidades de serviços e controle, além de possibilitar como visto, a economia de recursos quer sejam nas ERB's ou nos equipamentos de usuários móveis.

4.5 Tipos de sistemas de antenas inteligentes

Os sistemas de antenas inteligentes são normalmente classificados em dois grandes grupos:

- *Switched beam* – um número fixo finito de padrões ou estratégias combinadas (setores);
- *Adaptive array* – um número infinito de padrões (baseado em cenários) que são ajustados em tempo real.

Em termos de padrão de irradiação, os sistemas *Switched Beam* são uma extensão dos sistemas de antenas setorizadas. Neste sistema os setores das células são divididos em micro setores aumentando a capacidade da célula. Cada micro setor contém um número prefixado de padrões com grande sensibilidade no centro e menor sensibilidade na periferia.

Quando um usuário móvel origina uma chamada, é identificado em qual micro setor ele se encontra, através de processamentos feitos na ERB por um conjunto de *DSP's* e de softwares, passando a antena a selecionar o micro setor com sinal mais forte para a transmissão (Figura 4.4). Durante a chamada, o sistema monitora o sinal e faz a troca de micro setores, se necessário.

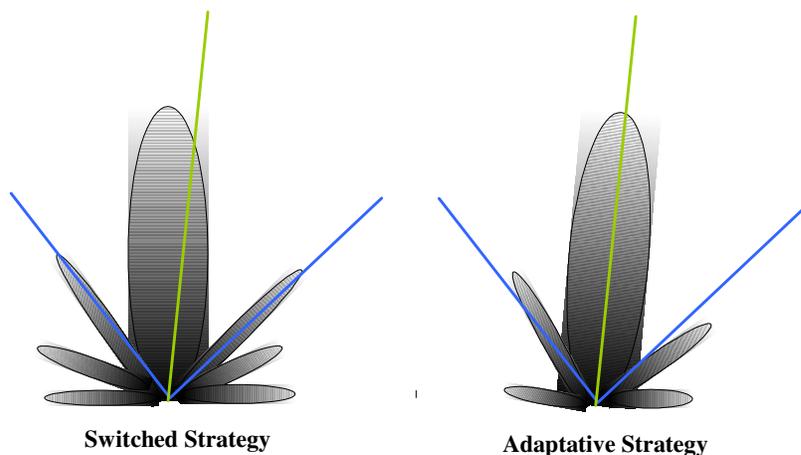


Figura 4.4: Sistemas de antenas *Switched Beam* [IEC03]

O sistema *Adaptive Array*, realiza a comunicação entre ERB e usuário móvel de maneira diferente, pois localiza o usuário e ajusta a radio frequência de acordo com a potência e a direção do mesmo (realizando uma espécie de varredura espacial).

Os sistemas de *Adaptive Arrays* ajustam o padrão de sinal dinamicamente, utilizam algoritmos de processamento de sinal sofisticados que permitem diferenciar sinal pretendido de sinais interferentes e multipercurso além de calcular outras direções de chegada.

A Figura 4.5 mostra a cobertura relativa a antenas setorizadas, *switched beam* e *adaptive array*. Todos os dois sistemas de antenas inteligentes permitem significativos ganhos sobre os sistemas convencionais de antenas setorizadas. O baixo nível de interferência no modelo representado a esquerda na Figura 4.5 representa os novos modelos *wireless* e o modelo apresentado a direita na mesma Figura, representa outros sistemas *wireless* com muitos usuários ou com reuso agressivo de padrões de frequência.

Neste cenário, a capacidade de rejeição de interferência do *adaptive array* provê maior cobertura que o sistema convencional e que o sistema *switched beam*.

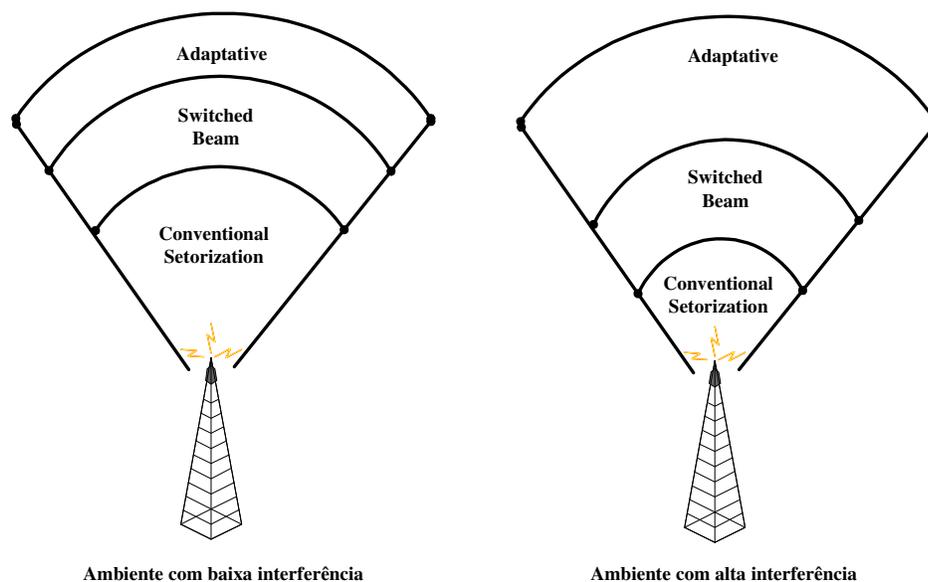


Figura 4.5: Cobertura de sistemas de antenas setorizadas [IEC03]

4.6 Localização do usuário

A capacidade de varredura angular e de controle de potência que as antenas inteligentes possuem e utilizam para localizar o usuário dentro do ambiente celular e transmitir de maneira inteligente o sinal, pode ser utilizada na determinação do percurso deste mesmo usuário.

Em um primeiro momento, quando do início da conexão, a antena detecta em que ângulo da ERB em que o usuário está e que potência está sendo gerada para este usuário. Em intervalos de tempo previamente configurados, a antena fornece estas informações ao esquema proposto que de posse da posição inicial e das posições de deslocamento ao longo do tempo determina dinamicamente para qual célula o usuário se move e, desta maneira, permite fazer a reserva de largura de banda apenas nesta célula, otimizando a utilização de largura de banda nas demais células.

Assim, o esquema proposto utiliza-se das informações de localização fornecidas pelas antenas inteligentes para fazer a reserva em apenas uma célula vizinha e possibilita ganhos de *QoS* nos três principais parâmetros que são abordados neste trabalho: probabilidade de queda de conexão (PQC), probabilidade de bloqueio de conexão de *handoff* (PBC) e utilização de largura de banda (UB).

4.7 Conclusão

Antenas inteligentes são uma evolução natural para os sistemas celulares 3G. Elas possibilitam um ganho substancial em relação ao sinal irradiado, com diminuição de interferências e economia de recursos (potência do sinal), tanto na ERB quanto nos equipamentos dos usuários móveis, além de possibilitar a localização do usuário dentro da célula, agregando inúmeros serviços ao ambiente onde são utilizadas. Podem ser utilizadas em sistemas analógicos e em sistemas digitais, possibilitando vantagens competitivas para todos os operadores destes tipos de sistemas *wireless*.

Dentro do esquema de alocação proposto neste documento, a antena inteligente tem papel fundamental, pois possibilita a localização aproximada do usuário móvel, através do fornecimento do deslocamento angular e da potência de sinal do mesmo, permitindo seu acompanhamento e a reserva de largura de banda apenas na célula a que o usuário móvel se dirige, podendo desta forma proporcionar ganho de *QoS* na rede.

Capítulo 5

Esquema de Alocação de Recursos Proposto

5.1 Introdução

Apesar dos estudos encontrados na bibliografia apresentarem propostas para a alocação de recursos em ambientes móveis celulares, todos acabam consumindo muita largura de banda ou inserindo alto *overhead* de processamento para a localização do usuário móvel ou na predição de seu movimento além de possuírem características distintas desejáveis para um único esquema [CAM02].

A reserva de banda mostrada no Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo [OLI98], diminui muito a eficiência de utilização de banda, devido a reserva feita em todas as células vizinhas a da conexão, além de ser um esquema que comporta apenas um tipo de fluxo para cada usuário móvel. Já a Estimativa de Recursos Probabilística e Esquema de Semi-Reserva [KUU01] agrega um alto *overhead* de processamento para determinação das probabilidades de deslocamento do usuário móvel. O Esquema de Estimativa de Recursos e Controle de Admissão utilizando o conceito de *Cluster* Sombreado [LEV97] é um esquema muito complexo e também aumenta muito o *overhead* entre as estações de rádio base. Além disso, os esquemas de reserva apresentados, necessitam ou pressupõe o conhecimento da localização do usuário móvel, sua velocidade e direção de movimento, dados estes que precisam ser calculados pela ERB para depois ser feita a estimativa de recursos a serem reservados nas células adjacentes.

Devido à dificuldade em se prever o movimento do usuário móvel, neste estudo um esquema de alocação de recursos baseado apenas no conhecimento da posição do móvel é proposto. A localização no sistema proposto é fornecida pelas antenas inteligentes [IEC03,SIE01], que foram inseridas em conjunto com um método de reserva de largura de banda e com um controle de admissão, para melhorar o desempenho do sistema sem contudo inserir *overhead* de processamento ou fazer uso abusivo da largura de banda.

Ao contrário dos sistemas convencionais de antenas, que irradiam energia sobre a célula inteira (no caso de sistemas com antenas onidirecionais) um sistema de antenas inteligentes confina a energia em um feixe estreito [IEC03,SIE01], como mostrado na Figura 5.1. Um arranjo de antenas também torna possível, obter resolução angular no plano horizontal, que podem ser acessados de forma a identificar a posição aproximada dos terminais móveis, ou seja, um sistema de antenas inteligentes pode rastrear o usuário móvel indicando sempre uma região, dada pelo ângulo do feixe escolhido, que é aquela em que o usuário móvel está durante a sua comunicação e a distância deste usuário em relação à antena, dada pela potência média do sinal transmitido para o usuário.

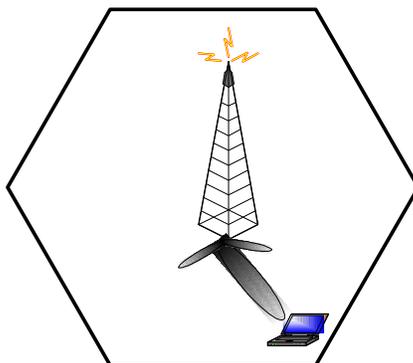


Figura 5.1: Sistema de antenas inteligentes

Durante a fase de contratação do serviço, o usuário pode negociar com a operadora, as necessidades e características de serviços (larguras de banda mínima e ideal) que serão utilizadas por ele em suas conexões. Os tipos de fluxos e a classe de mobilidade, são fornecidos pelo usuário móvel no momento de sua conexão a rede e sua posição é obtida dos sistemas de antenas inteligentes. Isso permite ao esquema proposto, determinar o deslocamento do usuário móvel e efetuar a reserva de largura de banda na célula a que este se dirige.

O esquema proposto utiliza-se de um método para controle de admissão do usuário, com rejeição suave, do controle dos fluxos e da mobilidade do usuário, da localização do usuário no ambiente móvel e da reserva de recursos com utilização de *pool* para garantir *QoS* para ambientes *wireless*. O objetivo deste capítulo é demonstrar como o esquema proposto trabalha e implementa todos estes métodos.

5.2 Controle de admissão do usuário móvel

O movimento dos usuários em um ambiente celular pode ser classificado em duas fases distintas: admissão e *handoff*. A primeira fase é a admissão de um novo usuário no ambiente. Ela ocorre quando um novo usuário pede conexão a uma ERB e é necessário determinar o aceite ou rejeição da conexão. No esquema proposto, é feito um controle para verificar se existe largura de banda disponível suficiente na célula alvo (que é a célula onde o usuário deseja se conectar) para receber o usuário móvel novo. Para os usuários móveis de Classe I, II ou III - as classes utilizadas no esquema proposto são as mesmas classes abordadas no Capítulo 2, Seção 2.3. A reserva da largura de banda é feita na hora da admissão do usuário móvel na célula alvo e a soma das larguras de banda dos fluxos do usuário móvel é deduzida da largura de banda disponível na mesma. Para que a admissão da nova conexão seja aceita, é necessário que haja largura de banda na célula vizinha a qual o usuário móvel está se dirigindo neste momento (detalhes sobre a direção de deslocamento do usuário e da reserva de largura de banda são apresentados mais à frente nas Seções 5.3 e 5.5, respectivamente).

Caso haja disponibilidade de largura de banda na célula alvo e na célula vizinha a qual o usuário móvel se dirige, a conexão é aceita e sua largura de banda é deduzida da largura de banda disponível na célula alvo e reservada no *pool* da célula vizinha, como ilustrado na Figura 5.2.

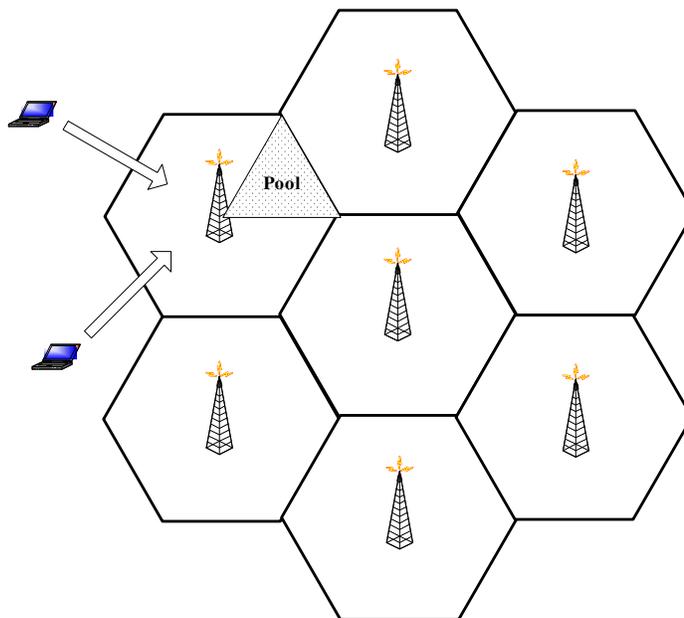


Figura 5.2: Controle de admissão e reserva de *pool* para nova conexão

Caso não haja largura de banda suficiente para todos os fluxos - os tipos de fluxos utilizados no esquema proposto são os mesmos que foram abordados no Capítulo 2, Seção 2.4 - é feita a negociação de diminuição de taxa para os fluxos do tipo 2 e 3 (vídeo e dados), de acordo com as características, de limite máximo e limite mínimo aceitável para a conexão dos fluxos, que o próprio usuário móvel possui e informa durante a negociação para admissão. Se mesmo assim ainda não for possível aceitar a conexão com todos os fluxos, a rejeição suave é implementada e são descartados os fluxos um a um, sempre seguindo a seguinte precedência: primeiro será descartado o fluxo tipo 3 (dados) e em seguida o tipo 2 (vídeo). Após o descarte dos fluxos de tipo 2 e 3, a conexão será rejeitada se não houver largura de banda suficiente para atender ao fluxo de tipo 1 (voz). Neste caso é contabilizado um PBC (probabilidade de bloqueio de chamada nova). A regra de admissão acima é aplicada para usuários móveis novos, que iniciam sua conexão na rede, a qualquer momento.

A segunda fase, que é o *handoff*, ocorre para usuários móveis que já estão conectados à rede e que por motivo de seu deslocamento natural atingem os limites de uma célula e então precisam ser aceitos em outra célula, como ilustrado na Figura 5.3. Para fazer o *handoff*, o esquema de admissão é idêntico ao exposto acima, porém, no caso de *handoff*, normalmente existirá um *pool* de largura de banda previamente reservada, justamente para garantir o sucesso desse *handoff*. No caso de falta de largura de banda disponível na célula é utilizada a largura de banda reservada no *pool*. Após a verificação do *pool*, pode ser que ainda não haja largura de banda disponível na célula para a acomodação do *handoff* e então é iniciada a rejeição suave – a rejeição suave é abordada mais à frente neste capítulo. Se, mesmo assim não for possível aceitar a conexão, ela é rejeitada e então contabilizado um PQC (probabilidade de queda de conexão em *handoff* do usuário móvel).

Em ambas as fases descritas acima, todo o ambiente celular é recalculado, com todos os *pool's* e larguras de banda disponíveis nas células atualizados com a nova situação da rede, o que garante que o esquema proposto seja dinâmico e se ajuste ao tráfego real a cada momento na rede.

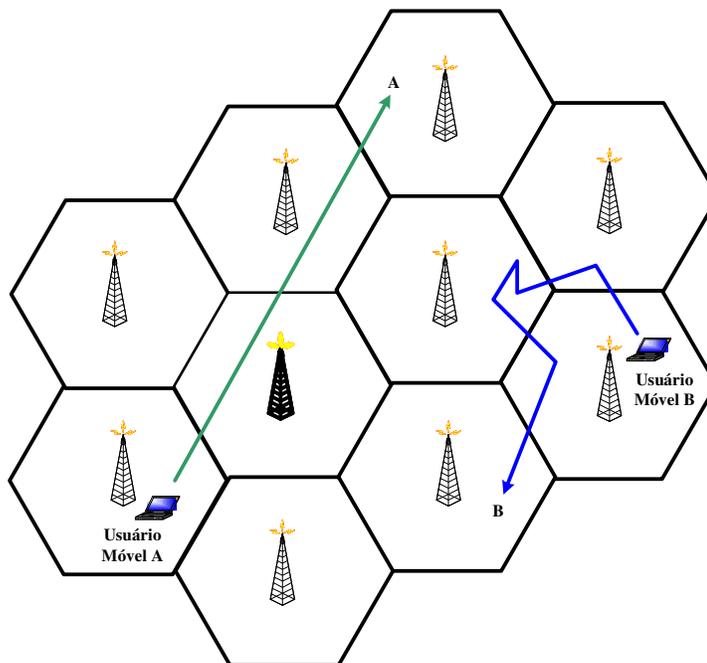
Como pode ser observado, na admissão de usuários na rede, existe um esquema de priorização de fluxos que tem o objetivo de melhorar a *QoS* percebida pelo usuário, especialmente em procedimentos de *handoff*, onde os fluxos menos prioritários podem ser desconectados para que o fluxo tipo 1 (voz) permaneça conectado, gerando uma rejeição suave.

5.3 Deslocamento do usuário móvel

Em ambientes móveis celulares de uma maneira geral, o movimento dos usuários é aleatório, ou seja, não existe um padrão pré-determinado de direção que este irá tomar durante o tempo em que sua conexão está ativa na rede [OLI98].

No esquema proposto são implementadas duas situações distintas de movimentação do usuário, em relação a sua direção:

- movimento retilíneo, onde o usuário se conecta a rede e irá se deslocar a uma velocidade fixa (de acordo com sua classe de mobilidade) e em um único sentido ou ângulo de deslocamento, descrevendo um trajeto em linha reta, desde o início até o final de sua conexão (Figura 5.3);
- movimento aleatório ou randômico, onde o usuário se desloca pelo ambiente celular em velocidade constante (também de acordo com sua classe de mobilidade), porém em direções aleatórias, geradas por ângulos de deslocamentos escolhidos ao acaso (Figura 5.3).



Usuário Móvel A - Movimento em linha reta

Usuário Móvel B - Movimento Aleatório (Randômico)

Figura 5.3: Movimento do usuário móvel

Estas duas formas de direção do usuário são implementadas para aproximar ao máximo o esquema proposto de ambientes móveis celulares reais e também para que seja possível fazer comparativos de desempenho deste esquema com o Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo, através de simulações cujo resultado é apresentado no Capítulo 7 deste trabalho.

5.4 Tempo de vida e largura de banda dos fluxos

Em situações reais de um ambiente 3G, um usuário móvel pode estar ativo com vários tipos de fluxo ao mesmo tempo. Estes fluxos possuem características de largura de banda e tempo de vida diferentes que podem ser vistos na Tabela 5.1.

No esquema proposto, o tempo de vida (duração da conexão) e a largura de banda de cada fluxo, são determinados através da geração de números inteiros aleatórios que tem como base no limite mínimo e máximo para cada tipo de fluxo. Por exemplo, se um usuário móvel é criado com fluxos de tipo 1 (voz) e tipo 3 (dados), um número aleatório inteiro de 1 a 10 minutos e a largura de banda de 30 kbps são atribuídos para o fluxo tipo 1, um número aleatório de 30 segundos a 10 horas e uma largura de banda entre 64 e 512 kbps é atribuída ao fluxo de tipo 3.

Tabela 5.1: Características de largura de banda e tempo de conexão por tipo [KOC03]

Tipo de Tráfego	Largura de Banda Requerida	Largura de Banda Média Requerida	Duração da Conexão	Média de duração de Conexão	Exemplo
1	30 kbps	-	1 – 10m	3m	Voz, Telefone
2	1-6 Mbps	3 Mbps	5m – 5h	10m	Vídeo sob Demanda
3	64-512 kbps	256 kbps	30s – 10h	3m	Dados sob Demanda

Esses parâmetros, juntamente com os demais parâmetros de inicialização do usuário móvel, permanecem fixos até o final da conexão de cada usuário móvel na rede e são utilizados para o cálculo de largura de banda a reservar na célula vizinha e para que o esquema proposto possa determinar o aceite ou a rejeição da conexão ou fluxo durante as simulações.

5.5 Classes de mobilidade do usuário móvel

Com relação à mobilidade do usuário, o esquema proposto segue o que foi observado em [KUU01] e implementa três classes de mobilidade distintas:

- Classe I – usuários com pouca mobilidade e nenhum *handoff*;
- Classe II – usuários com baixa mobilidade e baixa taxa de *handoff* e;
- Classe III – usuários com alta mobilidade e alta taxa de *handoff*.

5.6 Esquema de reserva de largura de banda

O esquema proposto faz a reserva de largura de banda com base em informações de localização, classe de mobilidade e direção do usuário móvel que são obtidas da conexão ou calculadas pelas antenas inteligentes.

As antenas identificam a localização aproximada do usuário móvel e informam a sua posição angular e a potência do sinal. A situação da conexão, que pode ser nova conexão ou conexão de *handoff* dependendo da situação em que o usuário se encontra na rede no momento atual e também é fornecida pela ERB. Se um usuário que acaba de pedir uma conexão para a rede, ele é marcado como nova conexão. Após a conexão inicial ser aceita e o usuário iniciar seu movimento no ambiente (que também depende de sua classe de mobilidade) e quando este alcançar os limites da célula será marcado como usuário de *handoff*. Já a classe de mobilidade (velocidade), dos fluxos que estão ativos e a largura de banda mínima e máxima para cada um deles são parâmetros informados pelo próprio usuário móvel quando da solicitação de conexão com a rede e permanecem fixos até que este usuário seja desconectado, conforme visto anteriormente nas Seções 5.3 e 5.4. Essa desconexão pode ocorrer por falta de largura de banda disponível durante o *handoff* ou mesmo por ter terminado o tempo de vida dos fluxos ativos na conexão.

O ângulo de deslocamento inicial é um ângulo aleatório oferecido ao usuário móvel pelo esquema proposto. Durante a simulação, este ângulo poderá sofrer alteração, dependendo do tipo de movimento do usuário móvel selecionado no simulador.

A reserva de largura de banda é feita seguindo um esquema fixo que determina se existe largura de banda disponível para receber uma conexão em *handoff*, quando ela vir a ocorrer. Esse esquema leva em consideração os tipos de fluxo existentes no usuário móvel que pede a reserva e a disponibilidade de largura de banda na célula que se deseja reservar. Assim, numa primeira situação, toda a largura de banda necessária pela conexão que solicita a reserva (que é a soma das larguras de banda máxima para todos os fluxos ativos no usuário móvel em questão) será reservada na célula desejada. Porém, em outra situação, a largura de banda necessária para reserva pode não estar totalmente disponível na célula desejada e então é reservada a soma de todas as larguras mínimas dos fluxos ativos no usuário móvel. Se, mesmo assim, a largura de banda desejada não estiver disponível, então é reservada a largura de banda equivalente a largura de banda exigida pelo fluxo de tipo 1(voz). Caso essa condição também não seja atendida, ou seja, não existe largura de banda disponível para atender nem ao menos um fluxo de tipo 1, nenhuma reserva é feita, o pedido de reserva é negado e a conexão é bloqueada.

Pode-se observar que o esquema respeita a prioridade dos tipos de fluxo para fazer a reserva. Tenta reservar a maior largura de banda exigida pelos fluxos da conexão, se isso não for possível, tenta reservar a menor largura de banda exigida pelos fluxos e se ainda assim não for possível, tenta a reserva de largura de banda apenas para o fluxo tipo 1. Se nem esta largura de banda estiver disponível, rejeita a reserva.

A reserva de largura de banda descrita é feita apenas em uma célula vizinha a da conexão. A escolha da célula que será reservada tem como base o acompanhamento do movimento usuário ao longo da conexão. A posição do usuário é fornecida repetidamente pelas antenas inteligentes e então a célula vizinha a ser considerada como alvo de *handoff* e onde será feita a reserva pode ser mudada frequentemente. Dessa maneira, o esquema proposto tenta garantir que haverá largura de banda reservada na célula destino sempre que houver um *handoff*.

O esquema também utiliza as informações de classe de mobilidade, para efetuar a reserva. Se um usuário móvel for de classe I (usuário sem mobilidade), o esquema não fará reserva na célula vizinha, visto que a possibilidade de ocorrer um *handoff* deste usuário é quase inexistente. Se o usuário for de classe II ou III, que são classes de mobilidade de baixa e alta taxa de *handoff*, respectivamente, o esquema efetua a reserva da maneira indicada acima.

A reserva de largura de banda utilizada pelo esquema proposto e detalhada acima é resumidamente apresentada na Figura 5.4.

Esse esquema de reserva tenta aproveitar ao máximo a largura de banda disponível, de maneira a não recusar a reserva e permitir que a conexão que solicita a reserva seja aceita, maximizando o parâmetro de QoS PQC (probabilidade de queda de conexão) . Além disso, como o esquema acompanha a situação de cada usuário móvel, e recalcula as reserva a cada instante, ele tenta se adequar às condições de tráfego da rede dinamicamente. Caso a rede congestionue, com excesso de pedidos de conexões, o esquema procura diminuir a reserva na célula vizinha, fazendo rejeição suave de alguns fluxos como foi visto acima e assim que as condições da rede estejam menos críticas passa a fazer reserva e *handoff* para todos, sem rejeição.

Em ambientes móveis celulares reais, a quantidade de conexões pode ser grande e a solicitação de reserva poderia acabar rapidamente com a largura de banda disponível nas células com grande quantidade de usuários móveis nas redondezas, fazendo com que novas conexões nessas células, sejam rejeitadas por falta de largura de banda, acabando por influenciar o parâmetro de QoS PBC (probabilidade de bloqueio de conexão).

Para minimizar este problema, um *pool* de compartilhamento de reserva é proposto e abordado na próxima seção.

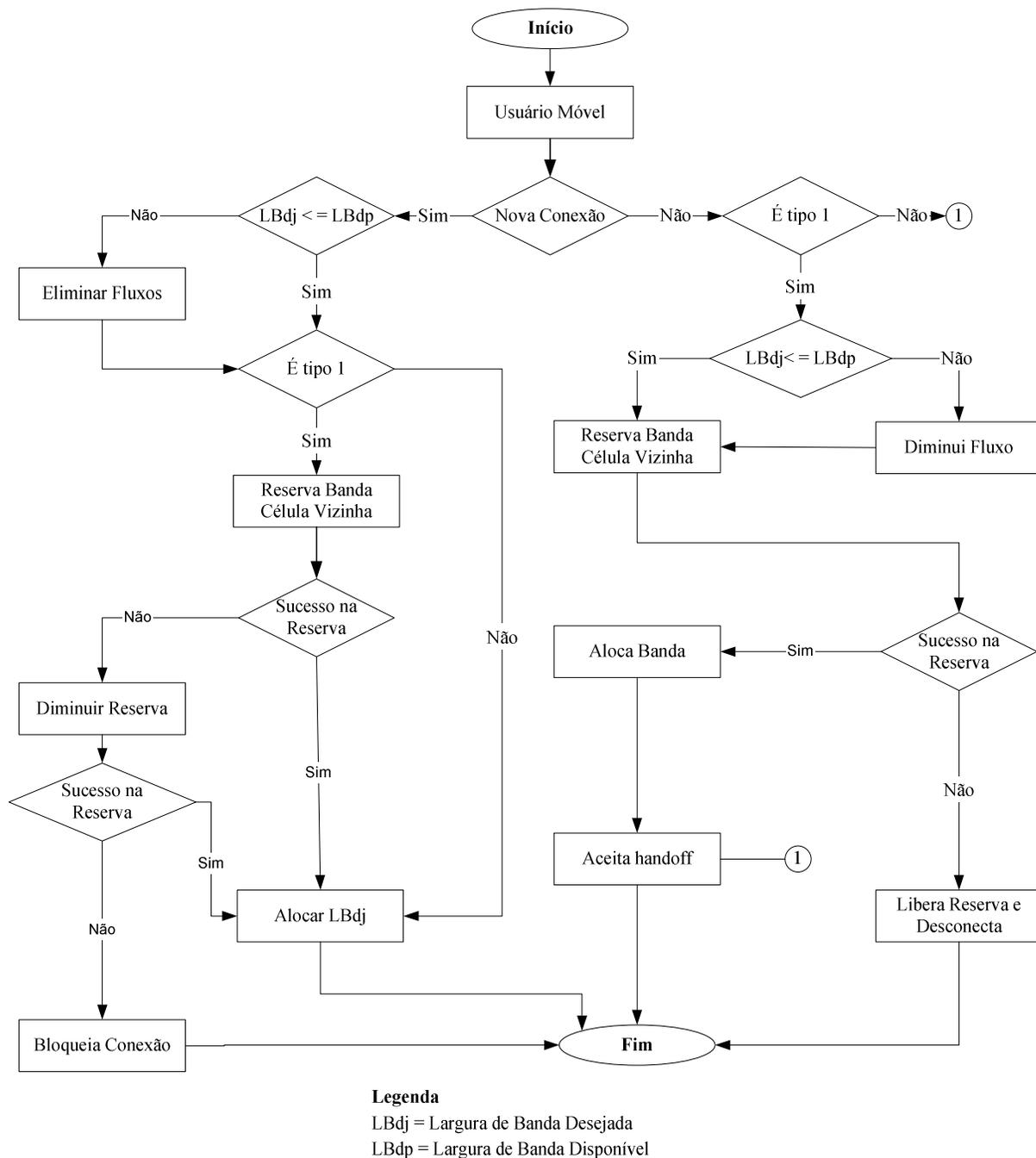


Figura 5.4: Reserva de largura de banda do esquema proposto

5.7 Controle do *pool* de compartilhamento

No esquema proposto, o controle do *pool* de compartilhamento, que é utilizado para suportar as conexões de *handoff* das conexões de células vizinhas, é feito de duas maneiras distintas. No primeiro caso, o *pool* é formado e controlado de acordo com a quantidade de conexões de tipo 1 (voz) que existem nas células vizinhas. A largura de banda a ser reservada no *pool* dependerá da quantidade de usuários móveis das células vizinhas que tem fluxos ativos de tipo 1 e que estão se deslocando em direção a célula onde o *pool* está disponível. Essa largura de banda a ser reservada é determinada de acordo com a quantidade de conexões que são apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Largura de banda pelo número de conexões tipo 1 [OLI98]

Número de Conexões tipo 1	Largura de Banda Reservada
0 – 5	512 kbps
6 – 10	1024 kbps
11 – 20	2048 kbps
21 ou mais	3072 kbps

No segundo caso, a largura de banda a ser reservada no *pool* será determinada pela maior largura de banda dos fluxos de tipo 1 (voz), que estão nas células vizinhas e estão se deslocando para a célula onde o *pool* está disponível e limitada a um determinado percentual da banda total da célula. Notadamente, a reserva por quantidade de fluxos tipo 1 pode consumir mais largura de banda do que a reserva que tem por base a maior largura de banda de fluxo tipo 1. No primeiro caso, a garantia de largura de banda disponível para *handoff* é maior, devido a maior largura de banda reservada e conseqüentemente a quantidade de bloqueios de novas conexões (PBC) também devem crescer, devido à falta de banda para iniciar uma nova conexão (já que uma maior largura de banda está sendo reservada para *handoff*).

Caso o percentual de largura a ser reservado seja muito elevado, a quantidade de bloqueios de conexão também aumentará, pois grande parte da largura de banda disponível na célula será reservada para *handoff*. Nesta situação espera-se que a probabilidade de quedas (PQC) diminua, visto que a quantidade de reserva de largura é grande.

5.8 Rejeição suave

Durante um *handoff*, a largura de banda necessária para receber a conexão de um usuário móvel, pode não estar disponível e então talvez seja necessário recusar o *handoff* e desconectar o usuário. Como em redes 3G os usuários podem estar conectados com vários fluxos (voz, vídeo e dados), no caso de desconexão, todos estes fluxos seriam perdidos. Para evitar esta desconexão de todos os fluxos ao mesmo tempo, o esquema proposto prevê uma forma de rejeição suave, onde são verificadas as larguras de banda mínima para os fluxos de vídeo e de dados. Elas são reduzidas ao mínimo possível (de acordo com o que foi negociado no início da conexão), a fim de se conseguir uma largura de banda desejada menor e assim possibilitar o *handoff*.

Porém, se mesmo com a diminuição da largura de banda dos fluxos de vídeo e dados não houver ainda possibilidade de se aceitar o *handoff*, os fluxos serão desconectados um a um, começando-se pelo fluxo de dados e depois o fluxo de vídeo, gerando assim uma rejeição suave. Desta forma, a queda de conexões em *handoff* (PQC) pode ser minimizada, e caso as condições da rede mudem num próximo instante, as taxas máximas poderão ser retomadas e a qualidade de conexão melhorada para o usuário móvel.

5.9 Principais características do esquema proposto e do esquema adaptativo

O esquema de reserva proposto, guarda algumas diferenças em relação ao esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo que são utilizadas neste trabalho para comparativo de desempenho. Nas simulações feitas, muitas dessas diferenças deixaram de ser implementadas para que o comparativo de desempenho entre os dois esquemas refletisse a real diferença de seus esquemas de controle de admissão e reserva de largura de banda. As principais características de ambos os sistemas, como o controle de admissão e o esquema de reserva de largura de banda, em conjunto com suas principais diferenças são apresentadas de forma sucinta na Tabela 5.3 abaixo:

Tabela 5.3: Principais características do esquema adaptativo e do esquema proposto

Característica	Esquema Adaptativo	Esquema Proposto
Tempo de vida dos fluxos	Distribuição geométrica entre valor mínimo e valor máximo	Distribuição uniforme entre valor mínimo e valor máximo
Largura de banda dos fluxos	Distribuição geométrica entre valor mínimo e valor máximo	Distribuição uniforme entre valor mínimo e valor máximo
Quantidade de fluxos por conexão	1 tipo de fluxo	Até 3 tipos de fluxos
Classes de mobilidade	Não disponível	3 Classes de mobilidade
Esquema de reserva de banda	Em todas as células vizinhas	Apenas em uma célula vizinha
Método de rejeição de conexão	Rejeição total por conexão	Rejeição suave por fluxo
Localização do usuário	Não implementada	Através de Antenas Inteligentes
Adequação a carga rede	Não implementada	Dinâmica de acordo com a carga atual da rede
Parâmetros de QoS	PQC, PBC	PQC, PBC

Pode-se observar no quadro acima que os dois esquemas possuem características comuns na admissão do usuário e no método de compartilhamento da reserva. Porém possuem muitas características diferentes em relação à reserva de largura de banda e ao tratamento dado aos fluxos existentes no usuário móvel. No esquema proposto, são aceitos até três fluxos em uma mesma conexão, enquanto que no esquema adaptativo apenas um fluxo de cada tipo é permitido na mesma conexão. No esquema proposto, a reserva de largura de banda é feita apenas em uma célula vizinha e no esquema adaptativo todas as células vizinhas são reservadas. O esquema proposto se ajusta dinamicamente a carga da rede, possibilitando que um fluxo inicialmente rejeitado possa ser aceito caso a carga da rede diminua. Esta característica não está disponível no esquema adaptativo. O esquema proposto utiliza classes de mobilidade para auxiliar no processo de reserva de banda e faz a rejeição suave, por fluxo, no caso de falta de largura de banda parcial para admissão ou *handoff* enquanto o esquema adaptativo não trata a mobilidade do usuário e faz uma rejeição total da conexão em caso da falta de largura de banda parcial.

Ambos os esquemas possibilitam *QoS* em ambientes móveis 3G, com índices diferenciados que serão demonstrados no Capítulo 7.

5.10 Conclusão

Neste capítulo pode-se observar que o esquema proposto permite a reserva de largura de banda e um controle de admissão de usuários para ambientes celulares de 3G. Foi visto que o esquema proposto utiliza-se de antenas inteligentes para prover dados de localização dos usuários móveis no ambiente celular e estes dados são utilizados como parâmetros para a reserva de banda e para a garantia de *QoS*.

O esquema proposto apresentado permite controlar a mobilidade dos usuários e implementa um método de rejeição suave, o que permite evitar que alguns usuários sejam desconectados em situação de *handoff*. Essas características são diferenciais em relação aos demais esquemas apresentados na bibliografia e garantem que o esquema proposto é novo e contribuí com mais um caminho para a obtenção de taxas cada vez mais elevadas de *QoS* em ambientes 3G.

Capítulo 6

Simulador de Ambientes Celulares de 3G – Sim3G

6.1 Introdução

Desenvolver esquemas de alocação de recursos para ambientes celulares móveis 3G é um grande desafio, principalmente no que tange a avaliação e comprovação da eficiência dos esquemas. Isto porque, a implementação dos esquemas em ambientes reais se torna financeiramente muito onerosa e pode inviabilizar algumas tentativas. Assim, se faz necessário utilizar ou desenvolver softwares simuladores que permitam implementar o esquema de alocação de tal maneira que seu desempenho e consistência possam ser verificados.

Neste trabalho, foi desenvolvido um software simulador para medir o desempenho do esquema proposto em relação ao Esquema de Reserva de Banda Adaptativo. A opção por desenvolver o simulador, se deu pelo fato não ser encontrado outro software que permitisse a flexibilidade necessária para simulação neste trabalho.

Além disso, o simulador desenvolvido, agora pode ser utilizado por outros pesquisadores para o apoio ao desenvolvimento de seus trabalhos, permitindo a comunidade científica interessada neste tipo de estudo, mais uma opção para avaliação de seus esquemas.

Neste capítulo será demonstrado o funcionamento do software simulador, a forma de operá-lo além de algumas sugestões de como utilizar o software para executar a simulação de outros esquemas de alocação de recursos.

6.2 Um possível cenário de simulação para esquemas de reserva de banda

Para a avaliação de desempenho de um esquema de reserva, deve-se observar os principais fatores que determinam a QoS nesse esquema e medi-los ao longo do tempo, em situações com várias conexões, buscando comparar os resultados obtidos com outro esquema e assim determinar a performance de cada esquema.

Normalmente, em ambientes celulares, a *QoS* é medida por dois fatores principais que são: a probabilidade de bloqueio de conexão (PBC), que é quando uma conexão é bloqueada ao tentar ativar-se no ambiente e a probabilidade de queda de conexão (PQC), que é quando uma conexão em *handoff* é terminada por falta de largura de banda na célula desejada. Em alguns casos a utilização eficiente da largura de banda, que determina se a largura de banda disponível nas células esta sendo bem utilizada, também é um parâmetro de *QoS* utilizado.

Assim, para avaliar um esquema de alocação é necessário um ambiente celular implementado com as características de reserva de largura de banda que permita obter os parâmetros de *QoS* descritos acima. Ambientes celulares reais com estas características seriam caros de desenvolver e então, softwares simuladores que procuram repetir as condições desses ambientes são desenvolvidos para que se possa executar simulações e obter os parâmetros de *QoS*.

Um software de simulação deve proporcionar o maior número de variáveis possíveis para que se possa configurar um ambiente celular em várias situações de carga e mobilidade de usuários, como de fato é um ambiente celular móvel real. As características de mobilidade dos usuários, como sua velocidade de deslocamento e características da conexão (tipos de fluxos) devem ser disponibilizadas e deve-se permitir que os esquemas de reserva de banda diferentes possam ser implementados facilmente, de maneira a permitir que vários esquemas diferentes utilizem o software simulador para aferir seus níveis de *QoS*.

Os resultados da simulação deverão ser claros o suficiente para que se possa medir a *QoS* e observar em que tipo de situação seu nível melhorou ou piorou. Arquivos com as configurações iniciais da simulação e do resultado também são importantes pois permitem que a mesma simulação seja repetida e seus resultados comparados, ou mesmo que uma simulação seja repetida com pequenos ajustes nos parâmetros iniciais com o objetivo de estudar seu comportamento em situações de configuração e cenários diferentes.

Possibilitar simulações em diferentes cenários e fornecer os dados de *QoS* de forma clara, reduzindo os custos e permitindo o desenvolvimento e implementação de vários esquemas deve ser o principal objetivo de um software simulador para esquemas de reserva de banda.

6.3 Apresentação do Sim3G

Um software de simulação foi desenvolvido em linguagem Delphi (versão 6.0) e foi denominado Sim3G (Simulador de Ambiente Celular para Redes de Terceira Geração).

Ele permite realizar diversas simulações em diversos ambientes celulares móveis que podem ser configurados através de parâmetros de maneira dinâmica a qualquer momento. A tela principal pode ser vista na Figura 6.1.

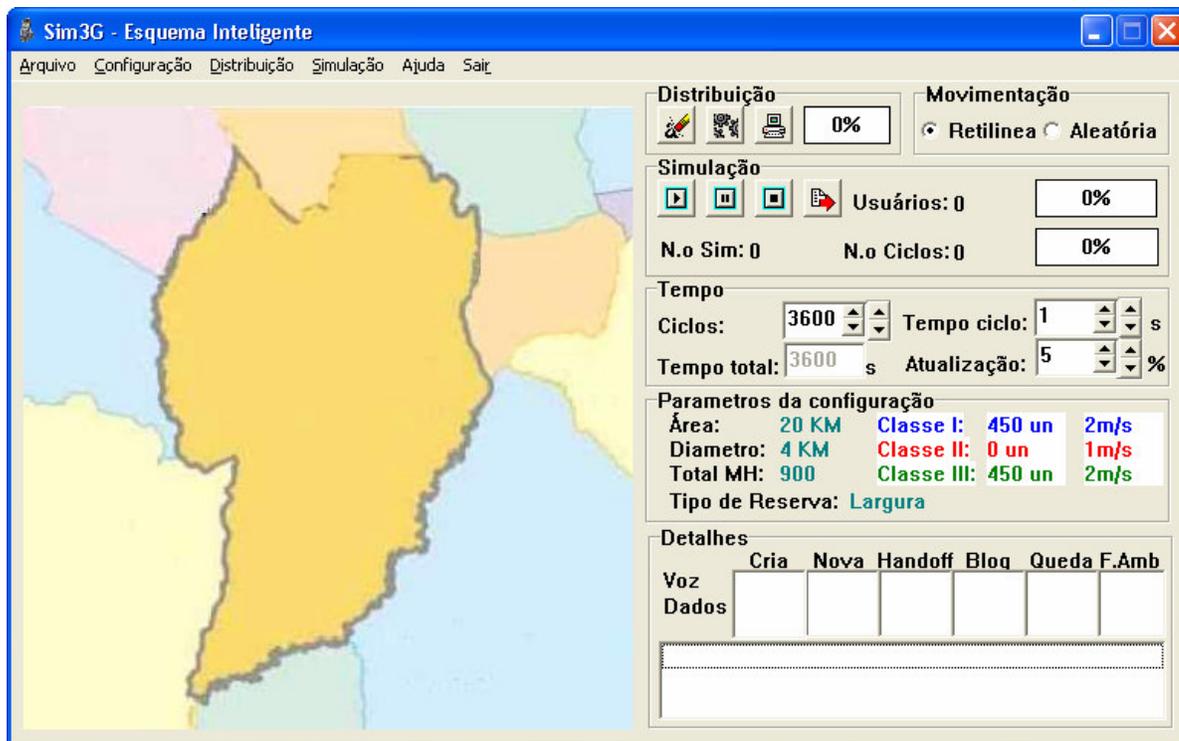


Figura 6.1: Tela principal do Sim3G

A tela principal do Sim3G foi construída de maneira a facilitar a configuração e acompanhamento das simulações. Nela existem sete painéis que permitem determinar aspectos do ambiente celular móvel e o comportamento dos usuários móveis que serão criados para a cada simulação executada.

No primeiro painel é apresentado, durante a simulação, o ambiente e os usuários móveis criados, permitindo ao usuário do sistema acompanhar a simulação através da interface gráfica. Neste painel, durante a simulação, os usuários móveis são mostrados em movimento real, com diferenciação de cores para cada classe de mobilidade. No segundo painel é possível controlar a distribuição das células e dos usuários móveis. Ele é utilizado para iniciar a simulação, ou seja, criar o ambiente móvel celular e os usuários móveis neste ambiente. A quantidade de usuários móveis, de células e mais alguns parâmetros utilizados para criar o ambiente são descritos mais à frente, neste capítulo.

No painel três, pode-se selecionar o tipo de movimentação que os usuários móveis seguiram durante a simulação. Caso o usuário escolha a movimentação retilínea, todos os usuários móveis descreveram movimentações em linhas retas, a partir de um ângulo obtido aleatoriamente no início da simulação, possibilitando a predição do movimento do usuário e facilitando a reserva de largura de banda em células vizinhas. Se, ao contrário, o usuário selecionar a movimentação aleatória, os usuários móveis receberão a todo ciclo um ângulo aleatório que poderá mudar sua trajetória durante a simulação, dificultando a predição do movimento do usuário e dificultando a reserva de largura de banda em células vizinhas. Na prática o que se observa é que com esta opção marcada, os usuários móveis descrevem trajetórias totalmente aleatórias, o que aproxima muito a simulação executada de ambientes celulares reais.

No painel 4, tem-se o controle da simulação, com botões para início, pausa e finalização de simulação, além de barras que permitem identificar o andamento da simulação, das informações de quantidade de simulações e ciclos que são apresentadas de forma dinâmica durante as simulações. É através deste painel, que a simulação poderá ser iniciada e finalizada. Para que uma simulação seja iniciada, os parâmetros do ambiente e dos usuários móveis já devem ter sido configurados. No quinto painel, existem alguns controles que permitem configurar o ciclo, o tempo de ciclo e o tempo de atualização da simulação. O ciclo é um número que indica quantas vezes o sistema irá verificar e recalculer a movimentação dos usuários durante a simulação. A cada ciclo, o sistema recalcula a direção do usuário, com base na posição anterior e faz o recálculo das larguras de bandas das células e dos *pool's* de reserva. Também é neste momento que usuários com tempo de vida excedido são desconectados e novos usuários são aceitos. O tempo de ciclo representa o tempo esperado entre cada ciclo e a atualização representa o percentual de atualização gráfica do ambiente durante a simulação. Estes controles visam a atualização da interface gráfica do sistema e não influenciam diretamente no resultado da simulação.

Quando é feita uma simulação, o gráfico que representa o ambiente celular é sobrescrito pelo movimento dos usuários móveis que “passam” sobre ele. Assim, se faz necessário atualizar este gráfico de fundo para que a representação gráfica não fique prejudicada e essa medida de atualização é dada pelo percentual de atualização. Se for configurada a atualização para 10%, o sistema irá atualizar o gráfico de ambiente celular a cada 10% de tempo (ciclos) decorrido da simulação, por exemplo.

No sexto painel, são mostrados os principais parâmetros configurados para a simulação. Aqui podem ser vistos os parâmetros selecionados para a área total do ambiente móvel, que comportará as células, o diâmetro de cada célula, o total de usuários móveis que serão criados para a simulação, o tipo de reserva de largura de banda a ser utilizada, que pode ser por largura de banda dos usuários com fluxo tipo 1 ou por quantidade desses mesmos usuários nas células vizinhas e também a quantidade de usuários em cada classe de mobilidade.

No sétimo e último painel, são mostrados dinamicamente durante a simulação, os valores dos parâmetros de *QoS* calculados. Também podem ser observadas neste painel, as características individuais de cada usuário móvel ou célula, bastando para isso, sempre no início da simulação, posicionar o ponteiro do mouse sobre um usuário móvel ou uma célula no ambiente desenhado no painel um e clicar sobre o mesmo.

Além dos painéis descritos acima, fazem parte da interface gráfica do Sim3G, menus que dão acesso, entre outras funcionalidades, as telas de configuração de parâmetros, ao *help* do sistema e a gravação de arquivos de configuração e de saída.

6.4 Parâmetros de configuração

No Sim3G, existem parâmetros que permitem ao usuário configurar o ambiente celular que será utilizado na simulação, alterando o tamanho em quilômetros quadrados deste ambiente, o diâmetro, a largura de banda das células, o percentual de largura no *pool*, a forma de reserva de banda a ser executada e a quantidade de simulações a ser executada. Estes parâmetros de ambiente permitem flexibilidade ao sistema e possibilitam inúmeras combinações que podem ser utilizadas para simular vários ambientes celulares desejados conforme pode ser visto na Figura 6.2.

Além destes parâmetros, esta tela permite ainda configurar a gravação de log's do sistema, que possibilita o acompanhamento de todos os passos dos usuários móveis e as principais configurações utilizadas pelo sistema em uma determinada simulação. Ainda, é possível habilitar ou desabilitar a visualização da interface gráfica. Caso a caixa de seleção interface gráfica seja marcada, a movimentação dos usuários será refletida de forma gráfica no painel 1. Tanto a interface gráfica quanto à gravação de log's (arquivos contendo resultados ou informações passo-a-passo sobre determinado assunto), aumenta muito o consumo de recursos de processamento da máquina onde o sistema está sendo executado e implementam retardo no processamento e finalização da simulação.

Caso queira-se acelerar a simulação, deve-se deixar as duas caixas (de interface e de log's) desabilitadas.

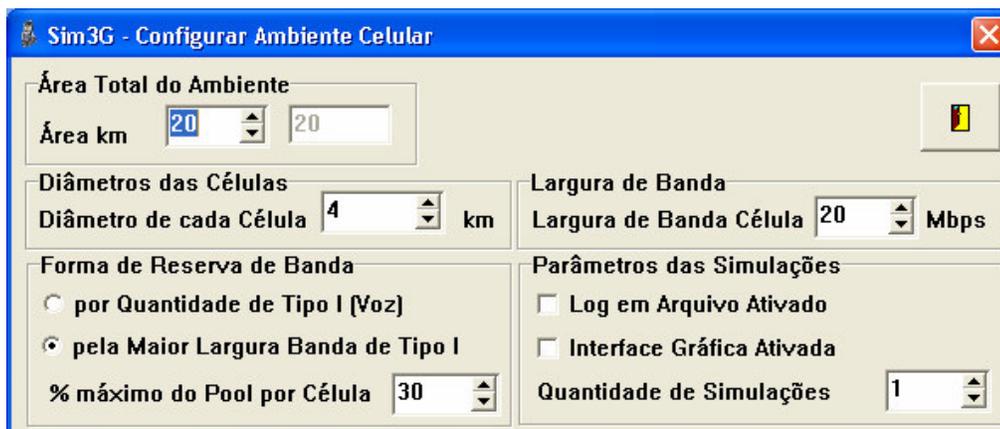


Figura 6.2: Tela de configuração de parâmetros do ambiente celular

Além dos parâmetros de ambiente, também são disponibilizados parâmetros para a configuração do usuário móvel onde é possível determinar as classes de mobilidade do usuário (que foram vistas no Capítulo 2, Seção 2.3). É permitido determinar a quantidade, que pode chegar a 9.999 e a velocidade dos usuários móveis por classe, dando flexibilidade para diversas configurações e possibilitando ao Sim3G fazer inúmeras simulações em relação a essas classes. A tela de configuração de classes permite também determinar quais os tipos de fluxos, vistos no Capítulo 2, Seção 2.4, que farão parte de cada classe, conforme pode ser observado na Figura 6.3.



Figura 6.3: Tela de Configuração de usuários móveis

Finalmente, é possível configurar para os fluxos, suas taxas mínimas e máximas de ocupação de banda e também a duração de cada tipo de fluxo, o que permite ao Sim3G um grande dinamismo e simulações bem próximas do que acontece em ambientes celulares móveis de 3G reais, onde os usuários móveis ativam fluxos diferenciados e ficam conectados ao ambiente por tempos aleatórios. Embora exista uma aleatoriedade nos tempos de conexão e nas larguras de banda necessárias para os fluxos, é possível obter-se uma média desse comportamento, conforme foi abordado anteriormente na Seção 5.4 no Capítulo 5. Na Figura 6.4, pode-se observar a tela de configuração para a largura de banda e duração da conexão para cada tipo de fluxo:

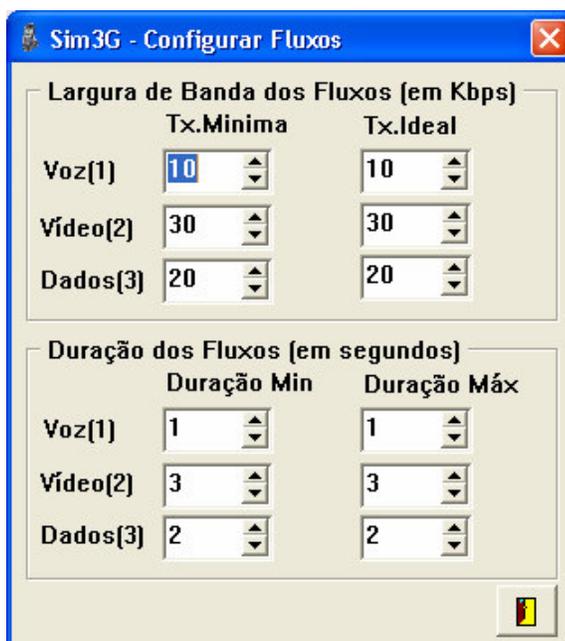


Figura 6.4: Tela configuração de largura de banda e duração por tipo de fluxo

Todos estes parâmetros de configuração foram inseridos no software simulador Sim3G para proporcionar flexibilidade para simulação de várias situações e aderência a simulação dos dois esquemas abordados neste trabalho, possibilitando desta forma a medida de desempenho do esquema proposto e do Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo.

6.5 Acompanhamento das simulações

O Sim3G possui uma interface gráfica que tem o intuito de facilitar sua utilização. Nesta interface, durante a simulação, pode-se observar o movimento dos usuários no ambiente celular móvel, que são diferenciados graficamente por cores, como pode ser visto na Figura 6.5. Isto permite a observação visual do que está ocorrendo durante a simulação, dando ao usuário do sistema mais uma opção para validar seu esquema e observar seu comportamento na prática.

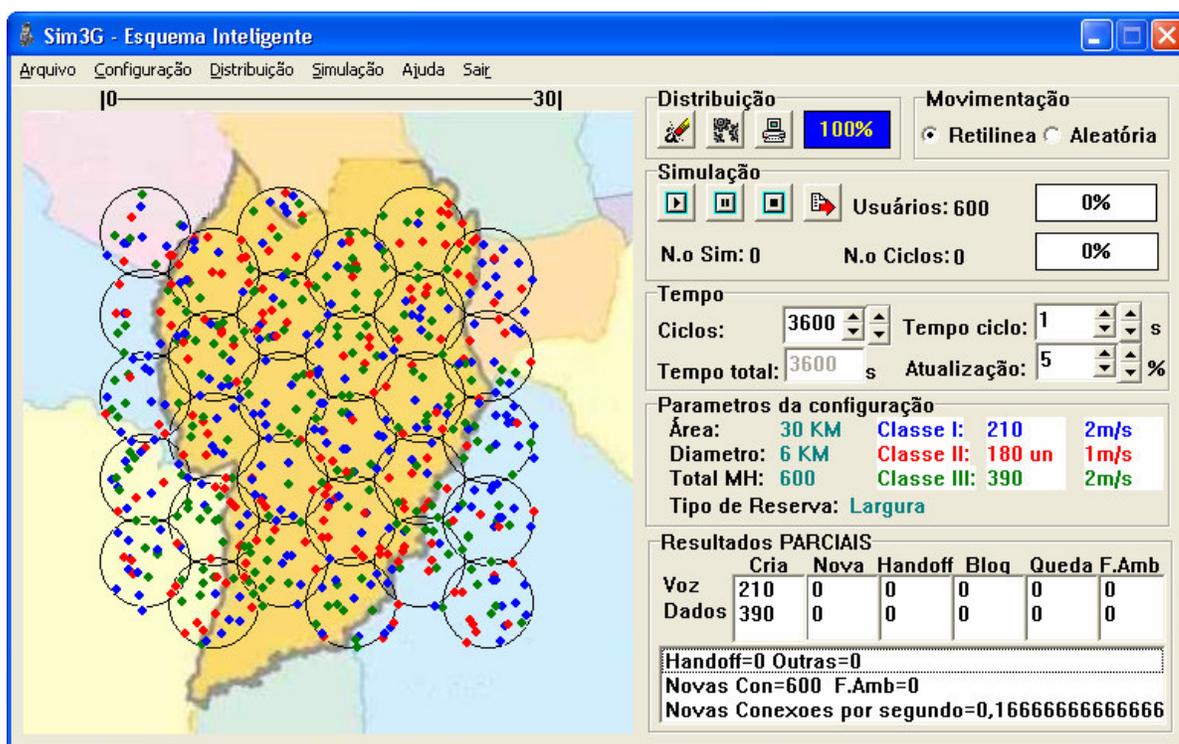


Figura 6.5: Exemplo de movimentação gráfica do Sim3G

6.6 Resultados das simulações

Ao final de cada simulação são gerados valores que representam a quantidade de quedas em *handoff* e a quantidade de bloqueio de novas conexões além das quantidades de novas conexões e de *handoff* executados. Estes dados permitem calcular as probabilidades de bloqueio e de queda que são os parâmetros de *QoS* considerados neste trabalho.

Também são oferecidos como saída após cada simulação, alguns arquivos textos que contêm as configurações iniciais dos usuários móveis inseridos (logmh.sim), a configuração inicial das células (logcel.sim), a movimentação passo-a-passo dos usuários móveis da simulação (logfull.sim) e os resultados finais de cada simulação (logres.sim).

Esses arquivos são gravados em formato texto, com cabeçalhos e campos separados por ponto-e-vírgula, como no exemplo da Figura 6.6 e podem ter muitas finalidades, como serem usados como entrada para novas simulações ou para realizar observações de comportamentos e realizar cálculos estatísticos sobre dados.

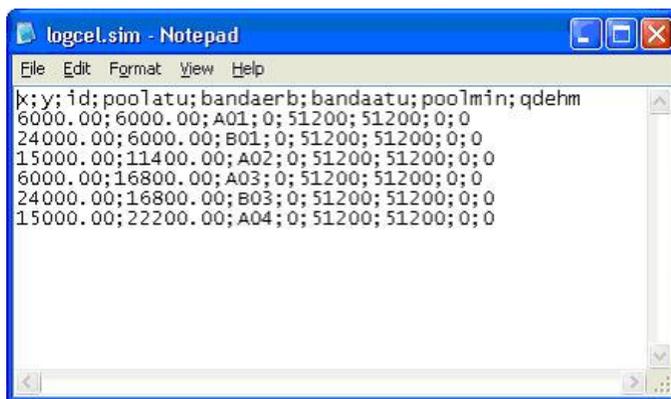


Figura 6.6: Arquivo texto de saída do Sim3G

Os arquivos podem ser importados para planilhas de cálculos e desta maneira facilitar sua manipulação e a apuração de outros resultados diferentes daqueles parâmetros que são apresentados ao final da simulação. Pode-se também imprimir estes arquivos e anexar as listagens aos trabalhos e simulações executados, de maneira a complementar e servir de subsídio a novos trabalhos.

6.7 Conclusão

Para a validação de esquemas de alocação de recursos e reserva de largura de banda são necessários softwares simuladores que permitam aos usuários pesquisadores implementar e simular diversos cenários em diversos ambientes celulares móveis. O Sim3G é uma ferramenta simples e funcional que permite utilizar diversos cenários para simulações, através da configuração de parâmetros e da inserção do esquema de reserva.

Capítulo 7

Estudo de Caso

7.1 Introdução

Existem algumas formas para se medir o desempenho de esquemas de alocação. Pode-se implementá-los em ambientes reais e verificar seu desempenho, porém os custos envolvidos podem ser proibitivos. Pode-se também utilizar alguma ferramenta de simulação desenvolvida especialmente e que se aproxime do ambiente real que se deseja simular.

Esta última alternativa, a medida de desempenho por ferramenta que simula o ambiente real foi a utilizada neste trabalho. Neste capítulo serão demonstrados os parâmetros utilizados para simular o esquema proposto e o esquema adaptativo [OLI98] e um comparativo entre os mesmos através de gráficos. Alguns comentários sobre o resultado da simulação e aspectos importantes dos cenários escolhidos também são apresentados.

Algumas características do esquema proposto foram retiradas para torná-lo parecido em parâmetros com o esquema adaptativo, com o objetivo de tornar o comparativo de desempenho entre os dois esquemas, o mais próximo de um ambiente operacional real possível.

7.2 Desempenho do esquema proposto e do esquema adaptativo

Para a simulação dos dois esquemas foram inicialmente utilizadas duas versões ligeiramente modificadas do Sim3g. A primeira versão utiliza o algoritmo de reserva do Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo descrito em [OLI98] que faz a reserva de largura de banda em várias células vizinhas, com o objetivo de garantir o *handoff* e permite apenas um tipo de fluxo por conexão.

Na segunda versão, foi substituído o algoritmo do Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo, pelo algoritmo de reserva do esquema proposto, que faz a reserva apenas em uma célula vizinha que é aquela que receberá a conexão. Foram retiradas algumas características, como os vários fluxos por conexão e a verificação de mobilidade do usuário que não são previstas no Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo, buscando-se dessa maneira, um comparativo de desempenho restrito ao controle de admissão e reserva utilizado em cada esquema e permitindo uma comparação mais realista entre os mesmos.

7.3 Parâmetros das simulações

Para permitir a comparação e medir o desempenho do esquema proposto em relação ao Esquema de Reserva de Largura de Banda Adaptativo, foram realizadas 10 simulações de cada um dos esquemas, para 10 cenários diferentes, totalizando 100 simulações. Os cenários se diferenciam pela alteração do parâmetro de percentual de largura de banda reservada nas células vizinhas para *handoff*. Este parâmetro foi escolhido porque representa exatamente o que se deseja medir através das simulações, que é o desempenho do esquema de admissão e reserva de largura de banda. Durante a admissão de novos usuários, ambos os esquemas fazem a reserva de largura de banda em células vizinhas, cada qual com seu método e durante o *handoff* os esquemas utilizam esta largura de banda reservada para garantir a continuidade da conexão, também utilizando métodos diferentes. Desta forma, o parâmetro de percentual de largura de banda reservada na célula vizinhas possibilita a verificação do desempenho de cada esquema.

Nas simulações, além do parâmetro descrito acima, mais alguns parâmetros foram fixados para se determinar os cenários das simulações. Esses parâmetros são a quantidade de usuários móveis, a área do ambiente celular, o diâmetro das células, a quantidade de ciclos, o tipo de movimentação do usuário no ambiente, sua velocidade (classe de mobilidade), a largura de banda de cada tipo de fluxo e o tempo de duração. Os valores utilizados para estes parâmetros são apresentados na Tabela 7.1, 7.2 e 7.3.

Tabela 7.1: Parâmetros para o ambiente celular

Ambiente Celular	
Área do ambiente celular	20 x 20 km
Diâmetro das células	4 km
Quantidade de usuários móveis	900
Quantidade de ciclos	7200
Tipo de Movimentação do Usuário	Retilínea

Tabela 7.2: Parâmetros para o usuário móvel

Usuário Móvel						
Classe Mobilidade	%	Quant.	Velocidade	Voz	Vídeo	Dados
I	50	variável	7,2 km/h	Sim	Sim	Não
II	0	Não Utilizada	Não Utilizada	Não	Não	Não
III	50	variável	7,2 km/h	Não	Não	Sim

Tabela 7.3: Parâmetros para os fluxos do usuário móvel

Tipos de Fluxos				
Tipo	Taxa Mínima	Taxa Ideal	Duração Mínima	Duração Máxima
1 – Voz/Vídeo	30 kbps	3072 kbps	60s	1800s
2 – Não Utilizada	-	-	-	-
3 – Dados	64 kbps	256 kbps	30s	1800s

Para a escolha dos parâmetros de ambiente, vistos na Tabela 7.1, foram considerados valores proporcionais aos utilizados em [OLI98] e [KUO01]. Assim todos cenários simulados tinham 30 células. A quantidade de usuários móveis a ser simulada, que é 900, foi obtida após algumas simulações com uma aproximação do método de simulação de Monte Carlo e levando-se em conta a proporcionalidade de usuários em relação à quantidade de células, pois o simulador Sim3g faz a distribuição inicial dos usuários móveis de forma equivalente em todas as células. Assim a quantidade de usuários móveis poderia variar em números múltiplos de 30 usuários para manter a proporcionalidade. Com quantidade menor de usuários, a largura de banda ocupada e sua movimentação geravam pequenas probabilidades de bloqueio e quedas. Com valores maiores, estas probabilidades não se alteravam muito, de onde se conclui que 900 usuários representa a quantidade ideal para os cenários de simulação.

Para a determinação da quantidade de ciclos a serem executados, que para todos os cenários foi de 7200 e se equivale a 2 horas (na configuração escolhida, onde um ciclo equivale a 1 segundo), também foram realizadas algumas simulações teste para verificar a convergência dos valores obtidos de acordo com a duração da simulação. Foram executadas simulações com valores sucessivos e crescentes de ciclos e a partir de 7200 ciclos, os valores obtidos na maioria dos parâmetros se estabilizaram, demonstrando ser este valor de ciclos o ideal para as simulações.

Os parâmetros da Tabela 7.2 foram escolhidos para manter a compatibilidade com aqueles utilizados no esquema adaptativo e os parâmetros da Tabela 7.3 foram obtidos de valores médios de largura de banda e tempo de duração para os fluxos já apresentados neste trabalho.

O parâmetro de tempo de ciclo foi mantido em 1 segundo o que significa que cada ciclo representava um segundo na movimentação do usuário. Os cálculos de movimentação e de recálculo de largura de banda e reserva são feitos de acordo com este parâmetro. Isto significa que nas simulações realizadas em todos os cenários, a cada segundo foram recalculados e movimentados os usuários móveis no ambiente celular. O parâmetro de atualização foi mantido em 5% e não têm influência nos resultados da simulação pois é utilizado apenas para atualizar a tela e mostrar o movimento dos usuários móveis de forma gráfica.

Os dez cenários resultantes da variação dos parâmetros acima, são apresentados na Tabela 7.4 e foram utilizados para a geração de probabilidades (PBC e PQC) e transcritos em forma de gráficos que são apresentados na próxima seção.

Tabela 7.4: Cenários simulados

Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quantidade de Usuários Móveis	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Quantidade de Células	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Largura de Banda das Células (Mbps)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
% Largura de Banda da Reserva	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Usuários/Mbps de Banda de Reserva	180	90	60	45	36	30	26	23	20	18

O percentual de largura de banda de reserva apresentado na Figura 7.4 representa um determinado % que é separado na largura de banda original da célula e é reservado como *pool*. Já a quantidade de usuários/mbps de banda de reserva representa a quantidade máxima de usuários que poderão estar compartilhando o *pool* reservado.

7.4 Resultados das simulações

Para a medida de desempenho dos esquemas, são utilizados dois parâmetros de *QoS* previamente apresentados:

- Probabilidade de Bloqueio de conexão (PBC) e;
- Probabilidade de Queda de conexão (PQC).

A PBC, que é a probabilidade de bloqueio, é obtida em função da quantidade de novas conexões realizadas no ambiente durante a simulação pela quantidade de bloqueios gerada. A equação da PBC é apresentada abaixo em (7.1).

Após a obtenção das médias destes parâmetros, os resultados foram atribuídos às equações q_{cn} / q_{bl} para obtenção da probabilidade de bloqueio de conexão e q_{hd} / q_{qd} para a obtenção das probabilidades de quedas de conexão para cada cenário.

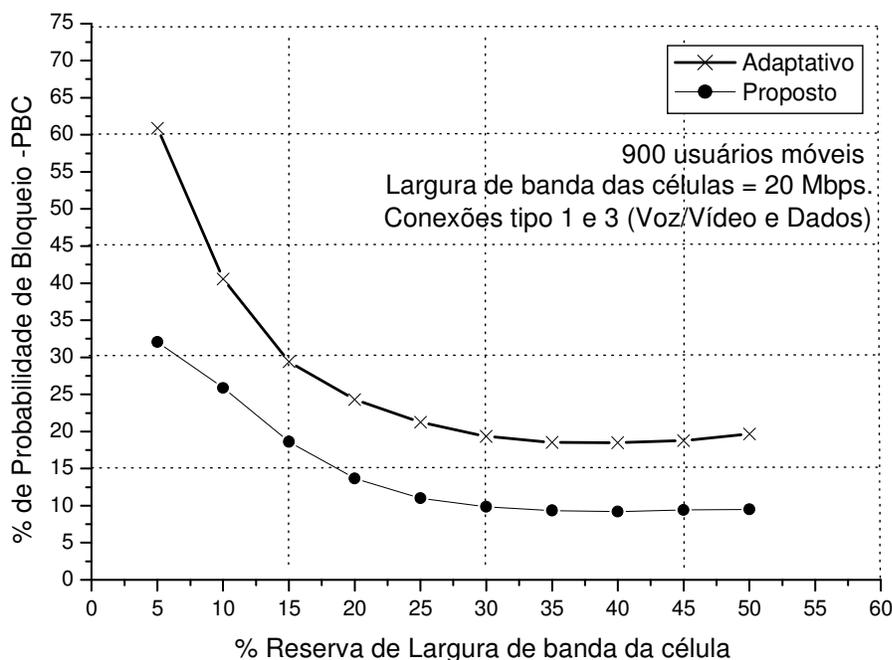


Figura 7.1: Probabilidade de bloqueio de conexões - PBC.

Na Figura 7.1, que compara a probabilidade de bloqueio de conexões (PBC) do esquema proposto com o esquema adaptativo e leva em consideração os dois tipos de fluxos (1 e 3, voz/vídeo e dados respectivamente), pode-se observar uma diminuição em torno de 45% nos bloqueios de conexão em favor do esquema proposto. Isso se deve ao fato de que o esquema proposto faz reserva apenas em uma célula vizinha, enquanto que o esquema adaptativo faz esta reserva em todas as células vizinhas, ocupando a largura de banda de várias células e causando mais bloqueios de novas conexões. Observa-se que, quanto menor a largura de banda reservada, a PBC aumenta até de forma não proporcional, principalmente com valores menores de 30% de reserva, no esquema adaptativo. Já para o esquema proposto, a PBC obedece a uma proporcionalidade linear. Esta desproporção no esquema adaptativo deve-se ao fato de que para o aceite da conexão é necessário reservar largura de banda em todas as células e, como o percentual de reserva é pequeno, muitas conexões podem ser bloqueadas devido a uma ou outra célula vizinhas já ter comprometido sua largura de banda à reservar.

Na Figura 7.2, que compara a probabilidade de queda de conexão (PQC) e também leva em consideração fluxos de voz/vídeo e dados, em conjunto, pode-se observar uma diferença de comportamento entre os dois esquemas, principalmente no intervalo entre 5 e 15 % de reserva de largura de banda. Neste intervalo, o esquema adaptativo inicia com uma probabilidade pequena, em torno de 7%, e chega a probabilidade de 16%. Este fato é consequência da quantidade de bloqueio de conexões que foi observada no gráfico anterior. Quanto mais conexões são bloqueadas, principalmente de tipo 1 (voz e vídeo), menos *handoffs* com reserva de largura de banda existirão e conseqüentemente menor será a probabilidade de queda. Conforme a probabilidade de bloqueio se estabiliza na Figura 7.1, também a probabilidade de queda registra valores estáveis na Figura 7.2.

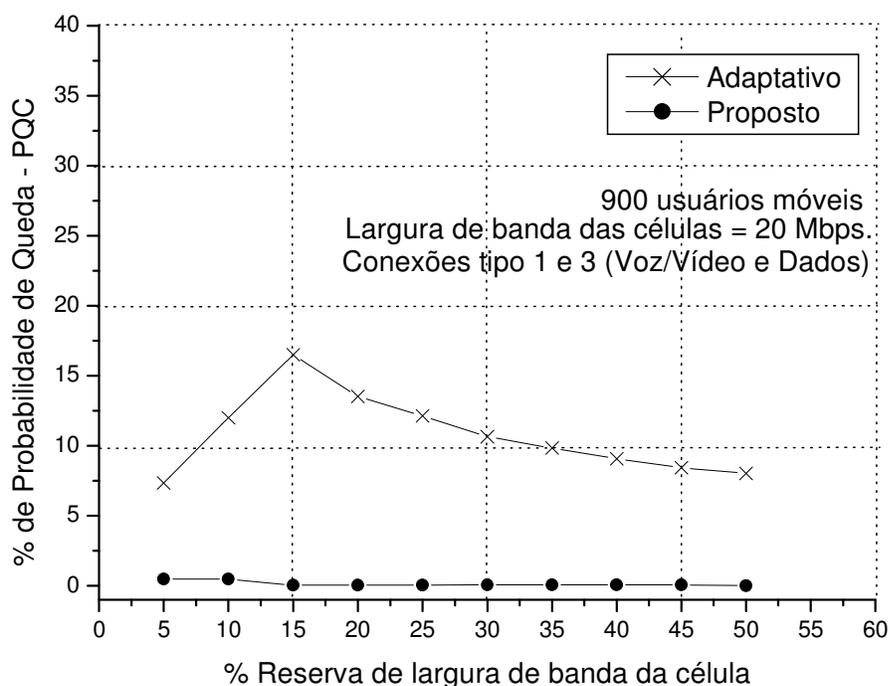


Figura 7.2: Probabilidade de queda de conexões - PQC.

Para o esquema proposto, o gráfico mostra valores entre 3%, quando a reserva de largura é mínima, e depois valores próximos de 0%, quando a reserva chega a 50%. Isso se deve ao modelo de reserva, que no esquema proposto é realizado apenas em uma célula vizinha, liberando a largura de banda das demais células para a reserva de outras conexões e também para novas conexões, diminuindo também a probabilidade de bloqueios como visto no gráfico 7.1.

Na Figura 7.3, são comparados ambos os esquemas em seus dois parâmetros de QoS assumidos e simulados. Pode-se observar no gráfico que para o parâmetro de PBC, o esquema proposto é mais eficiente para qualquer percentual de banda reservada e que também o parâmetro de PQC é visivelmente menor, chegando a valores quase nulos a partir de 15% de largura de banda reservada, para os cenários simulados.

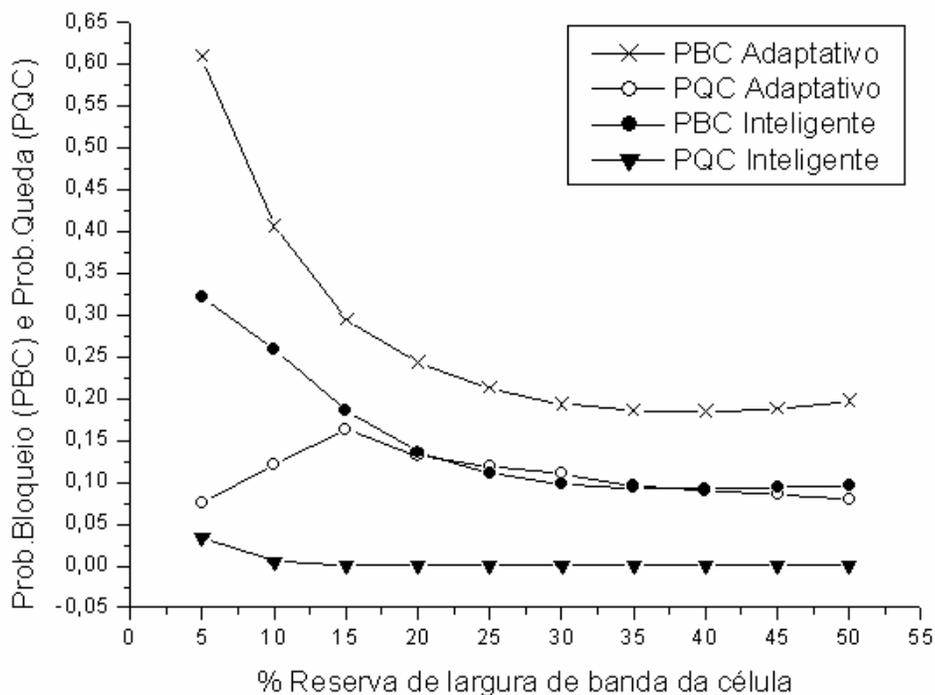


Figura 7.3: Comparativo geral dos esquemas adaptativo e proposto.

Para todos os valores de PBC e PQC simulados para os dois esquemas, há uma visível melhora de desempenho e diminuição das probabilidades para o esquema proposto em relação ao esquema adaptativo. Tal situação é esperada, pois a forma de reserva do esquema proposto faz melhor aproveitamento da largura de banda disponível e faz reserva apenas em uma célula vizinha.

Já na Figura 7.4, foi considerado o resultado de simulação apenas para os fluxos do tipo 1 (voz e vídeo) que exigem reserva de largura de banda nas células vizinhas.

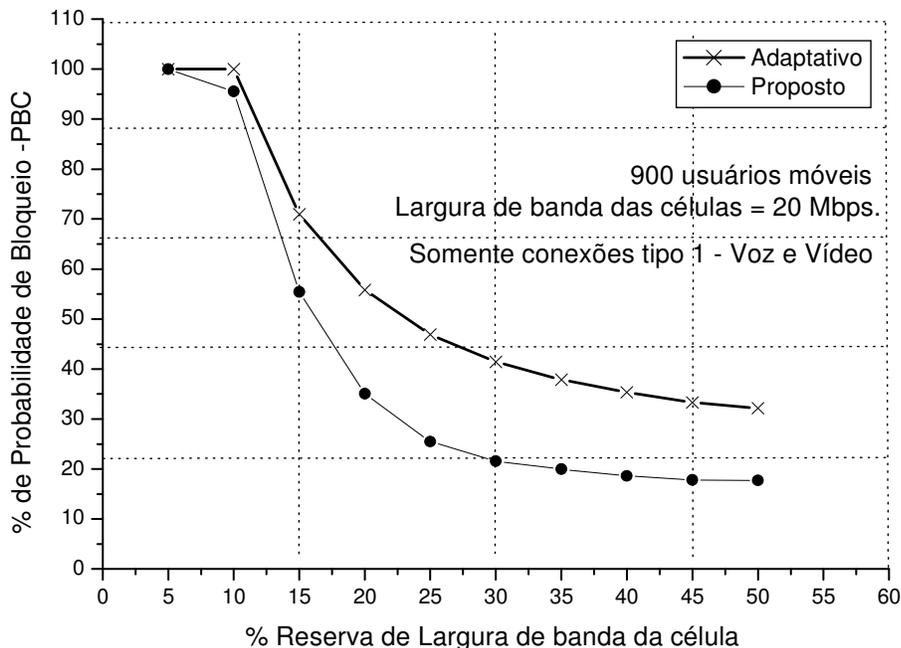


Figura 7.4: Desempenho dos esquemas com fluxo de tipo 1 – Voz e Vídeo.

No gráfico da Figura 7.4 pode-se observar que para pequenos valores de reserva de largura de banda, entre 5 e 10 %, o esquema adaptativo faz bloqueio de todas as novas conexões de tipo 1, pois precisa reservar largura de banda em todas as células vizinhas e não consegue. Já o esquema proposto, nesta mesma faixa de percentuais de reserva, inicia bloqueando todas as conexões mas logo em seguida já permite que algumas sejam aceitas.

Para valores de reserva médios, a diferença de performance dos dois esquemas aumenta, conforme também aumenta a reserva, passando por 37% de diferença, com 20% de reserva e chegando à cerca de 48% em 30% de reserva de largura de banda, mantendo-se no patamar de 46% mesmo com valores de reservas altos, entre 40 e 50%.

Em percentuais médios, as diferenças entre os bloqueios de conexões tipo 1, ocorridos entre os dois esquemas, chega a ser 26% menor em favor do esquema proposto.

Na Figura 7.5, é apresentado um gráfico com o desempenho do esquema adaptativo e do esquema proposto, comparando-se a probabilidade de queda e levando-se em conta apenas os valores para conexões do tipo 1.

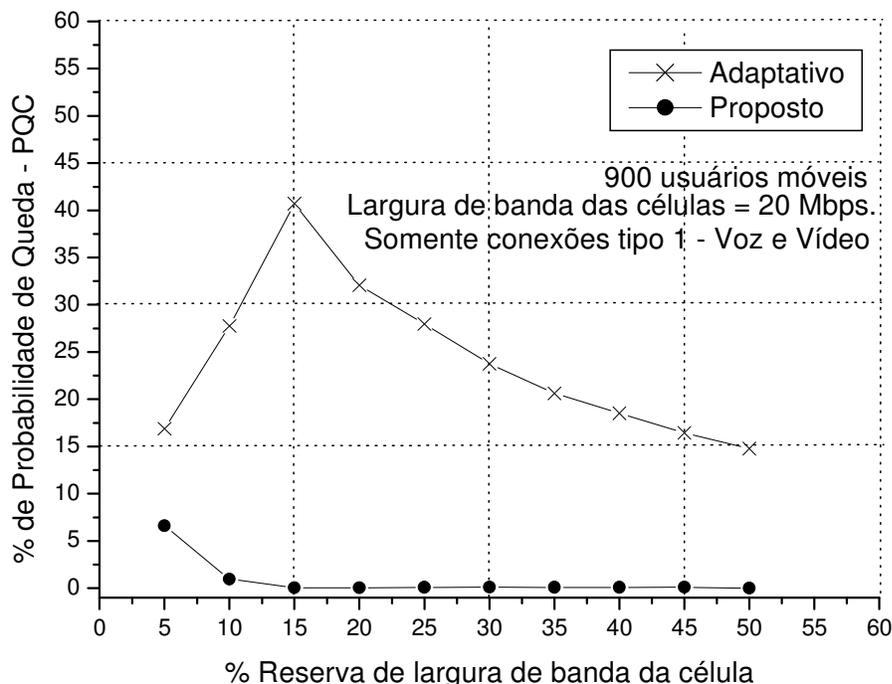


Figura 7.5: Probabilidade de queda com fluxo de tipo 1 – Voz e Vídeo.

Neste gráfico, o comportamento das quedas de conexões em *handoff* para os dois esquemas é diverso. Para o esquema adaptativo, com reservas de larguras variando entre 5 e 15% observa-se um crescimento na probabilidade de quedas, que se inicia em torno de 16% e vai até 42%. Isto se deve ao fato de que muitas conexões são bloqueadas devido à pequena largura de banda reservada e em consequência poucas conexões são aceitas no ambiente, gerando poucos *handoffs* e poucas quedas de conexão. Logo após os 15% de reserva, o esquema adaptativo tem percentuais de bloqueios cada vez menores, conforme o percentual de largura de banda cresce. Este comportamento é esperado, visto que com mais largura de banda disponível reservada, as conexões em *handoff* tendem a ser realizadas com sucesso.

Já para o esquema proposto, devido à reserva ser realizada apenas em uma célula, a largura de banda que sobra nas demais células, acaba permitindo que *handoffs* sejam executados dentro da largura de banda disponível na própria célula, algumas vezes sem a necessidade de uso do *pool*. Este comportamento permite ao esquema proposto, apresentar valores para probabilidade de queda de conexão (PQC), próximos a zero, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 7.5.

Conforme a largura de banda diminui, próxima dos 5%, a probabilidade de quedas de conexão começa a aumentar, pois a quantidade de largura de banda reservada para *handoff* é mínima o que faz com que as quedas em *handoff* aumentem.

Foram destacados os resultados individuais para as conexões do tipo 1 (voz/vídeo) pois este tipo de fluxo faz a reserva nas células vizinhas. Já as conexões de tipo 3 (dados) não fazem reserva, além de poderem ser aceitos *handoff* desde que haja largura de banda maior que zero.

Capítulo 8

Conclusão

A convergência das redes de comunicação *wireless* que agregam fluxos de voz, vídeo e dados e a demanda por recursos ocasionado por esses tipos de tráfegos já é uma realidade nas redes 3G. Nestas redes, um problema fundamental é garantir a alocação de recursos para os usuários que estão conectados de maneira a evitar desconexões em *handoff* e ainda permitir que novas conexões possam ser feitas.

A complexidade de se gerenciar a alocação de recursos em ambientes móveis, é gerada por características inerentes aos usuários destas redes, que se movem aleatoriamente entre as células ocasionando *handoff*'s. Esquemas de controle de admissão e reserva de banda tem sido propostos e auxiliam na garantia de *QoS* nesses tipos de redes. Estes esquemas, na sua maioria, precisam controlar a localização do usuário para fazer a reserva de banda em células vizinhas, o que muitas vezes ocasiona *overhead* de processamento nas ERB's ou aumento na quantidade de bloqueio de novas conexões.

Neste trabalho foi apresentado um esquema de alocação de recursos baseado em antenas inteligentes que possibilita um controle de admissão de novos usuários e reserva largura de banda apenas em uma célula vizinha, com base nas informações coletadas do usuário móvel e das antenas inteligentes. O esquema proposto considera a mobilidade do usuário, permite o controle de fluxos e possibilita ganhos nos níveis de *QoS* quando sua performance é comparada a outros esquemas já apresentados na bibliografia.

Através da utilização do simulador de ambientes de 3G também desenvolvido neste trabalho, foi possível realizar diversas simulações que consideraram vários cenários diferentes, tanto para o esquema proposto como para o esquema adaptativo [OLI98] que foi escolhido para um comparativo de desempenho. Em linhas gerais pode-se concluir através dos resultados obtidos nas simulações, que o esquema proposto provê melhorias nos parâmetros de *QoS*, menores probabilidades de bloqueio de conexões (PBC) e probabilidades de quedas de conexão (PQC), além de possibilitar uma melhor utilização da largura de banda disponível.

As maiores limitações encontradas neste trabalho foram impostas pela análise das informações geradas no simulador e na validação dos esquemas a serem simulados, que acabaram gerando muitos dados e conseqüentemente restringindo a quantidade de simulações. Algumas características importantes do esquema proposto foram retiradas dos algoritmos de simulação para possibilitar um comparativo nas mesmas condições do esquema adaptativo. Dessa maneira, as sugestões para trabalhos futuros são de implementar na sua totalidade o algoritmo do esquema proposto e fazer simulações para obter seus resultados, comparando-os a este trabalho. Pode-se também desenvolver novos algoritmos e implementá-los no simulador, buscando-se novos esquemas de alocação e menores probabilidades nos parâmetros de *QoS*.

Devido a forma com que foi implementado o simulador, as conexões novas são carregadas, em sua totalidade, no início da simulação. Pode-se modificar esta situação, incluindo-se novas conexões com o decorrer do tempo e verificar o desempenho do esquema proposto nesta situação.

Como contribuições deste trabalho, pode-se destacar o desenvolvimento do novo esquema de alocação de recursos com a utilização de antenas inteligentes para permitir a localização do usuário e o desenvolvimento e implantação do simulador de ambientes celulares de 3G.

Referências Bibliográficas

- [AND99] ANDERSSON, S. **Enhancing cellular network capacity with adaptive antennas**, Ericsson Review No. 3, 1999, pp. 138-141.
- [CAM02] CAMIÑA, Nelcy Keffer, TAMBOSI, Sérgio L., BETINI, Roberto C. **Esquemas de Alocação de Recursos em Redes Multimídia sem Fio para garantia de Qualidade de Serviço**, Anais do CBCOMP/2002 – Congresso Brasileiro de Computação, Setembro, 2002.
- [CHA99] CHALMERS, Dan. SLOMAN, Morris. **A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments**, IEEE Communications Surveys, London, 1999.
- [CHOI02] CHOI, Sunghyun. SHIN, Kang G. **Adaptative bandwidth reservation and admission control in QoS Sensitive cellular networks**, IEEE communications, vol. 13, n.o 9, 2002.
- [DER99] DERNERYD, A. JOHANNISSON, B. **Adaptive base-station antenna arrays**, Ericsson Review nº 3, 1999, pp 132-137.
- [IEC03] The International Engineering Consortium. **Smart Antennas Systems**, IEC, Agosto, 2003.
- [KOC03] KOCHEM, Ana Cristina B. **Controle de Admissão de Chamadas, Reserva de Recursos e Escalonamento para Provisão de QoS em Redes GPRS**. CEFET, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2003.
- [KUO01] KUO, G.S. KO, Po-Chang, KUO, Min-Lian. **A Probabilistic Resource Estimation and Semi-Reservation Scheme for Flow-Oriented Multimedia Wireless Networks**, IEEE Communications Magazine, February, 2001, pp 135-141.
- [LEV97] LEVINE, David A. AKYILDIZ, Ian F. NAGHSHINEH, Mahmoud. **A Resource Estimation and Call Admisson Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept**, IEEE/ACM Transactions on Netwoking, Vol. 5 nº 1, February, 1997, pp 1-12
- [MAD95] MADHOW, U. **Optimization Of Wireless Resources For Personal Communications Mobility Tracking**, IEEE/ACM Transactions on Netwoking, Vol. 3 nº 6, December, 1995, pp 698-707.
- [NOR03] http://www.nortelnetworks.com/products/02/bstk/switches/bps/collateral/56058.25_022403.pdf. **Introduction to Quality of Service (QoS)**, acessado em 23/05/2003.
- [NOY93] Bar-NOY, A. Kessler, I. **Tracking Mobile Users in Wireless Communications Networks**, Proc. IEEE INFOCOM'93, San Francisco, CA, Mar. 1993, pp. 1232-1239.
- [OLI01] OLIVEIRA, Jairo C. et all **Uma ferramenta para análise de carga de sinalização em Redes de Comunicação Móvel Celular**, UFPE Universidade Federal de Pernambuco, Novembro, 2000.

[OLI98] OLIVEIRA, C. KIM, Jaime Bae. SUDA, Tatsuya. ***An Adaptative Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks***, IEEE Journal, Vol 16 nº 6, August, 1998, pp. 858-874.

[SIE01] SIERRA, J.L.M. ***Introducción a la Tecnología de Antenas Inteligentes. Aplicación a UMTS***, Comunicaciones de Telefônica, nº 21, Junho, 2001.