

DAS Departamento de Automação e Sistemas
CTC **Centro Tecnológico**
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

Supervisão e Análise em Telefonia Móvel Celular

*Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a aprovação da disciplina:
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso*

Márcio Bittencourt Pires Júnior

Florianópolis, Maio de 1999

Supervisão e Análise em Telefonia Móvel Celular

Márcio Bittencourt Pires Júnior

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso
e aprovada na sua forma final pelo
Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial

Banca Examinadora:

Maurício Ibarra Dobes
Orientador Empresa

Jean Marie Farines
Orientador do Curso

Prof. Augusto Humberto Bruciapaglia
Responsável pela disciplina e Coordenador do Curso

Prof. Roberto Mário Ziller, Avaliador

Hugo Leonardo Gossman, Debatedor

Júlio Feller Golin, Debatedor

Agradecimentos

A Deus, por Ele me ter dado a oportunidade e capacidade de freqüentar este curso.

Aos meus familiares, por toda a força que me deram.

Aos meus orientadores, Jean Marie Farines e Maurício Ibarra Dobes, pelo incentivo e apoio nos meus momentos de dúvida.

À minha chefe Ana Cláudia de Brito, pela tolerância nos momentos mais difíceis.

Aos colegas de trabalho Charles, Krishnan, Mário e Rafael pelo respeito e consideração.

Aos amigos e colegas universitários André Camargo, Carlos Pezzotta, César Amendola, Fabrício Mezzari, Frederico Moraes e Patrick Moreira pelos favores prestados no decorrer do curso.

Aos professores, meus melhores agradecimentos.

Ao coordenador Augusto Humberto Bruciapaglia pela paciência, dedicação e contribuição para a conclusão desta monografia.

À minha namorada, Lise, por todo o carinho e compreensão.

Resumo

Esta dissertação aborda o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas de software destinadas a supervisão e análise de sistemas móveis celulares, os quais são baseados em centrais de comutação e controle AXE Digitais Ericsson.

Esse conjunto de ferramentas compõe um sistema denominado **SATCEL** (**S**upervisão e **A**nálise em **T**elefonia **C**elular), que é aplicado na supervisão, análise de desempenho e otimização das plantas celulares das operadoras CTBC Telecom e TELESC Celular, localizadas, respectivamente, em Minas Gérias e Santa Catarina.

O **SATCEL** é composto por quatro módulos aplicados à análise específica de parâmetros e de tráfego em sistemas celulares móveis, sendo denominados de: Supervisão de Tráfego Celular (**STC**), Estatística de Tráfego – **CTS**(**C**ell **T**raffic **S**tatistics), Supervisão de Interferência do Meio – **RES** (**R**adio **E**nvironment **S**tatistics) e Supervisão de Quedas de Chamadas – **RRCR** (**R**adio **R**elated **C**all **R**eleased).

O trabalho consiste na introdução de conceitos de telefonia celular, seguido da apresentação da dificuldade de se gerenciar uma rede celular. Após, é apresentada proposta de solução para melhoria das condições de trabalho nas operadoras, na qual são descritas as ferramentas do sistema **SATCEL**.

Abstract

This dissertation contents the development of a set of software tools to supervise and to analyze cellular mobile systems, which are based on Ericsson AXE digital switches.

This set of tools belongs to a system named **SATCEL**, which is applied in the supervision, performance analysis and optimization of CTBC TELECOM and TEDESC CELULAR cellular plants, which are based in Minas Gerais and Santa Catarina, respectively.

The **SATCEL** is compounded by four modules that are applied in specific parameters and traffic analysis in the cellular mobile systems, denominated by: **Cellular Traffic Supervision**, **Cell Traffic Statistics**, **Radio Environment Statistics** and **Radio Related Call Release**.

The work consists in the introduction of cellular telephony concepts, followed by the presentation of the cellular network management difficulties. After that, a better operating work conditions proposal is shown, in which **SATCEL's** set of tools are described.

Sumário

<i>Agradecimentos</i>	<i>ii</i>
<i>Resumo</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Sumário</i>	<i>v</i>
<i>Simbologia</i>	<i>viii</i>
Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Introdução à Telefonía Móvel Celular	3
2.1: Histórico	3
2.2: Componentes do Sistema Móvel Celular	5
2.2.1: Estação Móvel (<i>EM</i>).....	5
2.2.2: Estação Rádio-Base (<i>ERB</i>)	5
2.2.3: Central de Comutação e Controle (<i>CCC</i>).....	6
2.3: Conceito de Célula	6
2.3.1: Células Omnidirecionais	7
2.3.2: Células Setorizadas	7
2.3.3: Células "Reais"	8
2.4: Canais de rádio	9
2.4.1: Canais de voz.....	9
2.4.2: Canais de controle.....	10
2.5: Reutilização de Frequências	11
2.6: Cluster	12
2.7: Banda A e Banda B	13
2.8: Supervisão de chamada no caminho de rádio	14
2.8.1: Relação sinal/ruído no tom <i>TAS</i>	14
2.8.2: A Intensidade do Sinal de Rádio Frequência (<i>RF</i>)	15
2.9: Localização	16
2.10: Hand-off	17

2.11: Roaming	18
2.12: Analógico X Digital	18
2.13: Engenharia de Tráfego	19
2.13.1: Conceitos de Tráfego para Telefonia Celular	19
2.13.2: Planejamento Celular	20
2.13.3: Nomenclatura de Células.....	21
2.13.4: Rotas de uma célula.....	21
Capítulo 3: Descrição do Problema	23
3.1: Introdução	23
3.2: Medição de Tráfego	24
3.3: Medição de CTS Células(Cells) e Centrais(Exchange)	32
3.4: Medição de Interferência no Meio (RES – Radio Environment Statistics)	35
3.5: Medição de Queda de Chamada (RRCR – Radio Related Call Release)	38
Capítulo 4: Solução Proposta	42
4.1: Introdução	42
4.2: Definição	43
4.3: Especificação	44
4.4: Desenvolvimento	45
4.4.1: Justificativa das Ferramentas Utilizadas	45
4.4.2: Estrutura	47
4.5: Validação e Testes	48
4.5.1: Dificuldades encontradas.....	48
4.5.2: Validação do sistema.....	49
4.6: Manutenção	49
4.7: Conclusões	49
Capítulo 5: Implementação da Solução	51
5.1: Módulo Coletor de Dados	51
5.1.1: Desenvolvimento.....	52
5.1.2: Testes e validação	54
5.1.3: Considerações	55

5.2: Módulo de Inserção de Dados (Charge Process)	55
5.2.1: Desenvolvimento.....	55
5.2.2: Testes e Validação.....	57
5.2.3: Considerações	57
5.3: SATCEL STC - Supervisão de Tráfego Celular	57
5.3.1: Desenvolvimento.....	58
5.3.2: Estrutura	58
5.3.3: Descrição	59
5.3.4: Considerações	66
5.4: Módulo de Estatística de Tráfego - CTS (Cell Traffic Statistics).....	66
5.4.1: Desenvolvimento.....	67
5.4.2: Interface Gráfica	67
5.4.3: Testes e Validação.....	72
5.4.4: Considerações	72
5.5: SATCEL / RES – Interferência no meio	73
5.5.1: Implementação:.....	73
5.6: SATCEL / RRCR - Módulo de Queda de Chamada	77
5.6.1: Desenvolvimento.....	77
5.6.2: Interface gráfica	78
5.6.3: Testes e validação	81
5.6.4: Considerações	81
5.7: Conclusões e Perspectivas	82
Capítulo 6: Conclusões e Perspectivas	83
Referências Bibliográficas:	86

Simbologia

SATCEL – Supervisão e Análise em Telefonia Celular

CTCB – Companhia de Telecomunicações do Brasil Central

TIM – Telefônica Itália Mobile

HMM - Hora de Maior Movimento

GOS – Grade of Service (Grau de serviço)

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

EM – Estação Móvel

ERB – Estação Rádio-Base

CCC – Central de Comutação e Controle

RF – Rádio-Freqüência

TAS – Tom de Áudio Supervisão

TS – Tom de Sinalização

Capítulo 1: Introdução

O avanço tecnológico tem dado grande contribuição para o aumento da demanda do serviço móvel celular em todo o mundo, tanto pela melhoria das condições de uso do sistema (como, por exemplo, a redução do tamanho dos aparelhos celulares), quanto pela redução dos custos dos aparelhos e das ligações.

Devido a esse aumento de demanda, as operadoras não param de ampliar a capacidade de seu sistema celular, o que nem sempre é uma tarefa fácil. Para remodelar o seu sistema de células, as operadoras necessitam de informações rápidas e precisas, que mostrem tanto a evolução quanto a atual condição do sistema.

Carente de boas ferramentas que auxiliem, de fato, a avaliação de desempenho do sistema, as operadoras viveram um tempo em que as melhorias eram obtidas ou os defeitos eram detectados somente após as reclamações por parte dos usuários.

Mas, a história está mudando. A recente quebra de monopólio com a introdução da banda "B" e também a privatização das operadoras foram fatos que possibilitaram o surgimento rápido de um nicho de mercado. Sentiu-se a necessidade de criar ferramentas que se antecipassem às reclamações dos clientes, ou seja, as operadoras tiveram que se empenhar para garantir a satisfação dos usuários como forma de sobreviverem no mercado, agora competitivo.

Atenta a isto, a SUNTECH SISTEMAS Ltda., localizada no CELTA (Centro Empresarial de Laboração de Tecnologias Avançadas), especificou, desenvolveu e implementou um sistema de Supervisão e Análise em Telefonia Celular (**SATCEL**) que permite à equipe de engenheiros e técnicos das operadoras, em especial aos da TIM / TELESC CELULAR S.A. e CTBC Telecom (nas quais o sistema completo vem sendo implantado e testado), terem uma visão qualitativa e quantitativa de alguns dos índices que informam o desempenho da rede celular de uma maneira rápida, prática e consistente. Através dessa ferramenta, os engenheiros podem ter

informações em qualquer momento do estado atual das células, o que propicia agilizar a detecção de problemas, bem como auxiliar no planejamento do sistema baseando-se nas informações históricas, com vistas ao perfeito funcionamento do sistema para assegurar a completa satisfação dos clientes.

O **SATCEL** é um projeto composto por vários módulos referentes a diversas análises possíveis das condições do sistema celular em questão.

O Capítulo 2 introduz alguns conceitos de telefonia celular, que são necessários para a contextualização do assunto que será abordado por este trabalho.

Na sua seqüência, pode-se demonstrar no Capítulo 3 alguns dos procedimentos realizados nas operadoras, evidenciando a dificuldade relativa ao acompanhamento das principais variáveis do sistema móvel devido à falta de ferramentas adequadas.

No Capítulo 4 é apresentada a solução para os problemas citados, que é o conjunto de ferramentas computacionais que integram o **SATCEL**, destacando todo o contexto do seu desenvolvimento.

O **SATCEL** está estruturado em três partes: a primeira é responsável pela coleta de dados provenientes das centrais através de interface serial; a segunda insere os dados coletados no banco de dados; e, por fim, a terceira parte é composta por quatro ferramentas, as que são efetivamente usadas pelos usuários. Destas, a primeira ferramenta é a de Supervisão de Trafego Celular (**STC**), que é a mais utilizada do sistema. A segunda, que é a mais flexível, é denominada de Estatística de Tráfego (**CTS - Cell Traffic Statistics**). A terceira, trata de informações sobre interferência de rádio-freqüência, e é denominada de Estatística de Interferência no Meio (**RES - Radio Environment Statistics**). E a última, é o módulo de Análise de Quedas de Camadas (**RRCR - Radio Related Call Release**). A descrição de cada um dos módulos que compõem o sistema **SATCEL** é o escopo do Capítulo 5.

No capítulo 6 é concluído o trabalho e mostrado as perspectivas do seu desenvolvimento.

Capítulo 2: Introdução à Telefonia Móvel Celular

O presente capítulo descreve alguns conceitos referentes à tecnologia de comunicação móvel celular, os quais são utilizados no decorrer deste trabalho.

2.1: Histórico

O sistema de comunicação móvel é um sistema que utiliza ondas de rádio para transmitir informação, livrando os usuários da presença de fios, provendo-lhes oportunidades de viajar livremente sem perder a capacidade de comunicação.

A utilização de equipamentos para comunicação móvel já data de mais de cem anos. Tal tecnologia tem sido evoluída durante todo esse tempo em países como Alemanha, Estados Unidos e Suécia.

O maior problema encontrado pelos sistemas de rádio móvel é a limitação do espectro de frequência disponível. Por exemplo, escolhe-se determinada faixa de frequência, como a faixa de 30 a 40 MHz, e implementa-se alguns caminhos de comunicação (canais) distribuídos espaçadamente dentro desta faixa. Em 1938, nos Estados Unidos, utilizavam-se apenas 4 canais na referida faixa de frequência, ou seja, só eram possíveis 4 transmissões simultâneas.

O avanço tecnológico tem proporcionado a utilização de novos canais de rádio na mesma faixa de frequência, aliado à utilização de frequências cada vez mais altas.

Por isso, o sistema móvel pode ser aplicado às instituições civis, ou seja, a concepção de um sistema público de comunicação móvel tornou-se viável.

O sistema móvel convencional foi então implementado valendo-se dos seguintes componentes: uma antena com alta potência de transmissão, estrategicamente situada, e estações móveis espalhadas dentro de uma determinada área de cobertura.

Esta antena era responsável pela conexão entre os usuários e a rede pública de telefonia fixa, pois continha os equipamentos de rádio, transmissão e controle do

sistema. Ela deveria ser bem alta para obtenção do máximo em alcance do sinal de rádio e diminuição da influência do ruído local na recepção. Com isso, obtinha-se uma área de raio de 30 a 40 Km de área coberta pelo sistema (Figura 1). Entretanto, devido a interferência, um sistema deveria estar mais de 300 Km afastado de outro do mesmo tipo [4].

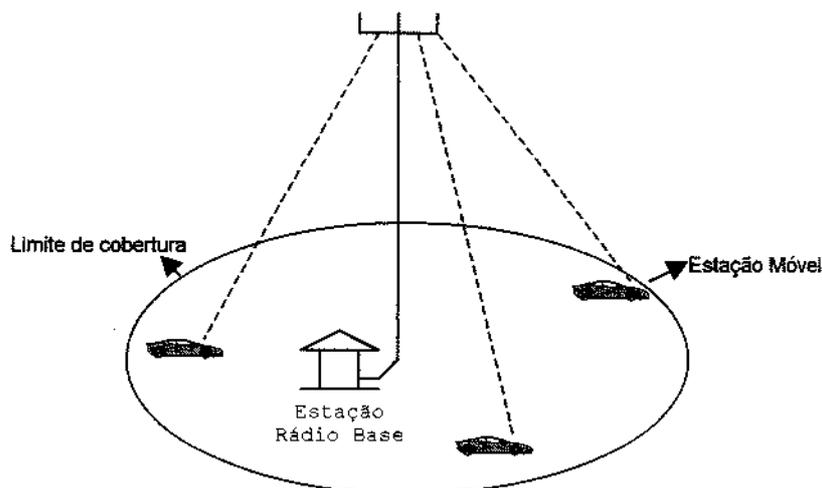


Figura 1- Comunicação Móvel Convencional

As principais deficiências deste modelo de comunicação móvel, dentre outras, são [4]:

- Desempenho pobre: devido ao número limitado de canais e uma crescente demanda, o grande número de assinantes cria uma alta probabilidade de congestionamento (bloqueio) durante às horas de maior tráfego;
- Utilização Ineficiente do Espectro de Frequência: O sistema convencional não utiliza eficientemente o espectro, visto que cada canal só pode atender um assinante por vez em uma área de abrangência;
- Potência de transmissão elevada, tanto da torre quanto das estações móveis, pois os rádios deveriam cobrir toda a área de cobertura, tornando os equipamentos grandes e caros;
- Havia problemas de interferência em outros sistemas;
- Operação "Push To Talk": numa conversa telefônica, apenas um poderia falar de cada vez.

Portanto, a efetiva expansão de um sistema móvel para atender à população, primando-se pela garantia da qualidade dos serviços prestados, necessitava a criação de outro sistema que solucionasse os problemas citados.

2.2: Componentes do Sistema Móvel Celular

O sistema móvel celular foi idealizado para amenizar os problemas da comunicação móvel convencional.

Basicamente, o sistema móvel celular é constituído de três elementos. São eles: Estação Móvel (**EM**), Estação Rádio-Base (**ERB**) e Central de Comutação e Control e (**CCC**).

Nesse contexto, segue as definições dos componentes de um sistema celular, bem como os valores relativos ao sistema **AMPS** (Advanced Mobile Phone System). O **AMPS** é o padrão básico utilizado para comunicação celular analógica.

2.2.1: Estação Móvel (EM)

O equipamento do assinante móvel é chamado estação móvel. A estação móvel consiste em um rádio transceptor (transmissor e receptor) que apresente as funcionalidades de um telefone comum.

A **EM** transmite e recebe sinais de voz, possibilitando a conversação. Transmite e recebe também sinais de controle, permitindo o estabelecimento de chamada.

Dentre os diversos tipos de estações móveis, cita-se dois: os utilizados em automóveis e os portáteis, com potências de transmissão de até 3 **watts** e 0,6 **watts**, respectivamente.

2.2.2: Estação Rádio-Base (ERB)

A Estação Rádio-Base é a parte do sistema que faz a ligação entre os usuários móveis e a central da área de serviço.

A **ERB** é local onde estão os equipamentos de Rádio Frequência necessários para efetivação de uma chamada celular.

A Estação Rádio-Base é capaz de estabelecer comunicação com qualquer estação móvel que esteja se deslocando em uma área em torno dela.

2.2.3: Central de Comutação e Controle (CCC)

A Central de Comutação e Controle é o elemento de coordenação central de toda a rede celular, pois administra todas as Estações Rádio-Base dentro de sua área de controle, bem como todas as estações móveis situadas dentro da sua região de atuação (

Figura 2).

A **CCC** é a ligação entre o sistema celular com a Rede Telefônica Pública Convencional (**RTPC**), possibilitando aos assinantes móveis comunicação com usuários fixos e vice-versa.

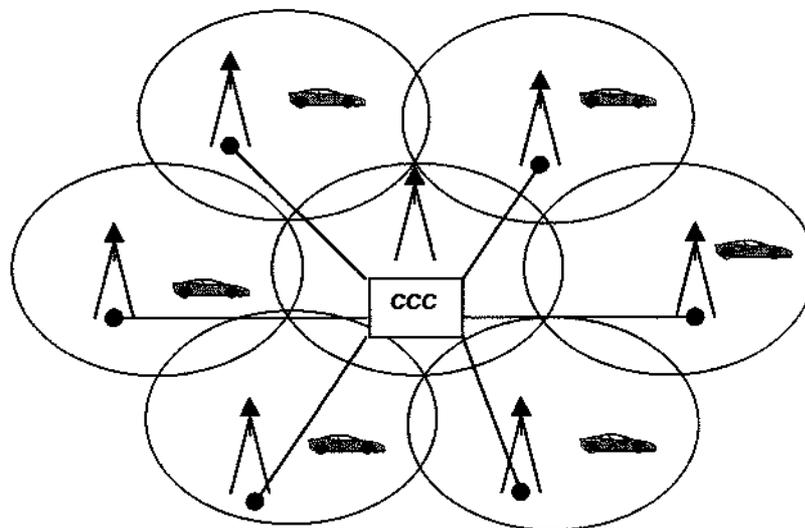


Figura 2 – Sistema Móvel Celular

2.3: Conceito de Célula

Entende-se por célula como a área geográfica coberta em termos de rádio frequência por uma antena, no qual a recepção do sinal de rádio nesta área atende às especificações do sistema.

O sistema celular é assim designado pois sua área total de cobertura é subdividida em áreas menores denominadas de células.

Na

Figura 2, é possível verificar a **CCC** ligada a várias **ERBs**, as quais formam células no seu raio de cobertura, e as estações móveis espalhadas em cada uma dessas células.

Dependendo do tipo de antena empregado, uma ou mais áreas (células) distintas poderão ser cobertas por uma única Estação Rádio-Base.

Por isso, as células podem ser formadas por antenas Omnidirecionais ou Setorizadas.

2.3.1: Células Omnidirecionais

Neste caso, a Estação Rádio-Base é equipada com uma antena omnidirecional, que distribui o sinal igualmente em todas as direções, formando assim uma área de cobertura circular, em cujo centro localiza-se a Estação Rádio-Base (Figura 3).

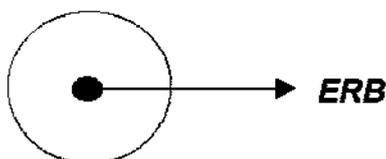


Figura 3 – Cobertura de Rádio da Célula Omnidirecional

Contudo, para efeito de representação, tal célula é representada por um hexágono como o da

Figura 4.

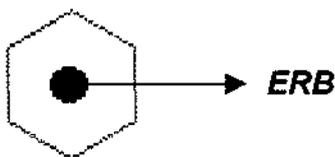


Figura 4 – Representação Gráfica da Célula Omnidirecional

2.3.2: Células Setorizadas

Neste caso a Estação Rádio-Base é equipada com três antenas direcionais, cada uma cobrindo uma área de 120 graus (Figura 6). Em tal Estação Rádio-Base, um certo grupo de canais de rádio são conectados à antena que cobrirá a primeira célula, um outro grupo de canais será alocado à antena que cobrirá a segunda célula e os restantes à terceira antena, fazendo com que esta Estação Rádio-Base cubra três células. Não é sempre necessário que uma Estação Rádio-Base cubra três células setorizadas, sendo que em alguns casos, somente uma célula setorizada possa ser empregada para cobrir, por exemplo, uma avenida ou o interior de um shopping.

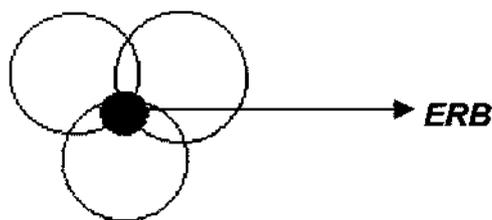


Figura 6 – Cobertura de Rádio das Três Células

Da Figura 6 podemos notar que para obtermos cobertura total, as células devem sobrepor-se, o que se aplica para as células vizinhas.

Quando representamos células setorizadas, utilizamos três hexágonos, um para cada célula, sendo que a Estação Rádio-Base encontra-se localizada na confluência dos hexágonos (Figura 7).

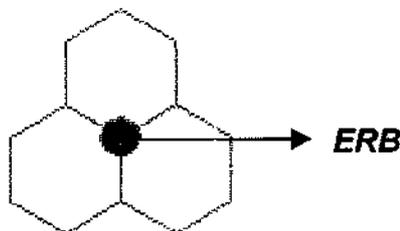


Figura 7 – Representação Gráfica das Três Células

Uma Estação Rádio-Base normalmente possui equipamentos para servir a uma célula omnidirecional ou a células setorizadas. Do ponto de vista de

instalação, as Estações Rádio-Base podem ser acomodadas em prédios comuns ou em "containers."

2.3.3: Células "Reais"

A representação gráfica da área de cobertura de uma célula por um hexágono é apenas fictícia. Este formato de célula não tem como ser realizado na prática. A forma hexagonal de células é utilizada pelos projetistas de sistemas celulares para simplificar o seu planejamento, pois o hexágono é a forma geométrica que neste caso mais pode se aproximar de um círculo ideal, que representa irradiação uniforme de potência em todas as direções a partir da **ERB** (cobertura omnidirecional). No mundo real a geometria da distribuição celular é substancialmente alterada, isto porque a propagação do sinal está longe de ser uniforme. A área de cobertura real de uma célula é na verdade uma forma geométrica irregular, pois a propagação depende de vários fatores como: topologia do terreno, lagos, edificações, vegetação, etc. (

Figura 8) [3].

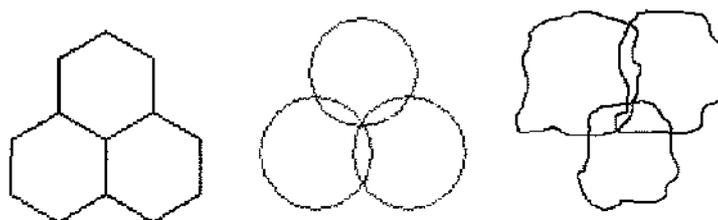


Figura 8 – Células Fictícia, Ideal e Real

2.4: Canais de rádio

O canal de rádio é o caminho de transmissão bidirecional entre a Estação Móvel e a Estação Rádio-Base. Um canal utiliza frequências separadas, um para transmissão da Estação Móvel e outro para transmissão da Estação Rádio-Base (operação dúplex). A distância entre as duas frequências, ou melhor dizendo, a distância dúplex, é sempre a mesma e é de 45 MHz (**AMPS**). [3]

Nas **ERBs** são encontrados diversos canais de rádios, havendo um transmissor e um receptor para cada um.

Os canais de rádio podem ser distinguidos em canais de voz e canais de controle.

2.4.1: Canais de voz

Canais de voz são os canais de rádio da Estação Rádio-Base que efetivamente transportam a conversação entre a **ERB** e a estação móvel. O transmissor de um canal de voz é ativado assim que a **CCC** captura o canal, e é desligado assim que o canal se torna livre. Geralmente, existem de 5 a 30 canais por célula. [3]

Junto ao canal de voz trafegam outros sinais: o tom **TAS**, dados (em situações especiais) e o tom **TS**.

O **TAS** (Tom de Audio Supervisão) é utilizado para a supervisão da qualidade de transmissão. O tom **TAS** é enviado sempre que o canal de voz tenha sido inicializado, ou seja, este tom é enviado continuamente durante a transmissão de voz. Uma vez que o tom **TAS** está muito acima da frequência de voz, estando na faixa de ± 6 kHz e a faixa transmitida de voz estando entre 300 Hz e 3 kHz, não há o perigo de interferência. O tom **TAS** é retornado para a Estação Rádio-Base no canal dúplex pela estação móvel.

O tom **TS** (Tom de Sinalização) é enviado a partir da estação móvel com finalidade de servir como sinalização no estabelecimento de uma chamada ou no procedimento de troca de célula por parte da estação móvel, denominado de **hand-off**.

2.4.2: Canais de controle

Normalmente existe um canal de controle por célula. Portanto uma **ERB** que contenha uma célula omnidirecional apresentará um canal de controle e uma **ERB** que contenha três células setorizadas apresentará três canais de controle.

Os canais de controle são responsáveis por toda a sinalização entre a central e a unidade móvel, controlando o transmissor e o receptor e monitorando falhas e qualidade. Se uma falha ocorre, envia um alarme para a central. O alarme também é

enviado se a qualidade de transmissão piora em uma conexão estabelecida. O canal de controle apresenta também outras funções [4]:

- **Dados:** Toda estação móvel que esteja dentro de uma célula e não esteja no estado de conversação, está sempre sintonizada em um canal de controle da mesma fazendo a supervisão contínua do fluxo de informação presente no canal;
- **Busca:** corresponde a uma chamada a uma estação móvel. É realizada no sentido da **ERB** em direção à estação móvel.
- **Acesso:** Quando um assinante móvel tecla um número para fazer uma chamada, estação móvel envia uma informação de acesso a **CCC** (via Estação Rádio-Base). É realizada no sentido da estação móvel para a Estação Rádio-Base.

A estação móvel, na primeira sintonia, realiza uma varredura automática de todos os canais de controle em operação no sistema.

Existem no total 21 freqüências diferentes reservadas a canais de controle. Estes canais são fixos, o que significa que a posição destes canais (freqüências) é pré definida e não pode ser alterada.

Com esta estrutura, a estação móvel somente tem que varrer os 21 canais para encontrar o melhor canal em sintonia. Quando em movimento a estação móvel não estiver tendo uma boa recepção, ela executa o mesmo procedimento em busca de outro canal de controle que esteja em melhor situação.

2.5: Reutilização de Freqüências

O sistema celular tem uma determinada faixa do espectro que pode ser utilizada. Como é limitada, é necessário que a mesma freqüência possa ser utilizada dentro do mesmo sistema de cobertura (região coberta por uma determinada **CCC**).

Para que isso ocorra, utiliza-se a mesma freqüência em células distantes, e garante-se que o sinal em uma determinada freqüência utilizada em uma célula, esteja muito atenuado ao atingir a outra célula que está usando a mesma freqüência. [3]

Deste modo é só dividir o espectro de freqüências em um determinado conjunto de canais, e não utilizar o mesmo grupo em células adjacentes. (Figura 10)

A técnica de reutilização de frequências é um dos fatores de sucesso do sistema móvel celular, pois mesmo com um número limitado de frequências, pode-se atender a uma grande demanda de tráfego, o que não acontecia no sistema móvel convencional.

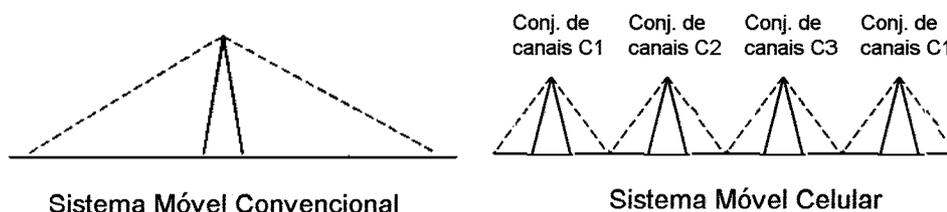


Figura 10 – Reuso de Frequências

2.6: Cluster

Cluster é o conjunto de células contíguas que possuem juntas total de canais do sistema. A forma como o total de canais é subdividido entre as células dá origem aos diversos clusters que compõem o sistema (Figura 12) [4].

Um cluster pode ser composto por determinado número de células. Para determinar este número, utiliza-se a seguinte expressão:

$$K = i^2 + i \cdot j + j^2$$

onde i, j são números naturais.

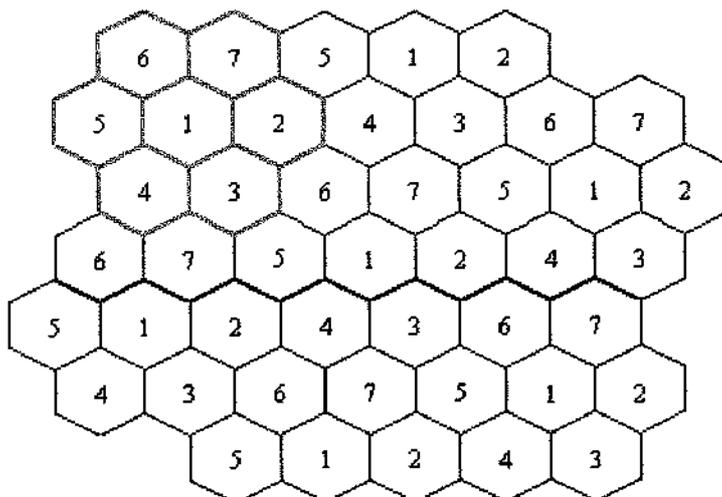


Figura 12 – Cluster ($K=7$)

Denomina-se padrão de reuso o número de células que compõem o cluster (K), sendo $K = 4$, $K = 7$ e $K = 12$ os mais utilizados.

Quanto maior for o padrão de reuso, menos canais terão cada uma das células, limitando assim o total de tráfego que a célula pode suportar.

Entretanto, quanto menor for o padrão de reuso, maior a capacidade de tráfego da célula, porém há maior probabilidade de interferência de outra célula com mesmo grupo de canais, por estas se localizarem mais proximamente.

2.7: Banda A e Banda B

A Federal Communication Commission (FCC) dos Estados Unidos especificou, de forma detalhada como a comunicação entre a estação Rádio-Base e a estação móvel deve se processar, qual faixa de frequência deve ser utilizada, etc.

Uma vez que a banda de frequência alocada foi a faixa de 880 MHz, o sistema foi denominado de CMS 8800. Entretanto há outros sistemas ERICSSON, tais como [2]:

- CMS 8800 (Austrália, Nova Zelândia, América do Norte (servindo cerca de 40 cidades dos EUA e Canadá, incluindo Los Angeles, São Francisco, Chicago, Toronto e Montreal)
- CMS 8810 (880 MHz, com modificações) : Irlanda, Reino Unido e China
- CMS 45 (450 MHz) : Islândia, Indonésia, Luxemburgo, Holanda, Malásia, Omam, Países Nórdicos, Espanha, Arábia Saudita, Tunísia
- CMS 89 (900 MHz) : Países Nórdicos, Suíça

Os sistemas A e B (Banda A e B) são praticamente idênticos, porém suas faixas de frequências são diferentes. A faixa de frequências da Banda A começa em 825 MHz e a da Banda B começa em 836 MHz.

Na direção da Estação Móvel para a **ERB** tem-se:

- De 825 à 834 MHz (da estação móvel em direção à **ERB** - Banda A)
- 835 MHz - Canais de Controle (da estação móvel em direção à **ERB**)
- De 836 à 845 MHz (da estação móvel em direção à **ERB** - Banda B)

Na direção oposta, da **ERB** para a estação móvel (Distância dúplex = 45 MHz)

- De 870 à 879 MHz (da **ERB** em direção à estação móvel - Banda A)
- De 879 à 881 MHz - Canais de controle (da **ERB** em direção à estação móvel)
- De 881 à 890 MHz (da **ERB** em direção à estação móvel - Banda B)

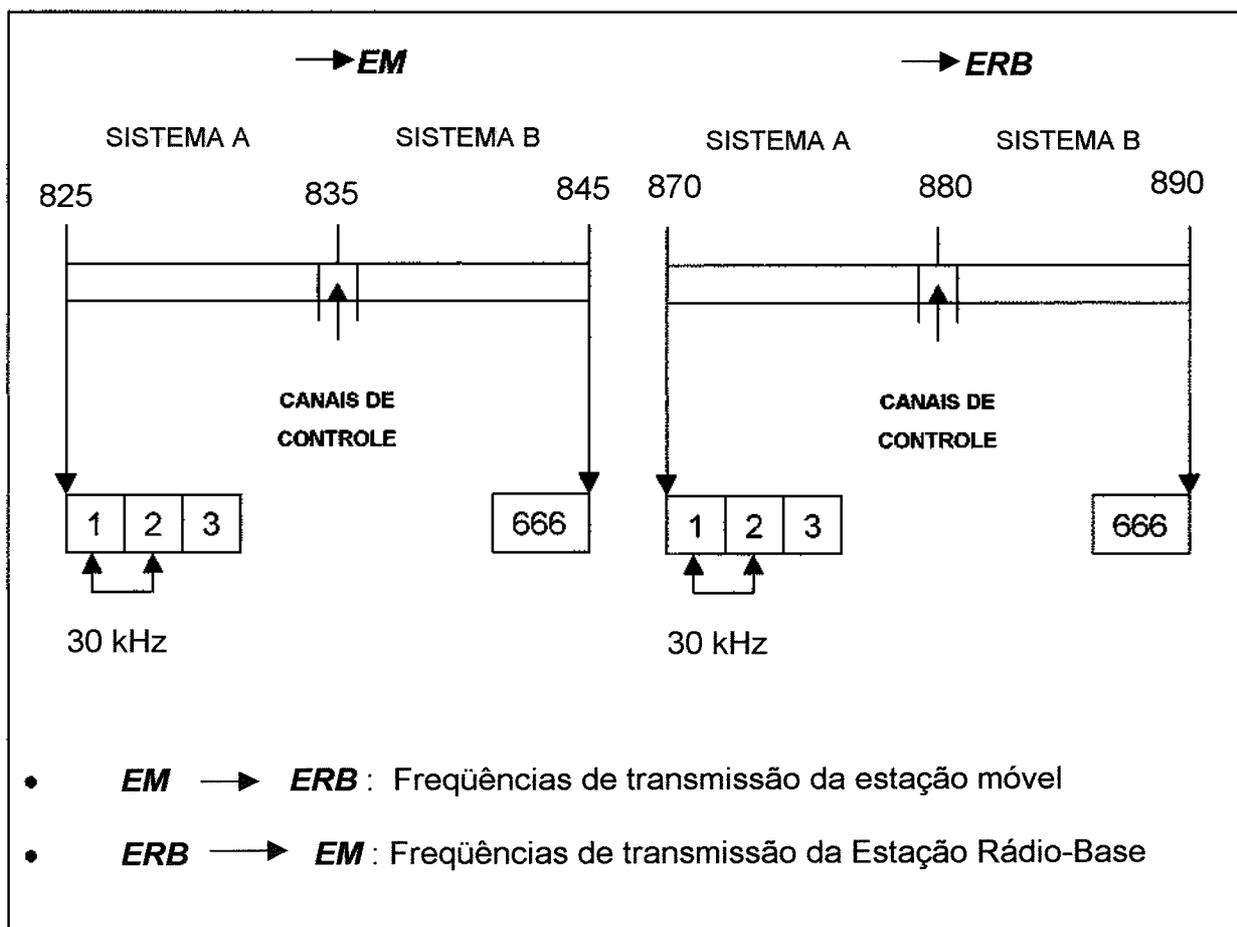


Figura 14 – Alocação de canais no sistema CMS 8800

2.8: Supervisão de chamada no caminho de rádio

Durante a chamada em progresso, o canal de voz da Estação Rádio-Base está continuamente supervisionando a qualidade de transmissão de rádio. Os seguintes testes são realizados:

- Relação sinal/ruído no tom **TAS**
- Intensidade do sinal de **RF**

2.8.1: Relação sinal/ruído no tom *TAS*

A unidade de canal de voz gera um tom contínuo *TAS*, que é acrescentado a conversação transmitida.

Quando uma Estação Rádio-Base é posta em serviço, a cada canal de voz é atribuído um dos três tom *TAS*. O tom *TAS* é transmitido continuamente, pela unidade de canal de voz, sendo recebido pela estação móvel, e devolvido à Estação Rádio-Base, onde este é avaliado quanto ao ruído agregado pelo meio de transmissão[3].

A unidade de controle do canal de voz determina se a qualidade é aceitável ou não, tomando como base a comparação dos valores medidos com os valores limites que estão armazenados na *CCC*. Existem dois níveis: o primeiro limiar e o segundo limiar.

Quando o sinal cair abaixo do primeiro limiar, é enviado um pedido de *hand-off*. Contudo, poderá existir situações em que este pedido não será atendido. Neste caso, a qualidade continuará a se deteriorar, o que fará com que o nível do sinal caia abaixo do segundo limiar, desconectando a chamada.

2.8.2: A Intensidade do Sinal de Rádio Frequência (*RF*)

Cada unidade de canal de voz executa medidas contínuas da intensidade do sinal recebido na sua própria frequência. A unidade de controle avalia o resultado destas medidas de acordo com os seguintes valores limites, que estão armazenados na unidade de controle de cada canal de voz [3]:

- Valor da intensidade do sinal para um pedido de decréscimo de potência (1)
- Valor da intensidade do sinal para um pedido de acréscimo de potência (2)
- Valor da intensidade do sinal para o pedido de *hand-off* (3)
- Valor da intensidade do sinal para bloqueio (4)

Para não causar distúrbios em outras células, não é desejável que as estações móveis apresentem uma potência de saída desnecessariamente alta.

Se a intensidade do sinal recebido exceder o nível (1), a estação móvel recebe uma ordem de diminuir a potência do seu canal de voz. Se a intensidade do sinal cai abaixo do nível (2), é enviada à estação móvel uma ordem para aumentar a potência. Quando a estação móvel está irradiando a sua potência máxima possível e o seu sinal apresentar um nível abaixo de (3), um pedido de **hand-off** é enviado à **CCC**.

Quanto ao nível (4), só é levado em consideração quando o canal não está sendo usado para conversação, ou em outras palavras, quando este estiver livre. Caso o sinal recebido ultrapasse o nível (4), este será entendido como uma perturbação na frequência do canal de voz que pode ser causada por uma fonte externa ou por uma estação móvel que utiliza este canal em outra célula. Nesta situação, o canal de voz será bloqueado e não será usado neste instante de tempo.

2.9: Localização

Para que se possa compreender melhor esta função é necessário descrever uma unidade denominada receptor de intensidade de sinal. Este receptor é utilizado exclusivamente na localização de estações móveis que estão em conversação em células vizinhas, de onde originou-se o nome de Unidade de Localização [4].

Cada célula está sempre equipada com um receptor de intensidade de sinal o qual consiste de um receptor e uma unidade de controle, ou seja, é uma unidade que apresenta o mesmo projeto de uma unidade de canal, porém sem incluir o transmissor.

O receptor de intensidade de sinal de cada célula executa uma varredura cíclica de todo o espectro de frequência para o sistema, ou seja, são tomadas amostras de todos os canais, mas somente as frequências alocadas às células vizinhas são de interesse para o **hand-off**. A informação sobre quais canais devem ser relevantes ao processo é recebida da **CCC**. Os resultados das medições são atualizados na unidade de controle como a média do valor medido e dos valores já anteriormente obtidos. Com isso, cada célula “sabe” qual será a qualidade de transmissão que uma estação móvel que atualmente utiliza um canal de voz de uma

célula vizinha apresentaria, caso a célula em questão viesse a controlar essa transmissão.

Se um pedido de **hand-off** for enviado de uma célula, a **CCC** pedirá que as células vizinhas enviem o resultado das medições de intensidade de sinal da estação móvel em questão.

Por estarem sempre disponíveis em cada célula, estes valores são prontamente entregues à **CCC**, que os utiliza no processo de escolha da melhor célula. Uma vez que fala-se no processo de escolha de uma nova célula, é importante ressaltar que o valor obtido na nova célula tem de ser significativamente melhor que o resultado medido na célula que pediu o **hand-off**.

Uma vez atendida esta condição, a **CCC** pode então determinar em qual célula a chamada continuará e quando esta etapa estiver concluída, ela pode iniciar o processo de busca de um canal de voz livre dentro desta célula. Caso a **CCC** não venha encontrar um canal de voz livre, ele será forçado a tomar a próxima “melhor célula”, desde que esta atenda aos requisitos já comentados.

2.10: Hand-off

Após a **CCC** ter encontrado um canal de voz livre, esta envia uma ordem à **ERB** da nova célula, de modo que esta possa inicializar o transmissor do canal em questão. Após a inicialização do canal de transmissão, no canal de voz da célula que pediu o **hand-off** é enviada uma mensagem a estação móvel dizendo que esta deve sintonizar um novo canal de voz juntamente com a informação de qual tom **TAS** será empregado no canal. [4]

Quando a mudança do canal de voz ocorrer, o tom de sinalização será enviado pela estação móvel, permitindo assim que a **CCC** detecte o tom, indicando que a estação móvel sintonizou o novo canal de voz escolhido.

Após este fato, a frequência do tom **TAS** devolvida pela estação móvel é testada para se confirmar se este corresponde ao valor esperado, o que significa que o **hand-off** foi bem sucedido. O canal de voz da célula antiga é marcado como livre pela **CCC** e seu transmissor é desligado.

O **hand-off** tem preferência sobre o estabelecimento de novas chamadas, ou seja, se há conflito por um canal de voz entre um assinante necessitando de **hand-off** e outro tentando estabelecimento de chamada, o que estiver necessitando de **hand-off** terá preferência.

2.11: Roaming

É um procedimento de troca de canais de voz parecido com o **hand-off**, sendo, entretanto, realizado por células que pertencem a áreas de cobertura de **CCC's** diferentes. Do ponto de vista da **CCC**, o roaming é bem mais difícil de ser realizado do que o **hand-off**. [4]

A **CCC** ao receber o pedido de **hand-off**, procura em todas células de sua área de cobertura para verificar se alguma delas apresenta um resultado de medição melhor do que a medição do canal de voz atual.

Caso não haja, ela procura por uma nova **CCC** que seja capaz de receber a conexão e envia as informações necessárias para que a nova **CCC** faça uma busca em suas células para saber se alguma delas apresenta um resultado de medição melhor do que a da **CCC** atual. Se a nova **CCC** apresentar uma célula que apresente um resultado de medição melhor ela informa a **CCC** atual. Após isso, as informações do assinante são transferidas da atual **CCC** para a nova **CCC** para que a operadora possa servir o assinante com os mesmos serviços que ele dispunha na sua região original.

2.12: Analógico X Digital

O sistema analógico (**AMPS**) utiliza um canal de voz para cada conversação que esteja ocorrendo simultaneamente, enquanto o sistema digital permite que mais usuários dividam o mesmo canal, através da multiplexação das chamadas.[2]

No sistema digital existem dois padrões, o TDMA e o CDMA.

O **TDMA**, Time Division Multiple Access, ou Múltiplos Acessos por Divisão de Tempo, foi desenvolvido pela ERICSSON no final dos anos 70 para ser implantado no continente europeu. Esse sistema utiliza uma tecnologia de células hierárquicas

que digitaliza e comprime vozes. Na prática, significa que esse padrão multiplica o número de usuários por canal por três. Outra vantagem do **TDMA** é que as centrais podem migrar de analógicas para digitais por software.

Já o **CDMA**, Code Division Multiple Access (Múltiplos Acessos por Divisão de Códigos), foi desenvolvido pela QUALCOMM para uso militar com objetivo de evitar que mensagens secretas fossem parar em canais indevidos ou mesmo que algum estranho pudesse interceptá-las. Esse sistema é capaz de aumentar ainda mais a quantidade de usuários compartilhando um mesmo canal de rádio, subindo para dez. Além disso, o **CDMA** possui custo de implantação mais reduzido, pois necessita de menos Estações Rádio-Base que o **TDMA** para cobrir a mesma área.

2.13: Engenharia de Tráfego

2.13.1: Conceitos de Tráfego para Telefonia Celular

- Demanda de tráfego: É a necessidade que um usuário em se comunicar com outro [3]
- Intensidade de ocupação: É o número de ocupações que ocorre em um grupo de recursos de comunicação em dado período de observação
- Volume de tráfego : Corresponde à soma dos tempos em que cada chamada telefônica ocupa um canal de rádio
- Tempo médio de ocupação : É a média aritmética dos tempos de ocupação de um canal de rádio
- Intensidade de tráfego (A): É o volume de tráfego num determinado período de tempo
- Cent Call Seconds (CCS) : É o tráfego representado por uma chamada padrão que ocupa um canal durante 100 segundos. (Ex: 10 min = 6 CCS)
- Erlang: É a unidade sem dimensão. Representa o volume V observado em um período de uma hora. A unidade Erlang é 36 vezes maior que 1 CCS.

- Hora de maior movimento **HMM** : É o período contínuo de 60 minutos em que o tráfego é máximo.
- Congestionamento : Os usuários que desejam estabelecer uma comunicação, mas são impedidos por estarem os recursos ocupados, experimentarão o congestionamento.
- Grau de serviço (**GOS** – Grade of service) : É a medida da proporção dos usuários que não conseguem acessar o serviço. Quanto menor o valor, melhor a qualidade do serviço.
- Tráfego Oferecido (A_0) : É a parte da demanda de tráfego que se apresenta às entradas do sistema celular.
- Tráfego Escoado (A_e) : É a parte do tráfego oferecido que é aceito e processado
- Tráfego Rejeitado (A_r) : É a parte do tráfego oferecido que não pode ser processado devido a congestionamento.
- Tráfego de projeto : É o total de tráfego que pode ser escoado com um determinado número de canais. A quantidade de canais e o grau de serviço desejados é que determinam o valor exato do tráfego de projeto.
- Interferência co-canal : É a interferência que uma célula produz em outra um pouco distante quando ambas utilizam a mesma frequência de rádio

2.13.2: Planejamento Celular

O planejamento celular é a fase mais crítica do processo de construir uma rede celular, pois um grande volume de dinheiro pode ser gasto, e ainda assim, a rede pode oferecer uma qualidade de serviço pobre se um bom plano não for feito.

Como regras para se efetuar um bom planejamento, tem-se [3]:

- Criar um plano com um número mínimo de Estações Rádio-Base (ERBs) para cobrir toda a área definida.
- Determinar o número de canais de voz necessário para suportar o tráfego demandado na Hora de Maior Movimento na área coberta

- Estudar os problemas de interferência, com interferência de canal adjacente e co-canal, procurando uma maneira de reduzi-la.
- Estudar a probabilidade de congestionamento em cada célula e tentar minimizá-la.
- Planejar o sistema de forma a permitir a absorção de novos usuários. A taxa com que novos usuários entram no sistema pode variar de acordo com o preço da tarifa, desempenho do sistema, estações do ano e serviços agregados ao sistema celular.

2.13.3: Nomenclatura de Células

Normalmente, para se designar um nome para uma célula, escolhe-se uma sigla contendo de três a cinco letras, que se pareça com o nome da área geográfica de cobertura da célula. Por exemplo, uma célula que cobre o Shopping Beiramar, em Florianópolis, poderia ter a sigla "SHBM".

Além disso, deve-se indicar se ela pertence a uma **ERB** omnidirecional ou a uma **ERB** setorizada. Caso ela pertença a uma **ERB** omni, acrescenta-se o dígito "0" ao nome, formando "SHBM0".

Caso seja setorizada, acrescenta-se o dígito correspondente ao setor: "1", "2" e/ou "3", formando : "SHBM1", "SHBM2" e/ou "SHBM3"

2.13.4: Rotas de uma célula

Uma célula apresenta duas rotas: uma rota de entrada e uma rota de saída.

A rota de entrada representa o caminho que uma chamada externa faz em direção à estação móvel que está dentro da área de cobertura da célula.

A rota de saída representa o caminho que a chamada faz no sentido da estação móvel para um usuário externo à célula.

2.13.4.1: Tipos de rotas

Dependendo do tipo da tecnologia dos rádios utilizados na célula (analógico e/ou digital), denomina-se diferentes rotas para cada tipo.

Caso a célula seja só analógica e digital, isto é, existam rádios analógicos e digitais cobrindo a mesma área de cobertura, assim denominam-se as rotas:

- Nome da célula + “LI” para a rota analógica de entrada
- Nome da célula + “LO” para a rota analógica de saída
- Nome da célula + “MI” para a rota digital de entrada
- Nome da célula + “MO” para a rota digital de saída

Para o exemplo da célula do Shopping Beiramar, formam-se os seguintes nomes para as rotas da parte analógica da célula:

- Rota de entrada : SHBM0LI
- Rota de saída : SHBM0LO

E, para a parte digital:

- Rota de entrada : SHBM0MI
- Rota de saída : SHBM0MO

Então, a CCC sempre irá informar os dados referentes a tráfego através das rotas associadas a parte analógica (LI/LO) e a parte digital (MI/MO).

Nos casos em que se apresentam as duas tecnologias, bem como quando só existam rádios analógicos ou só digitais em uma célula, denomina-se:

- Nome da célula + “CI” para a rota de entrada
- Nome da célula + “CO” para a rota de saída

As rotas CI/CO são utilizadas para representar o total das ocorrências em cada célula. Caso ela possua as duas tecnologias, ela somará os valores analógicos com os digitais. Caso ele só possua uma tecnologia, ele representará o próprio valor analógico ou digital.

2.14: Conclusões

O conhecimento dos conceitos de telefonia celular é útil para o entendimento do trabalho que é realizado nas operadoras de telefonia celular.

Foram apresentadas, de maneira sucinta, os principais conceitos relacionados ao tráfego em telefonia celular, bem como alguns procedimentos inerentes a esse tipo de comunicação móvel.

Capítulo 3: Descrição do Problema

3.1: Introdução

O avanço tecnológico proporcionou uma grande redução dos custos do serviço móvel celular. Por isso, a demanda desse tipo de serviço vem aumentando consideravelmente.

Considerando que o sistema celular é dimensionado para determinado número de assinantes, as operadoras necessitam de informações sobre as reais condições das suas instalações para melhor gerenciar o desempenho da rede, a fim de garantir a qualidade dos serviços de telefonia oferecidos aos clientes.

O conhecimento dos fatores envolvidos na comunicação celular se constitui em informação fundamental no planejamento da rede, proporcionando não só otimizar a utilização dos recursos de comunicação e dos seus elementos, como, ainda, garantir a qualidade requerida no projeto. Ora, uma rede que atende a um mesmo número de usuários, com o mesmo grau de serviço e um número menor de recursos de comunicação, é uma rede que exige menos investimentos, tem um custo menor de operação e, conseqüentemente, pode oferecer serviços mais baratos que uma rede fora do ponto ótimo [5].

Para verificação da atual situação do sistema móvel celular, deve-se obter o maior número possível de informações da rede, comparando a situação real da planta com a situação idealmente projetada.

Havendo a necessidade de ampliação ou redução da capacidade de uma célula, os responsáveis pelo planejamento devem, então, recalcular a capacidade da célula, projetando os resultados, baseando-se, para tanto, em dados obtidos no decorrer do tempo.

Caso não haja necessidade de ampliação ou redução, ou seja, a capacidade instalada é suficiente para atender a demanda, mas por algum motivo não o está fazendo, a equipe de otimização entra em ação para resolver a situação.

É prática normal a realização de ajustes na rede para que situação real se aproxime ao máximo da projetada.

A equipe de planejamento busca por informações que demonstrem, de maneira mais macro, a situação da planta. Essas informações, tais como tráfego cursado nas células, congestionamento, número de canais bloqueados, quedas de chamadas devido ao congestionamento, etc., são adquiridas e analisadas. Quando se constata algum problema, como, por exemplo, elevado número de canais que estão se bloqueando por interferência ou o número de hand-offs sem sucesso por falha no canal de voz, a equipe de otimização estuda os dados obtidos para tentar detectar os problemas, e, em conjunto com a equipe de operação, realizam as alterações necessárias para o correto funcionamento do sistema.

Já a equipe de operação busca, a partir de dados recebidos da equipe de planejamento, por outras informações, estas de caráter extremamente técnico, tais como, tentativas dirigidas devido ao congestionamento nos canais de voz, interferência co-canal no canal de controle, etc., que possam influir na resolução de problemas referentes a uma determinada célula em estudo.

Algumas dessas informações podem ser adquiridas programando-se a Central de Comutação e Controle (CCC). As informações podem ser disponibilizadas em terminal de vídeo, impressoras ou gravadas em arquivos.

A seguir, será descrito cada tipo de informação recebida das Centrais AXE 10 da Ericsson, bem como analisados os seus resultados.

3.2: Medição de Tráfego

A medição de tráfego é a mais utilizada nas centrais em operação. Ela fornece informações do grau de serviço das rotas de tráfego telefônico, sendo útil para o dimensionamento de futura ampliação do sistema e para detecção de falhas [2].

As informações recebidas na medição (Figura 15) são divididas em duas partes: a primeira contém o cabeçalho onde são relacionados as informações

pertinentes àquela medição em si (data, hora, duração, etc.) e, a segunda, que contém as informações pertinentes às células durante aquele período de medição.

O cabeçalho apresenta a seguinte string: "*TRAFFIC MEASUREMENT ON ROUTES RESULTS, LSR*". Isto indica que é uma medição de tráfego.

Logo abaixo são apresentados os seguintes campos:

- TRG (46) : indica o número do TRG que compõe esta medição, ou seja, qual o número do grupo de rotas de tráfego a ser medido
- MP (49) : indica qual o programa de medição que originou esta medição
- NRP (96) : informa o número consecutivo de medições que serão efetuadas
- RPL (15) : Duração da medição em minutos
- RPN (58) : número da medição consecutiva. Quando for a última será igual a NRP
- GRN (3354) : Número global de medições efetuadas
- DATE (990125) : Data do início desta medição
- TIME (1415) : Hora do início desta medição
- SI (60) : Intervalo de amostragem em segundos
- NM (NO) : Indica se existe alguma função de gerenciamento de rede ativada
- FCODE : Código de falha na medição. Está em branco pois a medição foi concluída com êxito.

Os campos que são efetivamente utilizados pelo sistema, por enquanto, são data e hora, os quais são vitais para o sistema, e também MP e TRG, os quais só servem para controle interno das medições que são recebidas.

As informações que vêm na seqüência são referentes às rotas de cada célula durante o período de medição, tendo os seguintes campos:

TRAFFIC MEASUREMENT ON ROUTES RESULTS, LSR

TRG MP NRP RPL RPN GRN DATE TIME SI NM FCODE
 46 49 96 15 58 3354 990125 1415 60 NO

R TRAFF NBIDS CCONG NDV ANBLO MHTIME

ECAI1LI	4.7	185		16	0.0	45.7
ECAI1LO	8.2	214	0.0	16	0.0	68.6
ECAI1MI	2.4	119		8	0.0	36.0
ECAI1MO	3.3	118	0.0	8	0.0	50.3
ECAI2LI	2.3	23	0.0	21	0.0	88.1
ECAI2LO	1.3	15	0.0	21	0.0	105.3
ECAI2MI	2.1	19		16	0.0	100.9
ECAI2LO	1.8	15	0.0	16	0.0	105.0
ECAI2MI	0.1	4		5	0.0	29.3
ECAI2MO	0.0	0	0.0	5	0.0	0.0
ECAI3LI	1.1	20	0.0	21	0.0	47.7
ECAI3CO	1.4	15	0.0	21	0.0	82.8
ECAI3LI	1.0	20		16	0.0	45.0
ECAI3LO	1.4	15	0.0	16	0.0	82.8
ECAI3MI	0.1	0		5	0.0	0.0
ECAI3MO	0.0	0	0.0	5	0.0	0.0
PFGA0LI	2.2	124	18.2	16	9.3	49.2
PFGA0CO	2.1	105	26.7	10	0.3	49.8
PFGA0LI	1.9	61		5	0.0	54.6
PFGA0LO	1.7	64	0.0	5	0.0	47.5
PFGA0MI	0.6	36		8	3.0	28.0
PFGA0MO	0.4	14	0.0	8	3.0	48.9

END

Figura 15- Medição de Tráfego em Rotas

- R : Nome da Rota
- TRAFF : Intensidade de Tráfego em Erlangs
- NBIDS : Número de tentativas de chamadas
- CCONG : Percentual de congestionamento devido a falta de canais de voz livres
- NDEV : Número de canais de voz na rota
- ANBLO : Média do número de canais bloqueados na rota
- MHTIME : Tempo médio de retenção dos canais em segundos

A Figura 15 apresenta o resultado da medição realizada em duas estações rádio-base. A primeira é a **ERB** de nome ECAI, que contém 3 setores (células): ECAI1, ECAI2 e ECAI3. A segunda **ERB** é a PFCA que apresenta apenas uma célula, PFCA0. Em cada uma dessas células percebe-se que já houve processo de digitalização, pois todas apresentam medições nas rotas LI/LO (componente analógica), MI/MO (componente digital) e CI/CO (total – componente dual).

No caso abordado pelo sistema, que é o da medição de tráfego entre a estação móvel e a estação rádio-base, quando não há canais de voz disponíveis para efetuar a chamada, esta é imediatamente perdida, não havendo filas de espera, como mostrado no diagrama a seguir (Figura 16). Isto também é evidenciado no fim do cabeçalho do resultado da medição, onde aparece a constante "LSR".

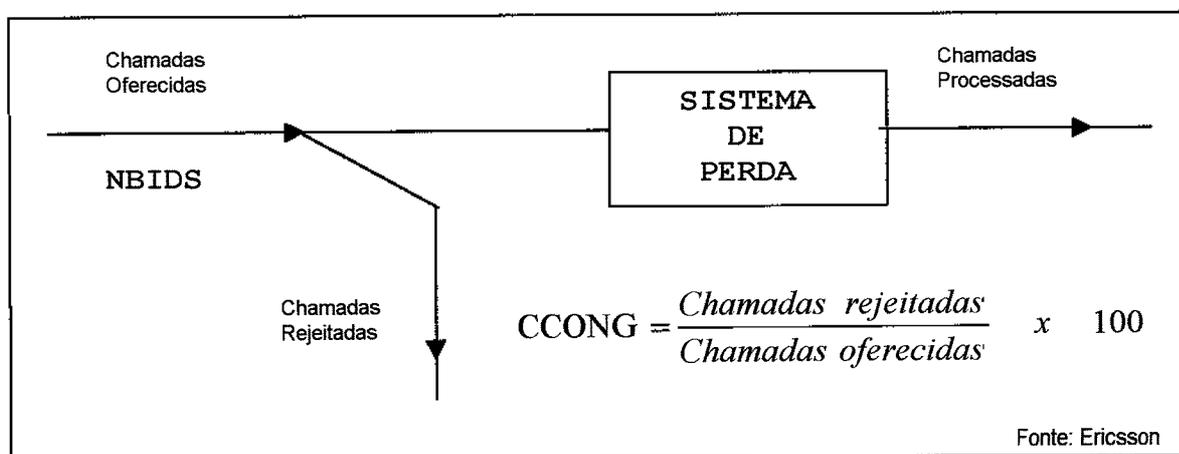


Figura 16 - Diagrama de chamadas num sistema de perda (LSR)

A seguir, são apresentadas algumas fórmulas utilizadas para o cálculo de algumas das informações que são apresentadas no resultado de uma medição de tráfego.

O tempo médio de retenção MHTIME é calculado a partir do tráfego medido (TRAFF).

$$MHTIME = \frac{TRAFF \times RPL \times 60}{NBIDS - NCONG} \quad \text{onde:}$$

$$NCONG = NBIDS - \left(\frac{NBIDS \times CCONG}{100} \right)$$

$$CCONG = \frac{\text{Chamadas rejeitadas}}{\text{Chamadas oferecidas}} \times 100$$

Fonte: Ericsson

Pode-se perceber que utilizando os valores contidos na medição como CCONG, é possível determinar o valor de algumas informações que não são diretamente evidenciadas no resultado da medição de tráfego (Figura 15), como, por exemplo, o número de chamadas rejeitadas pelo sistema devido à indisponibilidade de canais de voz e por não haver filas neste sistema de perda (LSR).

Dependendo da análise que se deseja realizar, programa-se várias dessas medições durante um determinado período, para que se possa evidenciar alguma tendência e para que se excluam os valores que não são representativos do sistema, como dados resultantes de medições em condições anormais de operação.

Tendo-se os resultados das medições das células as quais se deseja observar os parâmetros, procede-se da seguinte maneira nas operadoras:

- Soma-se o tráfego da rota entrante (I) com o da rota sainte (O) de cada célula analógica (LI/LO), digital(MI/MO) e dual(CI/CO)

- Soma-se o número de chamadas da rota entrante com o da rota sainte de cada célula
- Tira-se a média aritmética do congestionamento da rota entrante e o da rota sainte de cada célula.
- A partir da informação do número de canais, calcula-se o tráfego projetado para cada célula com um determinado grau de serviço (geralmente 98%) através da Tabela ERLANG.
- Tira-se a média aritmética dos canais bloqueados da rota entrante com os da rota sainte de cada célula
- Tira-se a média aritmética do tempo médio de chamada da rota entrante e o da rota sainte de cada célula

Para o exemplo de medição de tráfego anterior (Figura 15), obtém-se o seguinte resultado para a primeira célula (ECA11):

Tabela 1 – Resultado da medição de tráfego da célula ECA11

	Analogica(LI/LO)	Digital(MI/MO)	Dual(CI/CO)
Tráfego Total Cursado TRAFF(Erlang)	12,9	5,7	18,3
Congestionamento Total CCONG(%)	-	-	23,95
Chamadas Oferecidas NBIDS	399	237	868
Canais de voz NDV	16	8	23
Média de canais bloqueados ANBLO	-	-	0,0
Tempo médio de cada chamada MHTIME(segundos)	57,15	43,15	49,95
Tráfego de Projeto(Erlang) (16 + 8 canais com GOS 2%)	9,83	3,63	13,46

Na análise dos valores obtidos no resultado das medições pode-se observar algumas deficiências no que tange a sua legitimidade. Os motivos que podem levar a uma inconsistência dos dados obtidos são:

1. Num sistema que não apresente células duais, isto é, não apresente duas tecnologias na mesma área de cobertura de uma célula, as variáveis do sistema podem ser observadas através das rotas CI/CO. Entretanto, quando se utiliza as duas tecnologias, como é o caso após a recente digitalização das células, as rotas CI/CO apresentam o que seria o total de cada uma das variáveis de ambas as tecnologias. Como o projeto da capacidade do sistema em cada tecnologia é diferente, necessita-se dos valores separados por tipo de tecnologia. Consegue-se separá-los introduzindo a medição em outros dois pontos, que são as rotas LI/LO para célula analógica e MI/MO para as rotas digitais. Contudo, as medições nesses dois tipos de rotas não são possíveis de serem realizadas para algumas das variáveis como o número médio de canais bloqueados e o congestionamento, impossibilitando, por conseguinte, a análise adequada.
2. Alguns cálculos deveriam valer-se de média ponderada em vez de média aritmética, como é o caso do tempo médio de chamadas
3. O congestionamento apresentado é irreal, pois não leva em consideração o procedimento de retentativas dirigidas
4. Apesar das características dos sistemas móveis serem distintas das redes de comunicações fixas, o planejamento do sistema e o projeto dos elementos da rede ainda utilizam as ferramentas da teoria de tráfego convencional. Estas ferramentas fazem uso da fórmula Erlang-B, onde o número de canais em cada célula pode ser determinado a partir do tráfego requerido para a área de serviço e do grau de serviço estipulado no projeto, assumindo que não há ocorrência de hand-off e roaming. No projeto dos elementos da rede, estes fatores são levados em consideração de forma a ajustar os resultados [3].

Apesar de não ser o procedimento correto a análise desta forma, ele é largamente utilizado.

Relevando-se os problemas descritos, o estudo dos parâmetros do sistema é realizado da seguinte maneira:

- Escolhe-se determinado grupo de células que se deseja monitorar, agrupando as medições de tráfego e congestionamento de cada uma
- Pode-se fazer as contas manualmente ou utilizar-se uma planilha eletrônica para facilitar os cálculos necessários à obtenção do total de cada variável apresentada nas medições, como soma do tráfego da rota I e da rota O e a média de congestionamento das mesmas, etc.

Esse tipo de análise leva a uma situação paradoxal. As medições são programadas para ser efetuadas por um determinado intervalo de tempo. Se este intervalo for pequeno, para se cobrir um determinado período do dia, implicará um grande volume de medições para serem estudadas. Se o intervalo for grande, esse volume será menor, entretanto os valores medidos poderão camuflar a realidade, pois, como geralmente se trata de médias, não é conveniente ter grande variação dos valores de uma variável dentro do mesmo período de medição.

O equilíbrio entre estes dois fatores sugere que as medições sejam feitas em intervalos de 30 a 60 minutos.

Devido à grande e crescente quantidade de células a monitorar, torna-se demasiadamente lenta e trabalhosa a verificação da condição atual do sistema em muitos intervalos por dia. Por isso, escolhe-se um intervalo que seja o mais representativo a nível de tráfego. Tal intervalo é denominado de **HMM** (Hora de Maior Movimento).

A realização deste procedimento é uma das alternativas para a análise superficial do sistema. E ainda assim tem-se muita dificuldade na determinação da **HMM** de cada célula.

Por não se conseguir monitorar essas variáveis durante 24 horas por dia, a qualidade do sistema tende a cair se este não for sempre superestimado e muito bem configurado.

Quando a qualidade cai, o usuário é o primeiro a perceber. Assim, tanto por problemas como “estar fora de área”, como por não conseguir completar a

chamada, o usuário recorre ao serviço de atendimento ao cliente. Essa entidade, denominada de C.A.S.C. (Centro de Atendimento ao Serviço Celular), é a primeira parte da organização que toma conhecimento sobre os problemas da rede.

Após o setor de atendimento filtrar os problemas que competem às equipes de planejamento/otimização/operação, ele lhes repassa as informações sobre o ocorrido e, então, as equipes vão em busca de informações nas medições para que se possa resolver o problema.

Isto deixa a operadora numa situação desconfortável de estar sempre reagindo aos acontecimentos, sem ter a oportunidade de prevê-los e evitá-los.

Num momento em que a concorrência entra com força total, esses erros não serão admitidos pelos consumidores. Portanto, a aquisição de ferramentas que auxiliem a detecção dos problemas mencionados é de vital importância.

3.3: Medição de *CTS Células(Cells)* e *Centrais(Exchange)*

As medições de ***CTS Cells*** e ***CTS Exchange*** são muito trabalhosas para serem analisadas. Por ser muito grande a quantidade de informações que vem nestas medições, só são utilizadas quando na resolução de problemas, sendo difícil a supervisão dos parâmetros do sistema com base nesses relatórios.

Além do grande volume, as informações de ***CTS*** são de caráter muito técnico, sendo poucos os que têm conhecimento de como se trata com este tipo de informação dentro das operadoras.

As informações que vêm na medição de ***CTS*** não são vistas diretamente como nas medições de tráfego. Elas são apresentadas através de contadores, sobre os quais se aplicam fórmulas para obtenção dos parâmetros do sistema. Por exemplo, pode-se calcular o seguinte:

1. Quedas de chamadas:
 - Número de ocupações do canal de voz;
 - Número de quedas totais;
 - Relevância da célula como ofensora nas quedas de chamadas para o sistema;
2. Performance de serveabilidade/acessibilidade:
 - Número de acessos (originados / terminados);

- Número de acessos com sucesso (originados / terminados);
- Relevância da célula como ofensora no acesso de chamada para o sistema;
- Número de acessos antes da designação de canal de voz;
- Número de acessos que obtiveram sucesso após a designação de canal de voz;
- Relevância da célula como ofensora na capacidade na capacidade de acesso (probabilidade de bloqueio) para o sistema;
- Perda de receita decorrente da capacidade de acesso;
- Monitoração do canal de controle.

3. Performance de retenabilidade:

- Número de tentativas de ocupação do canal de voz por hand-off entrante;
- Sucesso nas tentativas de ocupação de canal de voz por hand-off entrante;
- Número de tentativas de ocupação de canal de voz devido ao hand-off saínte;
- Sucesso nas tentativas de ocupação de canal de voz devido ao hand-off saínte.

Além destes, podem-se calcular vários outros parâmetros que fogem ao escopo deste trabalho.

A medição de **CTS** difere um pouco da de tráfego no que tange à sua estrutura.

No cabeçalho, tem-se as seguintes constantes "**MOBILE TELEPHONY CELL TRAFFIC STATISTICS CELL RESULT**" para a medição de **CTS Cells** e "**MOBILE TELEPHONY CELL TRAFFIC STATISTICS EXCHANGE RESULT**" para **CTS Exchange**.

Logo abaixo do cabeçalho, apresentam-se os seguintes campos: **MP, TRG, NRP, RPL, RPN, DATE, TIME** comuns às duas medições. Todos esses campos são idênticos aos da medição de tráfego. Na medição de **CTS Cells**, após o campo **TIME**, aparece o nome da célula em que a medição foi realizada. Na de **CTS Exchange** essa informação não é apresentada.

MOBILE TELEPHONY CELL TRAFFIC STATISTICS CELL RESULT

MP	MTRG	NRP	RPL	RPN	DATE	TIME	CELL
21	6	1	120	1	99-01-03	16:00	ECA11

CNTG 0 - ANALOG CONTROL CHANNEL REGISTRATION

REGATT	REGCONF	REGNASS
10	9	18

CNTG 2 - CALL ACCESS ON ANALOG CONTROL CHANNEL

ORGACC	PAGE1	PAGE2	PAGE3	CAACC	CARBSAT
1	5	7	0	2	0
CARMA	NORGABM	NPAG1BM	NPAG2BM	NPAG3BM	NORGACM
0	0	0	0	0	27
NPAG1CM	NPAG2CM	NPAG3CM	PAGE1B	PAGE2B	PAGE3B
3	1	0	0	0	0

CNTG 3 - VOICE CHANNEL SELECTION

VCSZE	VCDES	VCDESB2	VCDESA2	RVCDES	VCSZEAU
2	2	2	0	1	1
VCSAUNC	VCSSADE	DVCDES	DVCDESB	RDVCDES	DVCDESA
1	2	4294901760	0	0	0
SDVCSCI	SDVCSZE	SVCSDRP			
0	0	0			

CNTG 4 - DIRECTED RETRY

DRIUPRO	DRIUPRN	DRIVCCO	DRIACVC	DRIACUP	VCADRI
0	0	0	0	0	0
VCDDRI	DRIREAO	DRIREAN	DRIACRA		
0	0	0	0		

CNTG 5 - DISCONNECTION

CLRNG	CLRNGD
9	0

CNTG 6 - LOCATING

LOCR	LOCHOFA	OVERA	LOCICHA
5	13	0	0

CNTG 7 - DIGITAL LOCATING

OVERD	LOCICHD	LOCHOFD
0	0	0

CNTG 8 - ANALOG MS PRESENCE VERIFICATION

MPVINA	SMPVINA	MPVOUA	SMPVOUA
1	9	13	7

Figura 17 – Resultado parcial de uma medição de *CTS Cells*

As informações que efetivamente trazem os dados são divididas em grupos de contadores – “**Count Groups**”, onde cada grupo possui um determinado número de contadores.

Os **Count Groups** são iguais para o **CTS Cells** e **Exchange**. Entretanto, o número de contadores dentro de cada grupo que resulta na medição pode diferir, bem como os **count groups** que serão medidos.

A título de exemplo, pode-se calcular o percentual de registros não confirmados – “**Unconfirmed Registration**” para a célula ECA11 como mostrado no resultado da medição de **CTS Cells** (Figura 17). “**Unconfirmed Registration**” é baseado somente nos contadores do Grupo 0 (**CNTG 0**), e significa o percentual de celulares que tentaram se inserir em um canal de controle e que não resultaram em confirmação enviada pela central.

$$UNCONFIRMED \ REGISTRATION = \left(\frac{REGATT - REGCONF}{REGATT} \right) \times 100$$

$$UNCONFIRMED \ REGISTRATION = \left(\frac{10 - 9}{10} \right) \times 100 = 10\%$$

Portanto, 10% de todas as tentativas de registro não conseguiram ser efetuadas.

3.4: Medição de Interferência no Meio (RES – Radio Environment Statistics)

Uma das maiores vantagens do sistema celular é o fato da reutilização de freqüências. Entretanto, quando mal ajustado, canais de células diferentes que utilizam a mesma freqüência podem interferir um nos outros. Este tipo de interferência é denominada co-canal.

Outro tipo de interferência que pode ocorrer é a de canal adjacente, que é a interferência de canais com freqüências muito próximas (lembrando que o intervalo entre as freqüências utilizáveis pelo sistema celular é de 30 kHz).

A medição de **RES** dá a possibilidade de se observar o meio de rádio num sistema celular, dando informações que possibilitam a análise do comportamento do sistema para se realizar ajustes nos seus parâmetros.[Ericsson]

Esta medição é de fundamental importância na resolução dos problemas de interferência.

Pode-se programar a medição de **RES** tanto para os canais de controle quanto para os canais de voz. Além disso, deve-se escolher o período que irá durar a medição, e também o critério que será utilizado.

O critério de medição consiste no tipo de interferência que se deseja analisar e em que tipo de dispositivo (canal) se deseja medi-la. Estes critérios são chamados de **MCHA** (**Mea**u**re**m**en**t** **C**har**a**cter**i**st**i**cs).**

Os critérios podem ser relativos aos canais analógicos de voz (**MCHA** 1 ao 7), aos canais de controle (**MCHA** 11, 12 e 13) e aos canais de voz digitais (**MCHA** 19 ao 34). Como exemplo de cada tipo de **MCHA**, temos:

- **MCHA 2** : Força do sinal no canal de voz analógico durante uma chamada em progresso
- **MCHA 11** : Força do sinal no canal de controle durante acesso da estação móvel
- **MCHA 21** : Força do sinal recebido no canal de voz digital pela **ERB** quando não há chamada em progresso

Através dos dados do **RES** pode-se calibrar o sistema de forma a obter uma boa relação entre qualidade e desempenho do sistema. Isto porque qualidade e desempenho são parâmetros que se contrapõem, pois quanto maior a qualidade exigida, maior a probabilidade dos canais se bloquearem por interferência, e conseqüentemente maior será o congestionamento, o que diminui o desempenho.

Então, a medição de **RES** deve ser bem interpretada para que se otimize o sistema.

Os dados apresentados no relatório de uma medição **RES** determinam o nível de interferência em cada nível de potência do canal escolhido, ou seja, o número de distúrbios que ocorrerá para aquela potência de sinal.

MOBILE TELEPHONY RADIO ENVIRONMENT STATISTICS MEASURING RESULT

MP DATE TIME ML HBAND ACA
 11 990301 1600 0200 BOTH NO

CELL DEV RCODE
 ECAI1 MVC-2784

MCHA
 1

CNTNO	CNTVAL									
0	539	30	20	25	12	21	28	21	25	17
10	12	15	13	14	19	4	4	3	9	17
20	1	1	3	2	0	0	0	0	1	0
30	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0						
70										
80										
90										

MCHA
 7

CNTNO	CNTVAL									
0	0	0	27	0	4	3	2	10	9	6
10	13	11	23	32	101	115	125	87	74	54
20	69	105	110	175	289	326	371	474	606	681
30	759	679	491	219	13	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0						
70										
80										
90										

Figura 18 – Resultado de uma medição RES para célula ECAI1

No caso da medição da Figura 18, para o **MCHA1** do rádio MVC 2784 da célula ECAI1, o contador número 19 apresenta 17 ocorrências de distúrbios na potência 19 do sinal. O último nível de potência do sinal que apresenta interferência é o 31, apresentando 1 ocorrência.

Para o caso do **MCHA 1**, a análise a ser feita, geralmente, é descobrir em que nível de potência é que engloba 98% das ocorrências dos distúrbios. Neste caso seria no nível de potência 20. Isso representa tolerância a bloqueio de 2%, que a operadora chama normalmente de grau-de-serviço (**GOS**) de 2%.

Vale ressaltar que são várias as análises a serem feitas e que cada **MCHA** tem suas particularidades, além do elevado número de rádios de cada célula e do também elevado número de células, o que torna extremamente trabalhosa a análise manual deste tipo de medição.

3.5: Medição de Queda de Chamada (*RRCR – Radio Related Call Release*)

A medição de quedas de chamada, denominada de **Radio Related Call Release (RRCR)** fornece ao operador informações referentes a quedas de chamadas não esperadas, isto é, chamadas que são desconectadas durante o “setup” da chamada, em modo normal de conversação, ou durante um hand-off. Usando os códigos de falha e o restante das informações que acompanham, quedas anormais de chamadas podem ser identificadas e ações podem ser tomadas para preservar a efetividade total do processo de chamada no sistema celular. [1]

A medição **RRCR** fornece as seguintes informações em todos os tipos de quedas de chamada:

- Número da Estação Móvel
- Número de Série da Estação Móvel
- Classe da Estação Móvel
- Razão para a queda de chamada
- Hora da queda

- Indicador de protocolo

Dependendo do tipo de queda, às vezes outras informações são fornecidas, como:

- Número do canal de controle
- Número do canal de voz corrente
- Número do novo canal de voz
- Ponto corrente na central
- Novo ponto na central
- Capacidade da estação móvel em frequências extras
- Versão do protocolo móvel
- Serviço requerido pela estação móvel

Os tipos de quedas podem ser [1]:

0. Falha no início da chamada, a estação móvel não responde no canal de voz designado
1. Falha de Hand-off interno, a estação móvel não responde no canal de voz designado
2. Falha de Hand-off para outra central, a estação móvel não responde no canal de voz designado
3. Falha de Hand-off de outra central, a estação móvel não responde no canal de voz designado
4. Falha de Hand-off para uma terceira central, a estação móvel não responde no canal de voz designado
5. Queda forçada, dispositivo necessário como canal de backup
6. Falha técnica
7. Qualidade de transmissão insuficiente
8. Não usado no CMS 8800
9. Queda de chamada anormal

A medição de queda de chamada faz-se necessária, geralmente, quando há problemas. Através de reclamações de usuários, precisa-se verificar o motivo pelo qual os usuários estão tendo problemas.

Quedas de chamadas podem ocorrer desde falha por parte da operadora como problemas com a estação móvel. O ideal é que as quedas ocorridas por falhada operadora sejam minimizadas, melhorando, assim, a qualidade do sistema.

Esta medição apresenta como resultado todas as quedas de chamadas e o seu respectivo motivo (Figura 19).

Pode-se, então, observar o motivo das quedas de chamadas de um determinado assinante, ou procurar pelo dispositivo(canal) que mais está ocasionando falhas. Por ser demasiadamente trabalhoso realizar esse procedimento manualmente, utiliza-se apenas quando há reclamações de usuários.

No resultado de uma medição de queda de chamada não há cabeçalho expresso tão claramente quanto as outras medições.

Entretanto, as posições dos caracteres são definidas, possibilitando o reconhecimento de todas as informações.

04ECAF/220/00/0000102599012210031111111111000000

079901221004230219742188	E09907742110	044600
0000000000		
079901221004290219687625	9CCCF12A2010	030240
0000000000		
079901221004330629665525	DB10EAEC2010	049000
0000000000		
019901221004210219647068	E0EA83382110	016440016430
0000000000		
079901221004390219660310	9C9C0EE32010	043700
0000000000		
009901221004410219716366	CC9A1E01301201410042363	
0000000135		
009901221004420219765856	9D401FD0201000794031960	
0000000000		
079901221004430213590388	D500836E0110	025970
0000000000		
009901221004460219744229	D4147D46211000208049650	
0000000000		
019901221004510119872983	E0B46DFF2110	048160048210
0000000000		
079901221004540219752741	D41F0B4D2110	004310
0000000000		
019901221004570219673303	A822A3862110	044610044570
0000000000		
019901221005000219795799	E0EFB8E62110	026950026890
0000000000		
009901221005020219746502	ED7DCD35211000208008590	
0000000000		
019901221005020219769557	DB02EEB62010	027890027910
0000000000		
079901221005020213590632	E038DB5D0110	025930
0000000000		
009901221005030219760889	9D13B0B8201000698028120	
0000000000		
079901221005030219799298	E0FB3A7F2110	027670
0000000000		
079901221005030219767281	D48F3F7D2010	020480
0000000000		
079901221005040219789124	C3BEAF5A0010	001150
0000000000		
019901221005050129746876	E03F45C32110	002720023800
0000000000		
009901221005070219631401	D46B7AAB011000026001120	
0000000000		
009901221005100219799571	D5D9C709211001370054950	
0000000000		
079901221005110219693035	BD952B312010	033380
0000000000		

END OF BLOCK 1

Figura 19 – Resultado de uma medição de queda de chamada (RRCR)

Capítulo 4: Solução Proposta

4.1: Introdução

Tendo em vista a futura privatização e a liberação da Banda B como fatores que induziriam as operadoras de telefonia celular a buscar soluções que lhes ajudassem a garantir a qualidade dos seus serviços prestados, a Suntech, em janeiro de 1998, observou o momento como propício para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliassem os técnicos e engenheiros das operadoras de telefonia celular. Baseando-se na dificuldade apresentada pelos mesmos na confecção de gráficos e relatórios que ilustrassem o desempenho de sua rede, desenvolveu, então, o protótipo de um sistema de análise de tráfego para telefonia celular.

Com apenas dois meses de desenvolvimento, o software participou do Concurso Nacional de Software para Telecomunicações, realizado em março de 1998 na cidade de Londrina, estado do Paraná, e arrebatou o quinto lugar na classificação geral, sendo o primeiro na categoria de telefonia celular.

Já neste momento, a operadora local, SERCOMTEL, mostrou-se interessada na aquisição do software. Mas ainda faltava um certo aprimoramento para o software, além da necessidade de colocá-lo em uso, para que o sistema fosse adaptado para algum tipo de central celular. Observou-se naquele momento que a Ericsson dominava o mercado nacional, tendo centrais espalhadas em quase todos os estados brasileiros.

Optou-se, então, por desenvolver o software baseando-se em dados fornecidos pelas centrais Ericsson, adaptando-se, caso necessário, para outros fabricantes de centrais, como Motorola ou Lucent.

Mesmo assim, ainda era necessária a parceria com alguma das operadoras para o término de ajustes e teste de operacionalização do sistema. Foi aí, que a participação da “pequena” Suntech na “grande” TELEXPO 98(2ª maior feira de telecomunicações do mundo), atraiu a atenção de diversos profissionais da área

para o software, ocasionando uma parceria com a TELESC Celular e com a CTBC Telecom.

A parceria com as duas empresas foi o motivo do sucesso que é hoje o sistema **SATCEL**.

A Telesc carecia de uma ferramenta de tráfego para monitoração contínua da sua planta, haja vista que ela possuía um contrato com a Ericsson no qual esta era responsável pela otimização da planta.

Ao contrário, a CTBC já possuía um sistema de tráfego (Métrica / NPR), porém necessitava de ferramentas que propiciassem uma melhor avaliação dos parâmetros da sua rede.

É neste contexto que se desenvolveu as ferramentas que compõem o Sistema **SATCEL** (Supervisão e Análise em Telefonia Celular), sendo elas:

- **STC** – Supervisão de Tráfego Celular
- **CTS (Cell Traffic Statistics)** - Estatística de tráfego em células e centrais
- **RES (Radio Environment Statistics)** – Análise de interferência no meio
- **RRCR (Radio Related Call Release)** – Análise de Quedas de Chamadas

Todas as ferramentas foram desenvolvidas observando a necessidade de desenvolver produtos de qualidade em um período curto de tempo, para que não houvesse perdas de oportunidades, porém sempre levando em consideração a restrição de orçamento em virtude da dimensão da empresa no que tange a recursos disponíveis para execução de projetos.

4.2: Definição

Na definição do sistema, buscam-se por informações que reflitam a necessidade do cliente, para que se possa especificar um sistema que as atenda.

Quanto mais informações forem obtidas, melhor o sistema poderá ser especificado.

A especificação bem elaborada é a chave para o sucesso do projeto, haja vista que, quanto mais tarde alterações forem introduzidas, mais alto torna-se o seu custo [6].

Com exceção do módulo **STC**, todos foram definidos com informações obtidas junto às operadoras.

Foram realizadas reuniões entre representantes da empresa e das operadoras no intuito de verificar as necessidades e os anseios dos profissionais que iriam utilizar o sistema, bem como foi discutido o fornecimento de resultados de medições para que se pudesse verificar se todas as informações necessárias para o desenvolvimento estavam disponíveis.

Após a definição, estimou-se o custo do projeto e o seu provável cronograma, considerando a contratação de profissionais e o aumento da capacidade de “produção” instalada na empresa.

4.3: Especificação

Com os dados informais disponíveis, especificou-se o sistema detalhadamente, destacando-se, inclusive, a funcionalidade de cada uma das telas do sistema, indicando-se a seqüência de disparo de cada uma delas a partir de uma tela inicial.

Com relação à análise de requisitos, observou-se:

- Como o sistema não atua na planta, sua robustez não era um fator crítico, pois sistemas à prova de falha demandam controle muito mais sofisticado do que o implementado neste sistema;
- Com relação ao desempenho, faz-se todo o possível para a sua otimização, não havendo critérios específicos que tenham que ser atingidos;
- Todos os módulos devem ser desenvolvidos utilizando um interface gráfica adequada, visando a facilidade e rapidez na interpretação e análise dos dados;
- sistema deve ser acessado por vários departamentos das operadoras, inclusive o Call Center;

4.4: Desenvolvimento

4.4.1: Justificativa das Ferramentas Utilizadas

4.4.1.1: Sistema Operacional

Contrariando todos os outros sistemas de informação utilizados nas operadoras, optou-se pelo sistema operacional Windows NT, pelos seguintes motivos:

- A empresa não dispunha de pessoal técnico habilitado para desenvolvimento em UNIX;
- Windows NT se tornou um ambiente com um elevado grau de robustez, apesar de ainda ser menos robusto que o UNIX;
- Possibilita o desenvolvimento rápido de programas (RAD – Rapid Application Development) através de suas ferramentas de programação visual, de seus aplicativos de monitoração, etc.;
- É de fácil instalação e manuseio em relação ao UNIX.

Por ser uma aplicação de supervisão que não necessita atuar diretamente no sistema, seus critérios de robustez foram relaxados, não julgou-se necessário implementar em outra plataforma mais confiável, como o UNIX.

As vantagens do Windows são basicamente, facilidade de programação e qualidade visual elevada. A escolha pelo Windows NT deveu-se, a princípio, pela necessidade da plataforma para execução de um banco de dados servidor, além de ser uma plataforma bem mais segura que o Windows 95/98.

4.4.1.2: Linguagem de programação

Para desenvolvimento do sistema, buscou-se por soluções genéricas onde se poderiam desenvolver quaisquer tipos de aplicativos, e que tivessem a possibilidade de expansão para formação de um sistema bem mais complexo do que o atual.

Para isso, buscou-se por linguagens de programação, deixando-se de lado software específicos para supervisão, como os softwares supervisórios In-touch e Fix DeMax.

Dentre os ambientes de programação disponíveis, dois se destacaram como opções para o desenvolvimento do sistema: C++ Builder e Delphi, ambos da Borland (uma divisão da Inprise Corporation).

Pelo fato da equipe estar mais acostumada ao Pascal, optou-se pela ferramenta de desenvolvimento Delphi, pois esta utiliza o Object Pascal como sua linguagem de base.

A ferramenta de programação visual, conhecida como RAD, é a principal razão de se escolher o ambiente Windows.

O Delphi, além de ser uma ferramenta RAD, apresenta um compilador otimizado que lhe proporciona um aplicativo rápido, sem que o programador tenha que trabalhar arduamente para otimizar o programa, como em outras linguagens de programação [25].

Portanto, o Sistema **SATCEL** está sendo desenvolvido totalmente em DELPHI, nas suas versões 3 e 4.

4.4.1.3: Banco de dados

Como critério de escolha do banco de dados, analisa-se vários fatores como:

- Robustez
- Desempenho
- Custo por cliente
- Ferramentas disponíveis

O Sistema **SATCEL** começou a ser desenvolvido com um banco de dados PARADOX, enquanto procurava-se pelo banco que apresentasse a melhor relação custo benefício.

Foram analisados os bancos Interbase Server da Borland, MS SQL Server da Microsoft e Oracle da própria Oracle.

O Oracle foi descartado, a princípio, pelo seu alto custo. No início do projeto, o Interbase se mostrou mais competitivo, além de que o MS SQL ainda estava em sua versão 6.5, uma versão ainda não muito bem validada pelo mercado.

Portanto, no desenvolvimento do módulo de tráfego, optou-se por utilizar o Interbase Server 5. A princípio, o Interbase se mostrou satisfatório com relação ao desempenho e robustez, carecendo apenas de ferramentas de auxílio.

Seis meses após, no início do desenvolvimento dos outros módulos do sistema, a Microsoft lança a versão 7 do banco de dados SQL Server. Com custo reduzido, com desempenho similar ao do Oracle e com diversas ferramentas (inclusive CASE), optou-se por desenvolver as outras ferramentas do sistema, que seria implantado na CTBC, valendo-se deste banco.

4.4.1.4: Linguagem SQL

SQL (Structured Query Language) estabeleceu-se como a linguagem padrão de banco de dados relacional [21].

Ela foi desenvolvida pela IBM, sendo a evolução de uma linguagem da década de 70, chamada SEQUEL (Structured English Query Language), da própria IBM.

Em 1986, o American National Standard Institute (ANSI) publicou um padrão SQL. Em 1992 o mesmo instituto lançou uma versão padrão mais atualizada.

Optou-se pelo desenvolvimento em SQL ANSI 92 pois, era sabido, que a qualquer momento poderia ser necessária a alteração de um banco de dados para outro. Desta forma, não haveria necessidade de retrabalho.

4.4.2: Estrutura

SATCEL é um sistema baseado em módulos, onde cada módulo é composto por vários sub-módulos independentes ou parcialmente dependentes, que resultam em várias facilidades, como:

- a melhor distribuição dos trabalhos em equipes

- melhor entendimento do sistema por parte do leitor humano, sendo um critério importante para a manutenção [6]
- Confinamento de erros em tempo de execução, evitando que se propaguem para outros módulos [6];
- Utilização de herança.

4.5: Validação e Testes

4.5.1: Dificuldades encontradas

A princípio, foram encontrados dois grandes problemas durante a realização do sistema: acúmulo de memória e parada repentina do sistema de coleta.

O problema de acúmulo de memória apareceu repentinamente no sistema instalado na Telesc, que só possuía o aplicativo de tráfego (**STC**) que por sua vez utilizava o banco de dados Interbase. Depois de muito estudo, constatou-se que o Interbase Server após alocar uma certa quantidade de memória, ele não a devolve para o sistema operacional, fazendo com que o Windows tivesse que ser reinicializado com uma certa regularidade. Além disso, algumas vezes toda a memória era alocada de uma só vez, tornando o sistema demasiadamente lento, necessitando de nova reinicialização.

Com relação à parada repentina de coleta de dados, observou-se que quando isto acontecia, sempre havia erros na transmissão de dados que a central fornecia. Porém, o contrário não acontecia, ou seja, não ocorria a parada repentina em todas as situações que houve erros de transmissão dos dados.

Analisando o problema, tudo levava a crer que era problema de compartilhamento na hora de gravação de arquivo. Para solucionar isto, eliminaram-se todas as Threads (processos paralelos no Windows) que ocorriam no procedimento de coleta.

Porém, mesmo assim o problema persistia. Procurou-se a fonte do problema incessantemente, até que se a descobriu: era o componente responsável pela coleta serial que não estava preparado para receber a última medição de forma

incompleta (aquelas com erro de transmissão), ou seja, isto só ocorria quando a última medição de uma determinada central se apresentava incompleta.

4.5.2: Validação do sistema

No desenvolvimento de cada módulo de cada uma dos aplicativos do sistema eram realizados testes com valores reais e com valores simulados para se comprovar a acuracidade dos resultados.

Eram realizados também testes para que se verificassem a possível ocorrência de erros em tempo de execução.

Após o módulo ser validado, ele era integrado à aplicação. Como o acoplamento dos módulos era fraco, não ocorriam problemas devido à integração.

4.6: Manutenção

O **SATCEL**, em ambas as operadoras, passou por um período de testes oficial em que foram solicitadas algumas modificações necessárias à operacionalização do sistema. Tais ajustes foram feitos e o **SATCEL** entrou num período que se chamou de “customização”, onde várias modificações eram propostas para adaptar o sistema ao gosto do cliente.

Essas alterações no sistema já são integrantes do período de manutenção do sistema. Percebe-se que, à medida que mais e mais usuários vão utilizando o sistema, mais modificações vão sendo introduzidas de modo a comportar os anseios de todos eles.

4.7: Conclusões

O **SATCEL** é um sistema desenvolvido para facilitar o trabalho daqueles que têm como objetivo proporcionar a utilização efetiva dos recursos disponibilizados para a rede celular.

As vantagens obtidas com esse sistema são inúmeras. Por isso, uma vez tendo utilizado o sistema, torna-se difícil voltar aos métodos antigos, mesmo que esses já fossem computacionais.

O **SATCEL** agrega muitos conceitos que são interessantes e que não são fornecidos diretamente em outros sistemas.

Capítulo 5: Implementação da Solução

5.1: Módulo Coletor de Dados

O módulo de coleta de dados do Sistema **SATCEL** tem por objetivo receber as informações que serão utilizadas em todo o restante do sistema, mas somente nos casos em que a operadora não dispuser de um agente coletor de dados, como MTP Gateway ou OSSFOG. Este módulo é responsável por coletar dados via interface serial e disponibilizá-los como arquivos texto.

Essas informações que são recebidas pela interface serial são o resultado de programas de medição efetuados pela **CCC** e que são enviados por ela quando no término dos mesmos.

Devido à distância entre as **CCC's** e o computador (Servidor) do sistema **SATCEL**, os dados são enviados pelas **CCC's** através de LPCD's (Linha Privada de Comunicação Digital) e recebidos através de modems que estão conectados às portas seriais do Servidor **SATCEL**.

O programa reage, então, aos dados que chegam através da placa multi-serial. Por exemplo, no caso da TELESC Celular, em Santa Catarina, tem-se cinco centrais: Blumenau, Criciúma, Florianópolis, Joinville e Lages. Cada **CCC** está conectada a uma porta serial diferente. Já no caso da CTBC Telecom de Minas Gerais, que tem três centrais, as informações não são coletadas por este módulo, pois elas já estão disponíveis no agente coletor de dados MTP Gateway.

O protocolo de comunicação serial utilizado é o RS-232 standard, criado pela Electronic Industries Association.

Neste protocolo serial são envolvidos alguns parâmetros tais como taxa de transferência, número de bits de dados, número de bits de parada, tipo de paridade, além do controle de fluxo.

Como não há possibilidade de comunicação com a central, ou seja, as informações são apenas recebidas da **CCC**, nenhum sinal é enviado no sentido do sistema para a central. Por isso, os parâmetros de configuração serial são determinados pela operadora. Na Telesc foi estipulado que a taxa de transferência seria de 9600 *bauds* por segundo, com 8 bits de dados e 1 bit de parada, e que não haveria verificação de erro por paridade. Além disso, como não há comunicação em direção à central, fica impossibilitado o controle de fluxo.

Felizmente, esse controle de fluxo não é necessário, pois o hardware disponível, mesmo em condições adversas, é rápido o suficiente para processar os dados recebidos, não havendo necessidade, portanto, de regular a velocidade de transmissão para que não haja perda de dados.

Esta situação, entretanto, obriga o sistema estar sempre em estado de espera, ou seja, pronto para receber os dados e evitar qualquer perda deles, vez que a central os envia independentemente do estado do sistema.

5.1.1: Desenvolvimento

Como visto, é essencial que o módulo esteja em permanente funcionamento. E para que isto ocorra, é necessário que este módulo seja completamente livre de erros.

A programação serial no Windows é uma das mais difíceis (e não bem documentadas) áreas de programação deste ambiente de 32 bits [12].

Como o sistema está sendo desenvolvido, a priori, totalmente em Windows NT, opta-se pelo uso de componentes de comunicação serial que possam facilitar tal programação, como o Async Professional da TurboPower, desenvolvido para Delphi e C++ Builder.

Com base nestas ferramentas, partiu-se para o desenvolvimento do módulo.

Ao se iniciar, o módulo tenta conectar-se ao banco de dados para buscar as informações de configuração. Caso não consiga conexão, ele lê, de um arquivo texto, a configuração utilizada na última vez em que o software foi executado.

O sistema configura automaticamente cada central, cada porta serial associada a cada uma delas, o número de medições esperado de cada uma, o lugar

de destino dos seus arquivos, tornando assim o processo de instalação muito rápido em qualquer operadora, não precisando alterar o código fonte do programa, mas apenas configurá-lo.

Ao receber os dados via interface serial, o programa os grava em arquivos texto no respectivo diretório de cada central, armazenando-os também em memória. Ao final de um período de medição, juntam-se todos dados armazenados em memória e procede-se à geração de um arquivo de backup.

A estratégia de backup é necessária, pois os arquivos de dados ao serem processados são apagados pelo sistema. Pode-se, assim, garantir a disponibilização de todos esses dados, caso ocorra alguma eventualidade.

O módulo coletor de dados, baseado em seu cadastro, apresenta informações referentes à quantidade de arquivos que chegam de cada uma das centrais.

Este módulo é transparente para o usuário. Ele só é executado no Servidor **SATCEL**.

Por segurança, utilizaram-se alguns leds para informar o status de cada central. Se uma central pára de enviar medição, a cor do respectivo led troca de verde para vermelho, tornando-se verde novamente ao encerramento do problema.

São indicados, também, a data e hora da última medição recebida. Como este módulo é geralmente executado no modo minimizado, faz-se necessária a inclusão de um pequeno ícone de status no canto inferior direito da tela (junto ao relógio do Windows), que mostra a condição do processo de coleta como um todo, ou seja, se as medições de todas as centrais estão chegando normalmente, um led verde fica piscando. Caso contrário, o led pisca em vermelho (Figura 16).

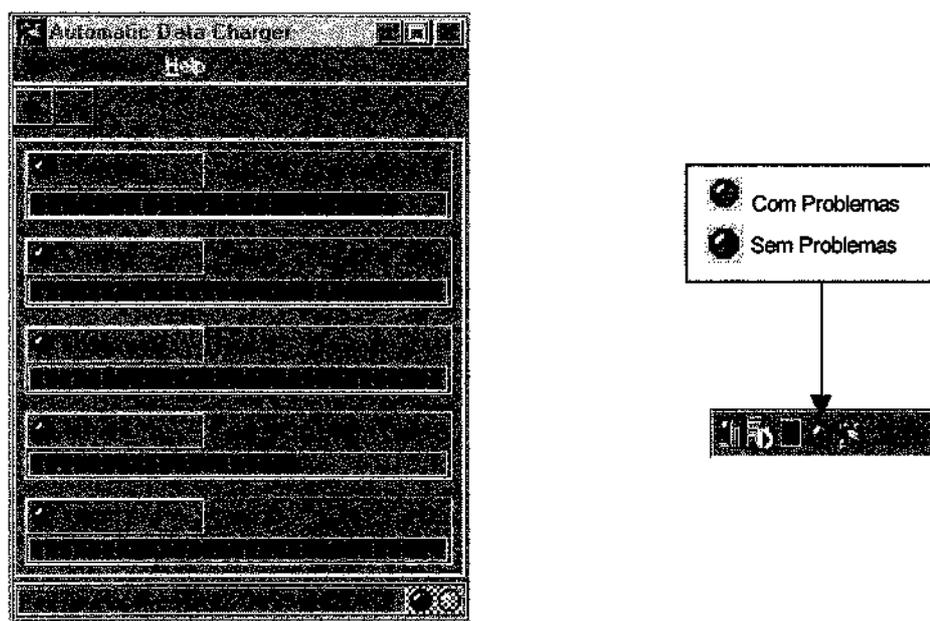


Figura 16 – Interface Módulo Coletor de Dados e Led de Status

5.1.2: Testes e validação

Para poder-se testar a aplicação de coleta de dados foi desenvolvida uma outra aplicação que emula uma CCC.

Tal aplicação simula a central enviando dados através de uma ou mais portas seriais, para que o software de coleta de dados os receba e execute suas funções.

Além disso, introduziram-se outras funções no software de emulação, tais como a de enviar informações incompletas e a de enviar informações de forma ininterrupta por longo tempo.

Em ambos os casos o sistema de coleta de dados se comportou da maneira prevista nos testes realizados na empresa.

Isto é fundamental para que se consiga receber todos os dados, o que é um dos quesitos para satisfação das especificações de qualidade.

5.1.3: Considerações

Como esta parte do sistema deve estar o tempo todo pronta para receber dados, não se pode admitir falhas.

Entretanto, quando alguma parte integrante do Windows NT trava e esta parte é terminada de maneira abrupta e anormal, pode ocorrer algo como uma reinicialização instantânea do Windows. Infelizmente, o Windows encerra as aplicações de forma não convencional, reabrindo-as em seguida. Acontece que quando uma porta serial está sendo utilizada por uma aplicação, este dispositivo serial não pode ser utilizado por nenhuma outra. Quando isto ocorre, a aplicação de coleta de dados não é encerrada pelo Windows tal como deveria.

Então, a aplicação, que é reaberta pelo próprio Windows, não consegue alocar os recursos referentes às portas seriais.

Vale ressaltar que em todas as vezes que esta situação foi observada, estava ocorrendo intervenção do usuário no servidor do sistema, naquele momento.

Portanto, como esta aplicação está restrita ao servidor e este não deve ser utilizado por usuário algum, o sistema pôde receber a credibilidade necessária de funcionamento ininterrupto.

5.2: Módulo de Inserção de Dados (Charge Process)

Partindo-se do princípio que as informações necessárias ao Sistema *SATCEL* já foram disponibilizadas pela *CCC*, faz-se necessária uma aplicação que as insira num banco de dados para posterior uso nos outros módulos do sistema.

Tal aplicação, denominada Charge Process, é responsável pela inserção dos dados no banco. Às vezes, é preciso buscar os arquivos de medição via FTP, o que igualmente pode ser feito utilizando o Charge Process.

5.2.1: Desenvolvimento

O Charge Process ao ser inicializado (Figura 17) busca por um arquivo de configuração que lhe informa a localização dos arquivos de medição de cada

central. Desta forma, a mesma aplicação pode ser usada em qualquer operadora, sem a necessidade de ser recompilada.

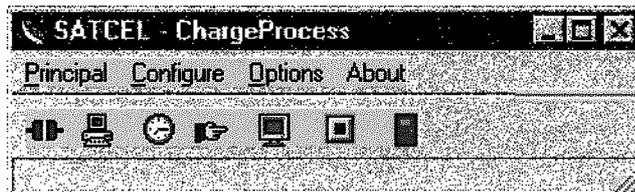


Figura 17 – Tela do Módulo de Inserção de Dados (Charge Process)

Os arquivos de medição devem ser movidos para os respectivos diretórios de trabalho deste aplicativo, obtendo-se com isso total isolamento do processo de coleta, uma vez que os arquivos só conseguem ser movidos assim que já estejam completamente gravados.

No caso da Telesc Celular os arquivos de medição estão no próprio Servidor **SATCEL**, pois os dados são recebidos por sua interface serial.

Já na CTBC Telecom os arquivos de medição estão no servidor MTP Gateway. Neste caso, os arquivos são copiados via FTP e depois apagados do referido MTP Gateway.

Após a transferência dos arquivos de medição para os diretórios de trabalho, o programa procura por informações – Cabeçalhos/Headers – em cada um dos arquivos, com vistas à identificá-lo como uma das medições válidas para o sistema.

O passo seguinte é disparar o processo de carregamento específico para cada um dos tipos de medição encontrado. Cada tipo tem seu próprio banco de dados e há um driver específico para cada um.

Dispara-se somente um processo de carga por tipo de medição diferente, ou seja, só um arquivo de cada um dos tipos de medição é processado ao mesmo tempo. Isto foi feito de modo a limitar o número de conexões com o banco de dados, visto que há número de licenças limitado, e também o fato de que isso otimiza a performance, pois não há processos concorrentes inserindo dados no mesmo banco.

5.2.2: Testes e Validação

Como esse programa é responsável pela carga dos dados nos respectivos bancos, faz-se necessária que essa aplicação seja a mais robusta possível.

No trabalho de leitura de arquivos e na conversão de dados, está configurada uma fonte de erros em tempo de execução.

No intuito de se garantir a robustez, procurou-se não só verificar no próprio código as possibilidades de ocorrência de erros, como se fez o tratamento de exceções necessário.

Mesmo assim, alguns erros ainda ocorreram quando o programa entrou em operação. Contudo, procedeu-se de forma a corrigir as imperfeições, tornando o software capaz de escapar de todos os erros encontrados.

5.2.3: Considerações

O Charge Process é um modulo que não pode apresentar falhas, para que não atrase a inserção de dados no sistema.

Entretanto, no caso da CTBC, onde o sistema busca pelas medições num servidor FTP, pode acontecer deste não estar operando, o que resulta no atraso do sistema.

Porém, quando o sistema volta a operar, pode haver um acúmulo de medições no servidor FTP para serem processadas. Para garantir o caráter on-line do sistema, optou-se por processar primeiro as medições mais recentes. Todavia, isto pode levar a uma situação de aparente inconsistência, visto que algumas medições não vão aparecer no banco de dados, até que se normalize o seu carregamento.

5.3: SATCEL STC - Supervisão de Tráfego Celular

Até agora foi visto o processo de coleta de dados e o processo que os insere no banco de dados.

As informações necessárias para a análise e supervisão da planta celular já estão disponíveis, necessitando apenas de uma interface com o usuário para que este possa, da melhor maneira possível, acessar as informações desejadas com segurança e rapidez.

O conjunto de módulos que compõe o **SATCEL** foram projetados para isso. Eles disponibilizam as informações através de gráficos, relatórios, podendo exportar os dados para uso em outros aplicativos, tudo isto seguindo um critério lógico de seleção de condições que satisfaçam as necessidades do usuário.

5.3.1: Desenvolvimento

O **STC** foi o primeiro módulo a ser desenvolvido e é, também, o módulo mais complexo do sistema.

Por não ser tão técnico, os dados fornecidos podem ser observados por quase todos os membros integrantes das equipes das operadoras.

Os dados servem também para a equipe do CASC (Centro de Atendimento do Serviço Celular), pois, como mencionado anteriormente, são os primeiros a receber informações de que algo pode não estar indo bem na planta. Baseando-se nas informações obtidas no sistema, é possível confirmar algumas das reclamações dos clientes e, em finais de semana, pode-se acionar a equipe de manutenção em casos específicos.

5.3.2: Estrutura

A partir da tela inicial do **STC** (Figura 18) pode-se escolher entre duas partes distintas: On-line e Histórico.

O módulo on-line incorpora o sentido de supervisão do sistema, com informações da última medição realizada e com a evolução de tráfego durante o dia.

Já o Histórico possibilita a análise utilizando estatística. Pode-se gerar gráficos e relatórios baseados no maior valor de tráfego cursado e no segundo maior valor. Outros recursos do módulo Histórico são as médias de tráfego cursado

e tráfego oferecido, além de poder realizar totalização de tráfego cursado por áreas, regiões e centrais.

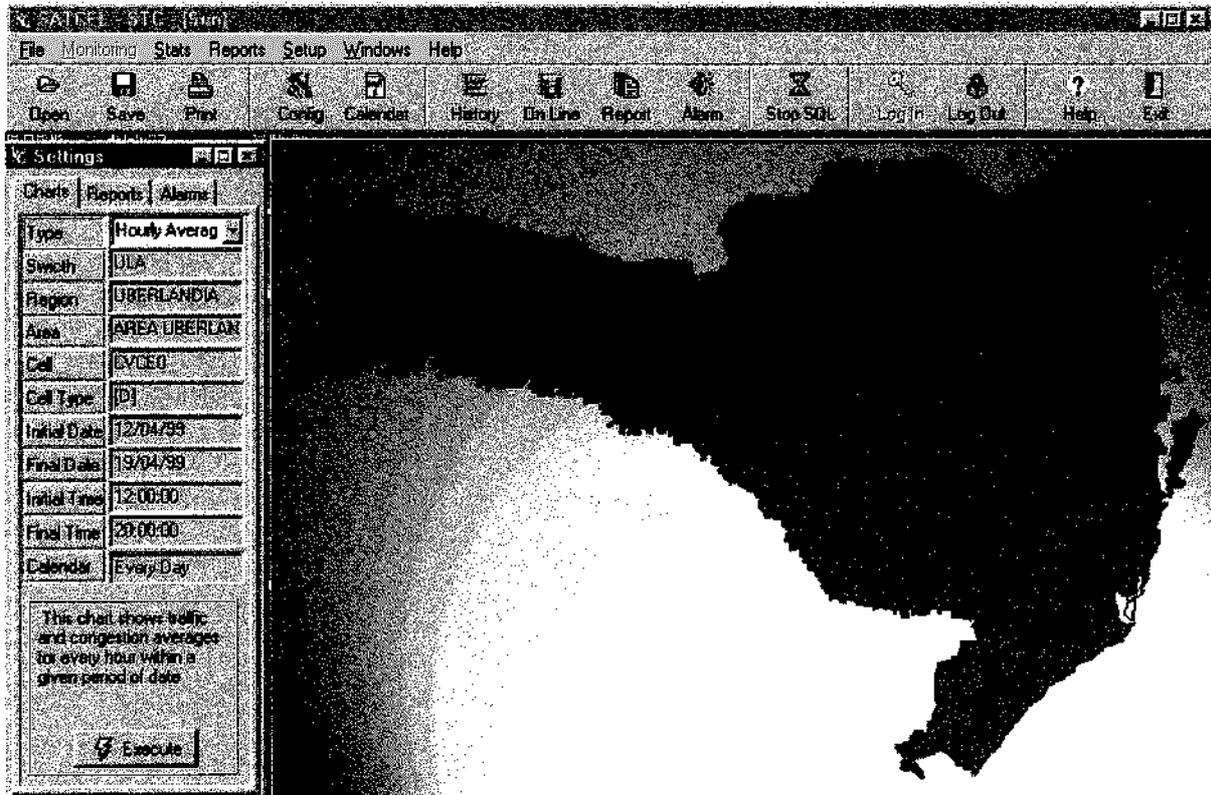


Figura 18 – Tela Inicial do STC

5.3.3: Descrição

5.3.3.1: Módulo On-Line

O módulo On-Line possibilita a supervisão do tráfego do sistema, congestionamento e canais bloqueados por célula, através de interfaces gráficas que propiciam análises qualitativas e quantitativas em um mesmo ambiente de trabalho.

5.3.3.1.1: Gráfico On-Line

Este gráfico apresenta a condição atual (vinda na última medição) de cada célula do sistema.

O valor de cada “bolinha” no gráfico mostra uma relação entre o tráfego escoado e o tráfego de projeto de uma determinada célula. Então, o gráfico geral mostra o valor dessa relação (Tráfego Escoado / Tráfego de Projeto) numa escala de 0 a 300%. Note-se que de acordo com a altura da “bolinha” no gráfico, ela assume uma cor diferente. Essa cor é diferenciada de acordo com os valores de limites de tráfego, que são estabelecidos pela própria operadora.

Há a possibilidade de se filtrar o gráfico, ou seja, selecionar quais células devem aparecer ou não, de acordo com a região, área, tipo de tecnologia, níveis de tráfego, nível de congestionamento e número de canais bloqueados.

A data e a hora da medição da célula corrente são mostradas embaixo do gráfico, assim como o seu nome.

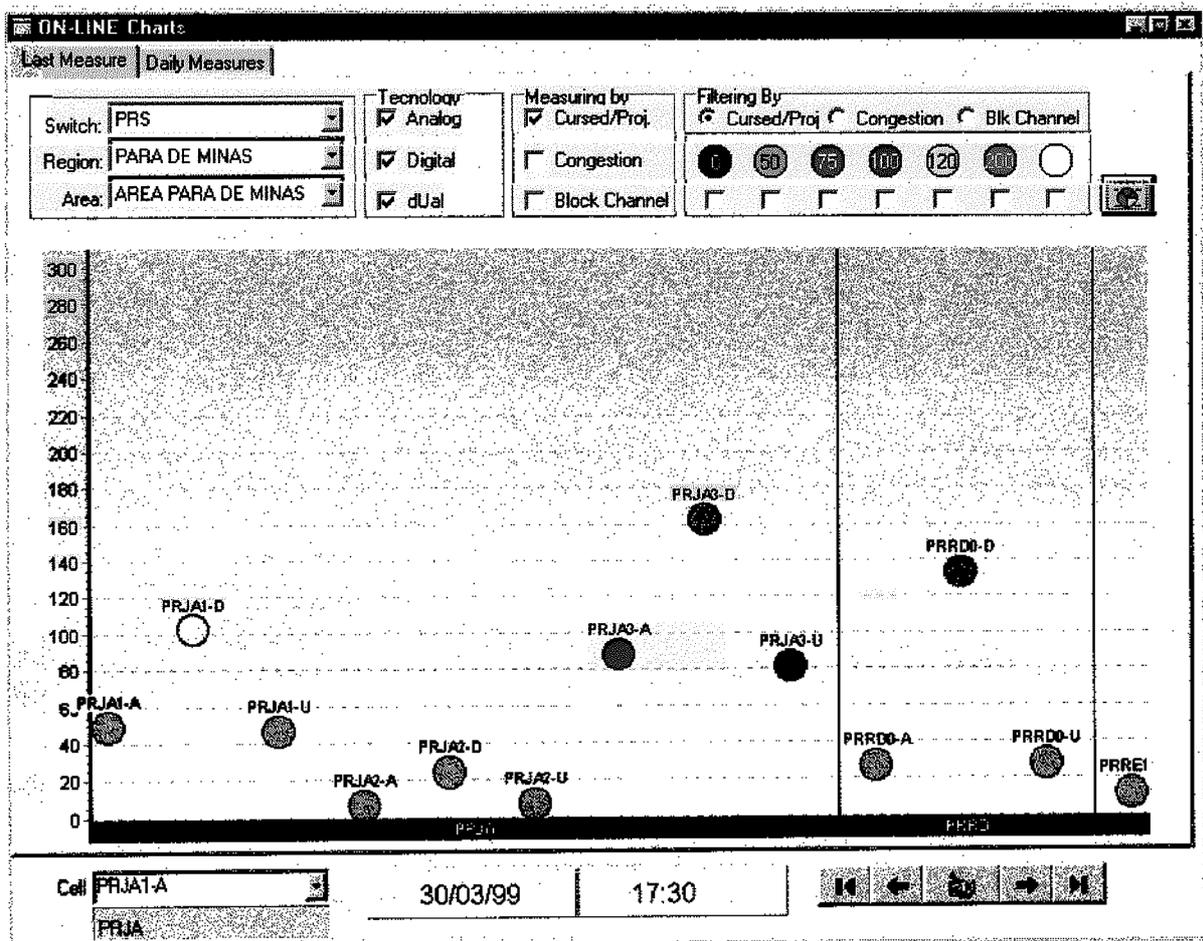


Figura 1. Tela Geral do Gráfico On-Line

Para se observar o gráfico ou trocar de célula, pode-se navegar com os botões de avanço lento (de célula em célula) ou rápido (de página em página) ou

ainda retrocesso lento ou rápido. Além disso, pode-se apertar o botão de central da barra de navegação (canto inferior da tela), fazendo com que o gráfico se movimente de célula em célula, como se fosse um filme. Ao se clicar em qualquer uma das “bolinhas”, seleciona-se automaticamente esta como a célula corrente e ativa-se o Gráfico de Evolução.

5.3.3.1.2: Gráfico de Evolução

O gráfico de evolução mostra a evolução de tráfego escoado, tráfego oferecido, congestionamento e canais bloqueados com os valores medidos desde a meia-noite da célula corrente. (Figura 19)

Essa informação é importante pois demonstra a curva de tráfego de cada célula, indicando também sua tendência de crescimento ou de decrescimento. Além disso, é mostrado também os valores exatos de cada uma das variáveis envolvidas.

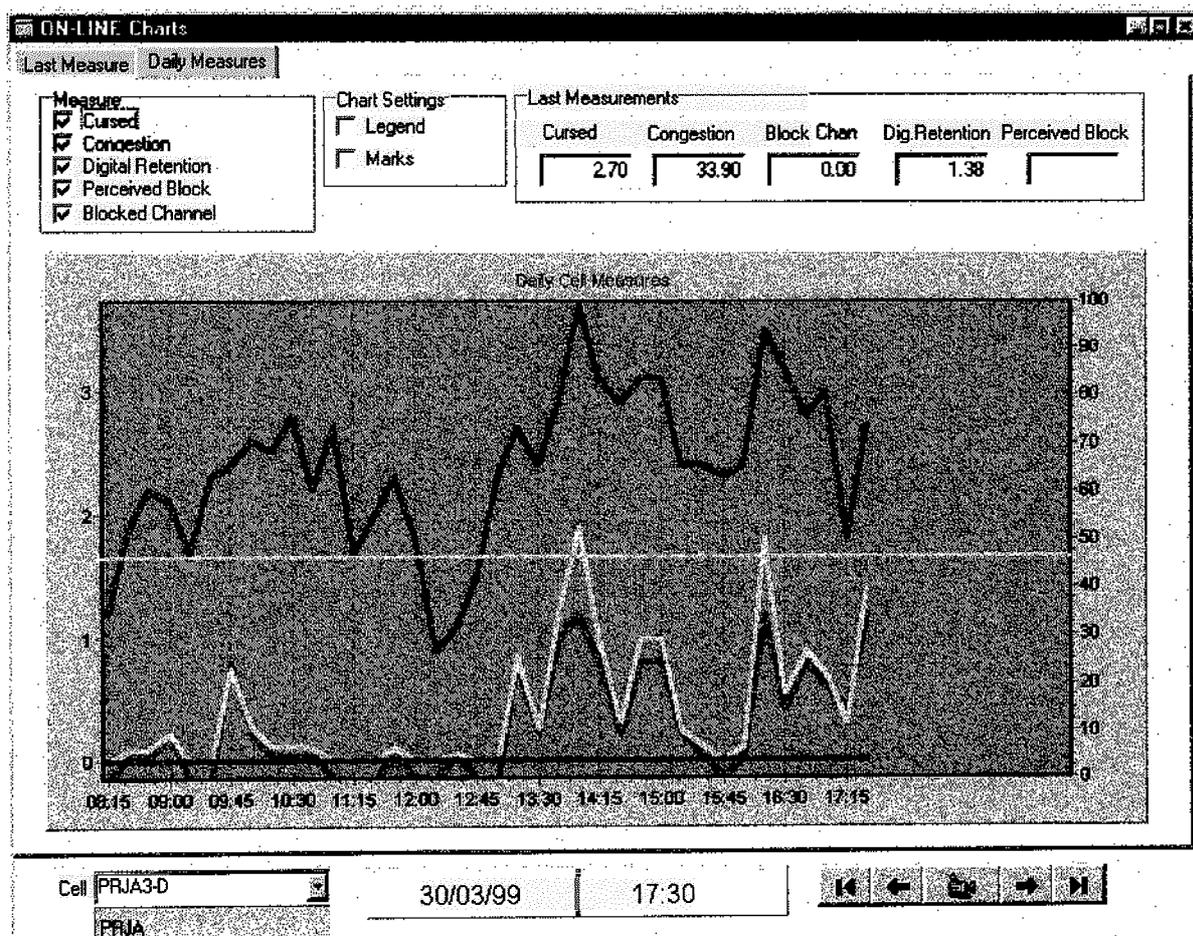


Figura 19 – Gráfico de medições do dia (Daily Measures)

5.3.3.2: Módulo Histórico

5.3.3.2.1: Gráfico de Tráfego escoado e congestionamento

Este módulo apresenta todos os valores de tráfego cursado e congestionamento obtido nas medições de uma maneira contínua durante o intervalo, levando em conta o calendário selecionado (Figura 20).

São indicados também o valor do tráfego de projeto, o valor do maior tráfego do intervalo e o número de rádios da célula.

Pode-se visualizar qualquer parte do gráfico através barra de navegação ou clicar no botão central da barra de navegação para a visualização dinâmica dos dados (animação). Note que a velocidade com que a imagem vai rolando pode ser ajustada na barra de velocidade.

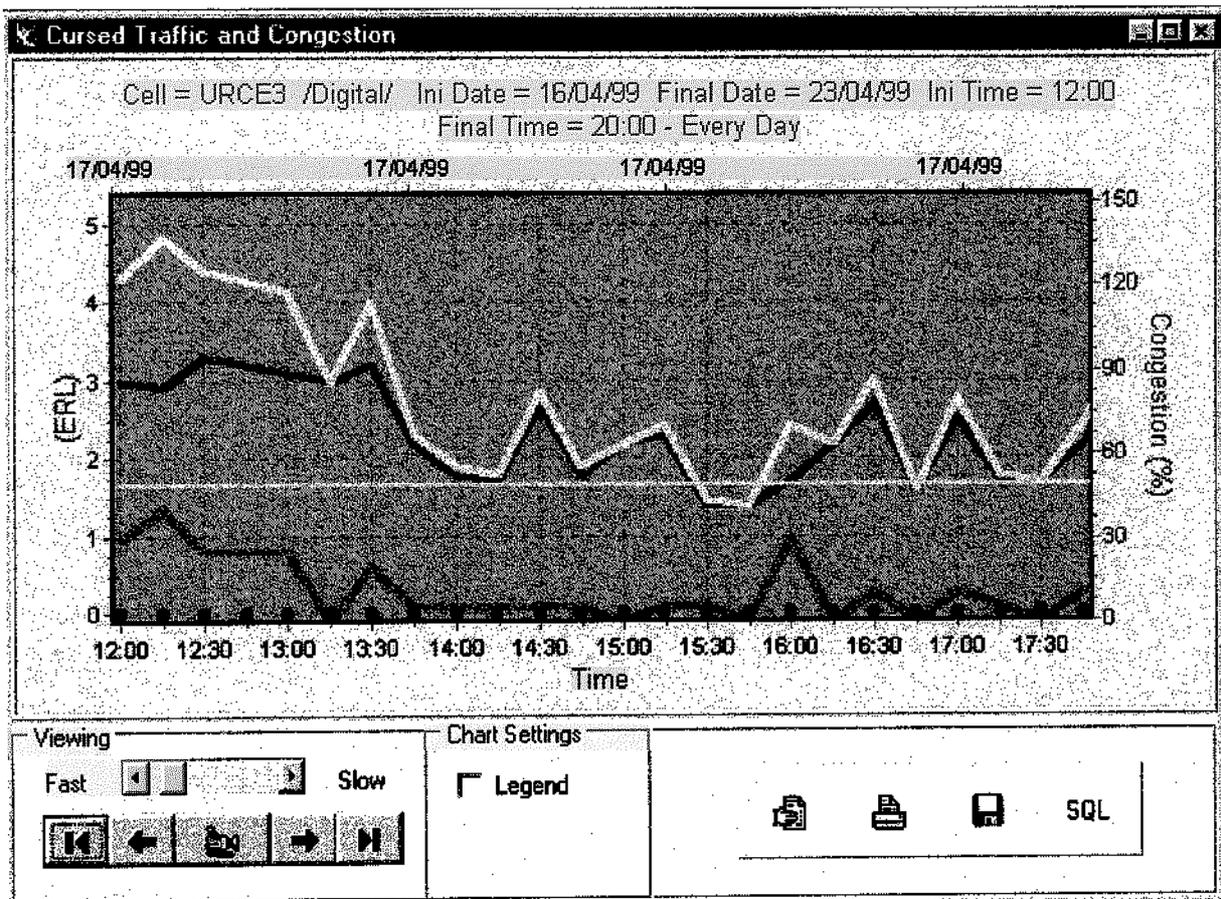


Figura 20 – Gráfico de Tráfego Escoado e Congestionamento

5.3.3.2.2: Gráfico de Segundo Maior Valor de Tráfego

Este gráfico mostra o segundo maior valor de tráfego cursado por dia durante o intervalo selecionado e o congestionamento associado a este valor, sempre levando em conta o calendário (Figura 21).

Este é um dos gráficos mais importante do sistema. Para melhor dimensionamento da capacidade de atendimento do sistema, pode-se desprezar o maior valor, pois este pode ser ocasionado por anormalidades temporárias, não refletindo a situação real do serviço móvel celular, ou seja, o maior valor às vezes é considerado como casual. Se não for casual, o segundo maior valor será bem próximo do maior valor.

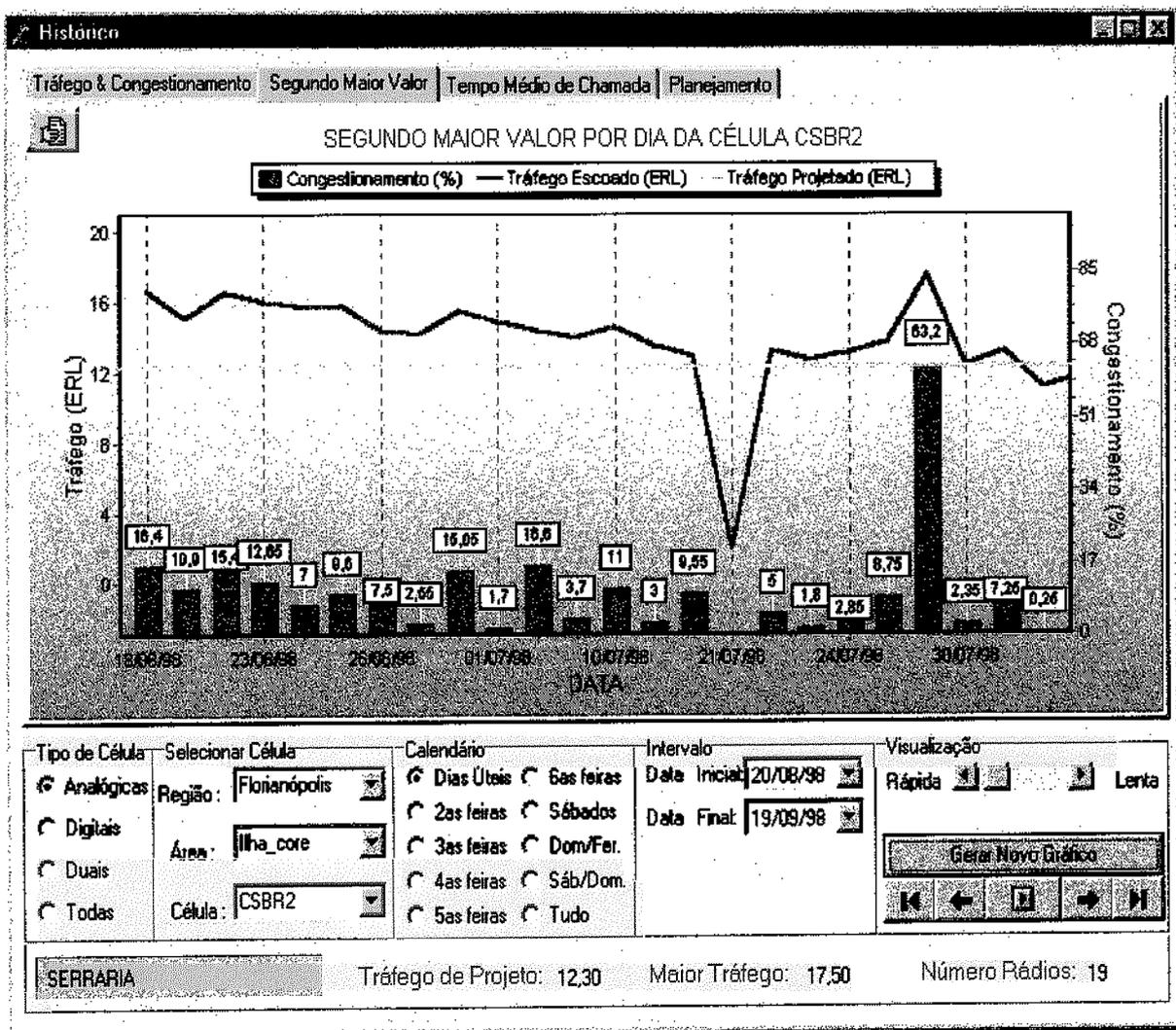


Figura 21 – Gráfico de Segundo Maior Valor de Tráfego

5.3.3.2.3: Gráfico de Tempo Médio de Chamada e de Canais Bloqueados

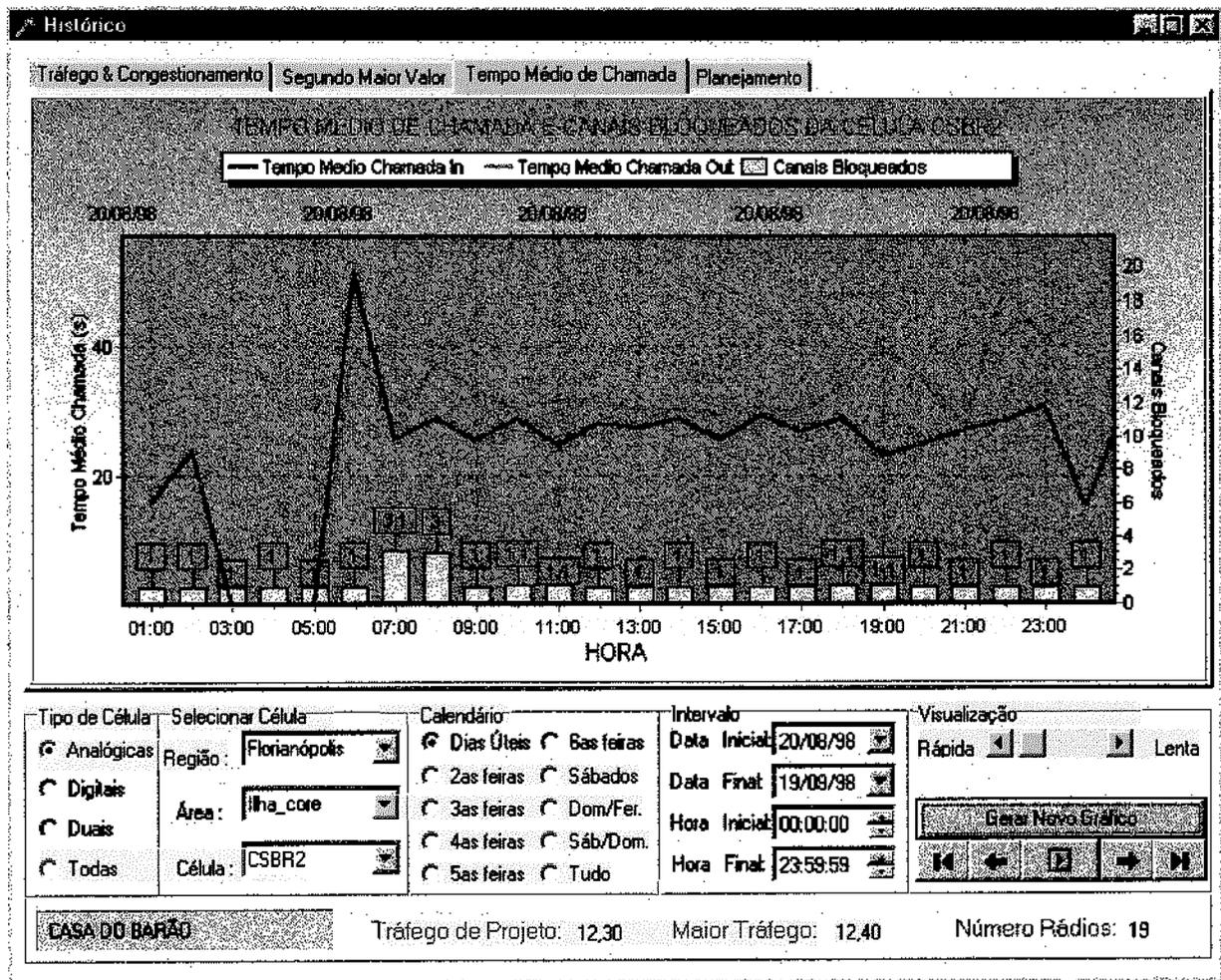


Figura 22 – Gráfico de Tempo Médio de Chamadas e Número Médio de Canais Bloqueados

Este gráfico mostra o tempo médio de chamada na rota de entrada e na rota de saída. Serve para saber com que rapidez, em média, as ligações tendem a ser finalizadas. Isto reflete o perfil dos usuários em determinado horário, como por exemplo, maior número de ligações, com duração menor (horário comercial), ou menor número de ligações com duração maior (horário econômico).

5.3.3.2.4: Gráfico de Médias Do Período

Este gráfico é uma excelente ferramenta para que o usuário que estiver observando os valores de uma determinada célula possa rapidamente verificar o seu perfil de tráfego em um determinado período de tempo (*default* - um mês), pois cada célula tem um perfil diferente.

O gráfico mostra a média dos valores de tráfego e de congestionamento de cada hora nos dias selecionados (Calendário), durante o período selecionado (Data inicial até a Data Final). Assim, ele pode verificar se os valores atuais de tráfego e congestionamento estão parecidos com o perfil do tráfego ou não.

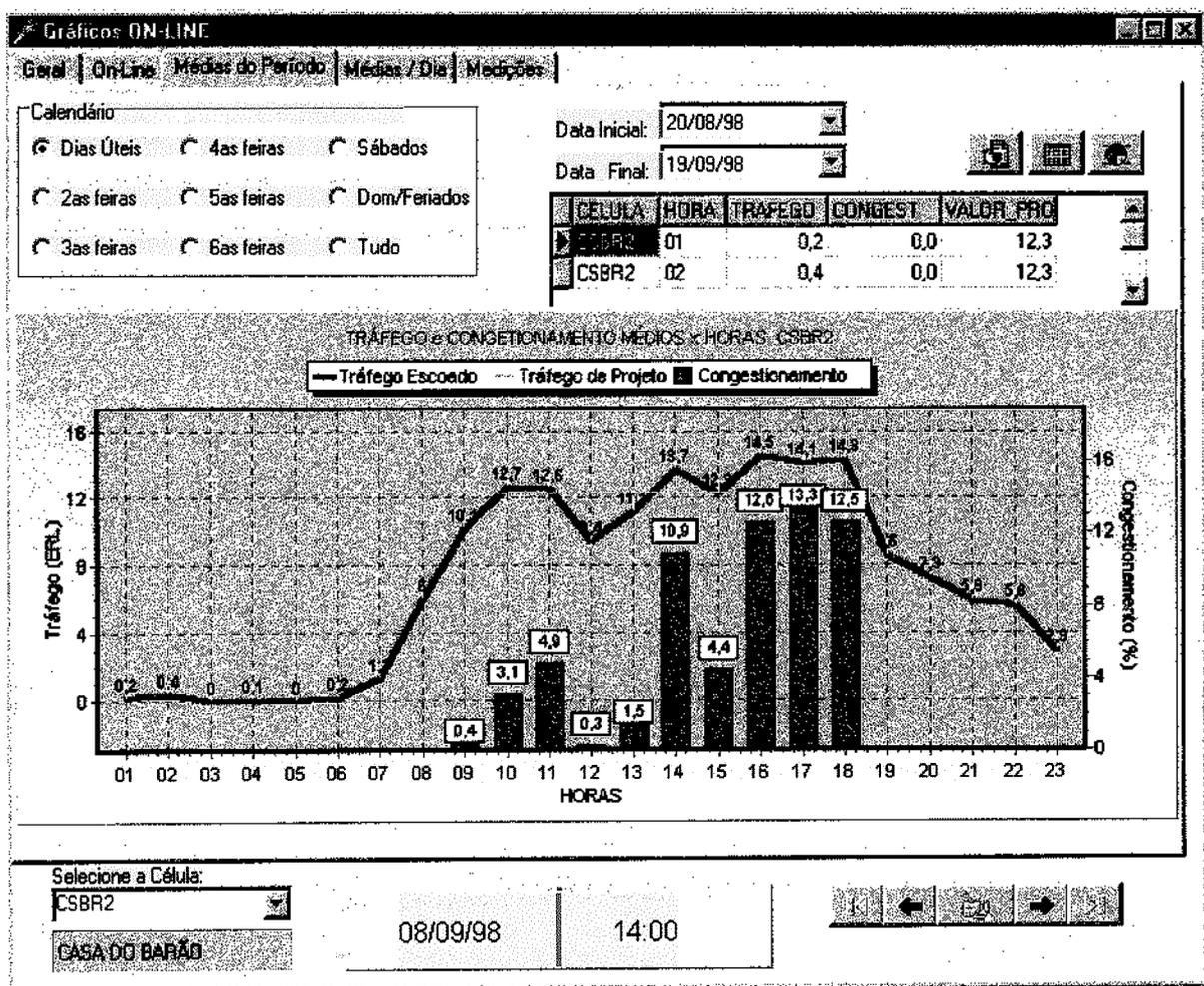


Figura 23 - Tela do Gráfico de Médias do Período

5.3.4: Considerações

O módulo de Supervisão de Tráfego Celular (*STC*) foi o primeiro módulo a ser desenvolvido. Por isso, achou-se conveniente fazê-lo em português, como um atrativo a mais para o sistema.

Entretanto, a realidade das operadoras é diferente. Além da possibilidade de poder haver alguém que não saiba ler em Português, era notório que todos estavam acostumados a jargões em Inglês.

Portanto, como diretiva para os outros módulos, optou-se por escrever em Inglês.

Após um ano com a mesma interface, sentiu-se a necessidade de reestruturar a aplicação de tráfego para melhorar a sua funcionalidade e, aproveitando a ocasião, trocar-se o idioma para Inglês. Entretanto esta fase ainda não foi concluída, devendo encerrar-se em breve.

Por isso, alguns dos gráficos mostrados neste relatório estão em português e outros em Inglês. Nota-se, também, que suas estruturas completamente distintas, inclusive apresentando informações nas figuras que contradizem a estrutura atual do sistema, que é abordada neste trabalho.

5.4: Módulo de Estatística de Tráfego - *CTS* (*Cell Traffic Statistics*)

O módulo de estatística de tráfego, denominado simplesmente de *CTS*, é um aplicativo que analisa as duas medições de *CTS*: a de células (*CTS Cells*) e a de centrais (*CTS Exchange*).

A medição de *CTS* é usada para contar as ocorrências de eventos celulares da forma como são vistos pela central. Eventos celulares incluem registro, acesso, resposta page, hand-off, desconexão, etc.[1]

As medidas oferecidas pelo *CTS* fornecem todos os contadores que possibilitam analisar estatisticamente o comportamento da célula. O comportamento da célula não sofrerá mudanças caso o sistema não sofra intervenção por parte da Operadora e/ou externa ou devido a um mal funcionamento.

Esta consideração é válida tanto para **CTS** de células quanto de centrais.

Por apresentar dados técnicos que exigem um certo grau de conhecimento, o **CTS** é mais utilizado pela equipe de otimização.

O propósito dessa ferramenta é, em especial, ajudar essa equipe de otimização a analisar a performance do sistema usando os contadores **CTS**.

Entretanto, algumas das informações nele apresentadas podem ser utilizadas por outras equipes.

5.4.1: Desenvolvimento

O Módulo de Estatística de Tráfego foi o segundo módulo do Sistema **SATCEL** a ser desenvolvido.

O **CTS** apresenta o caráter de Supervisão e de Diagnóstico. O de supervisão é responsável pela análise periódica que propicia a detecção de onde o sistema possui problemas. O de diagnóstico fornecerá resultados com informações necessárias à correção dos problemas no sistema.

Um dos grandes diferenciais deste sistema é a possibilidade do usuário montar seus próprios relatórios, relacionando contadores e permitindo uma grande flexibilidade na aplicação da ferramenta.

5.4.2: Interface Gráfica

Ao iniciar o **CTS** apresenta um formulário onde é evidenciada a opção default do sistema que é estar selecionado para **CTS Cells** (Figura 24), pois a opção **Exchange** não está habilitada. Entretanto, é possível trocar-se para **CTS Exchange** através de um sub-menu do menu "File".

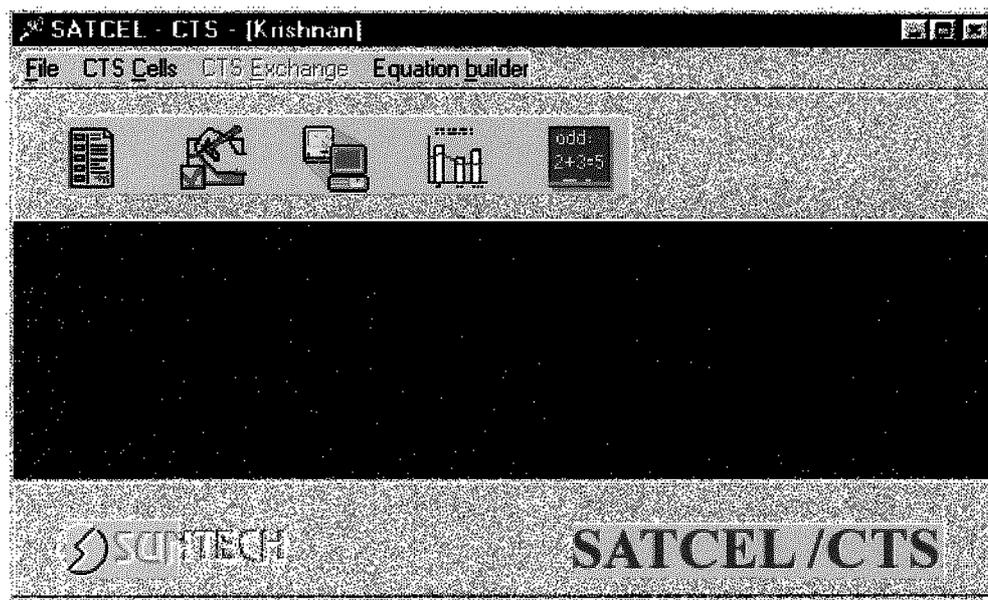


Figura 24 – Tela inicial do Módulo de Estatística de Tráfego (CTS)

Independentemente da opção selecionada, **Cells** ou **Exchange**, pode-se escolher entre quatro modos: Padrão (Standard), Definido pelo Usuário (User-Defined), Histórico (History) e Supervisão (Supervision).

A opção Standard (Figura 25) é a opção que contém fórmulas pré definidas para o cálculo dos parâmetros da rede celular. Essas fórmulas são baseadas nos valores dos contadores que aparecem nas medições de **CTS**. As fórmulas do Standard são fornecidas pela Ericsson.

As operadoras trabalham com determinada versão de software para suas centrais celulares. Em cada versão desse software, denominado de A.S., são apresentados um número maior ou menor de “count groups”, e cada um com diferente número de contadores. Como consequência, cada AS possui diferentes fórmulas formando diferentes grupos de fórmulas. O **SATCEL / CTS** possui os grupos de fórmulas dos AS 100, AS 140, AS 142, AS 147 e AS 148, que são as versões do software de central Ericsson utilizados na Telesc e na CTBC.

O segundo modo é o User-Defined (Definido pelo usuário). Neste módulo (Figura 26), em vez de se utilizar as fórmulas padrão Ericsson, pode-se escolher entre as fórmulas feitas pelo usuário.

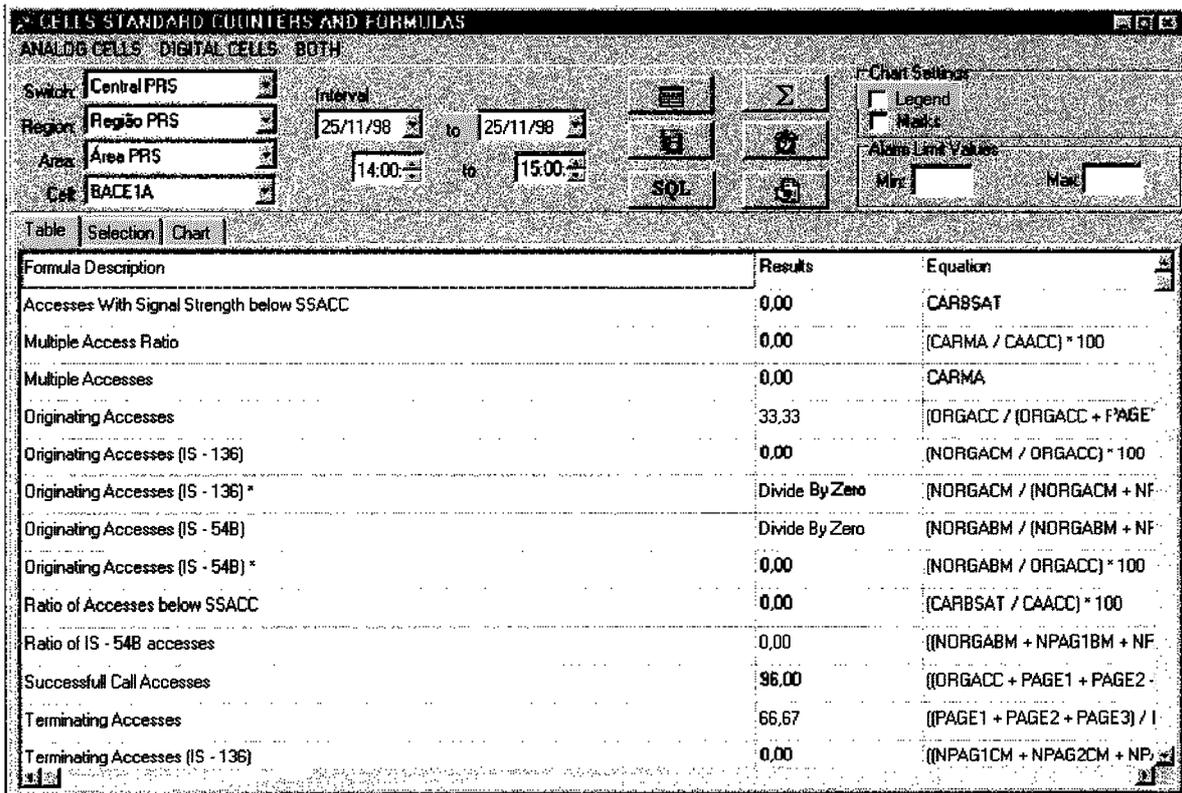


Figura 25 – Modo Padrão (Standard)

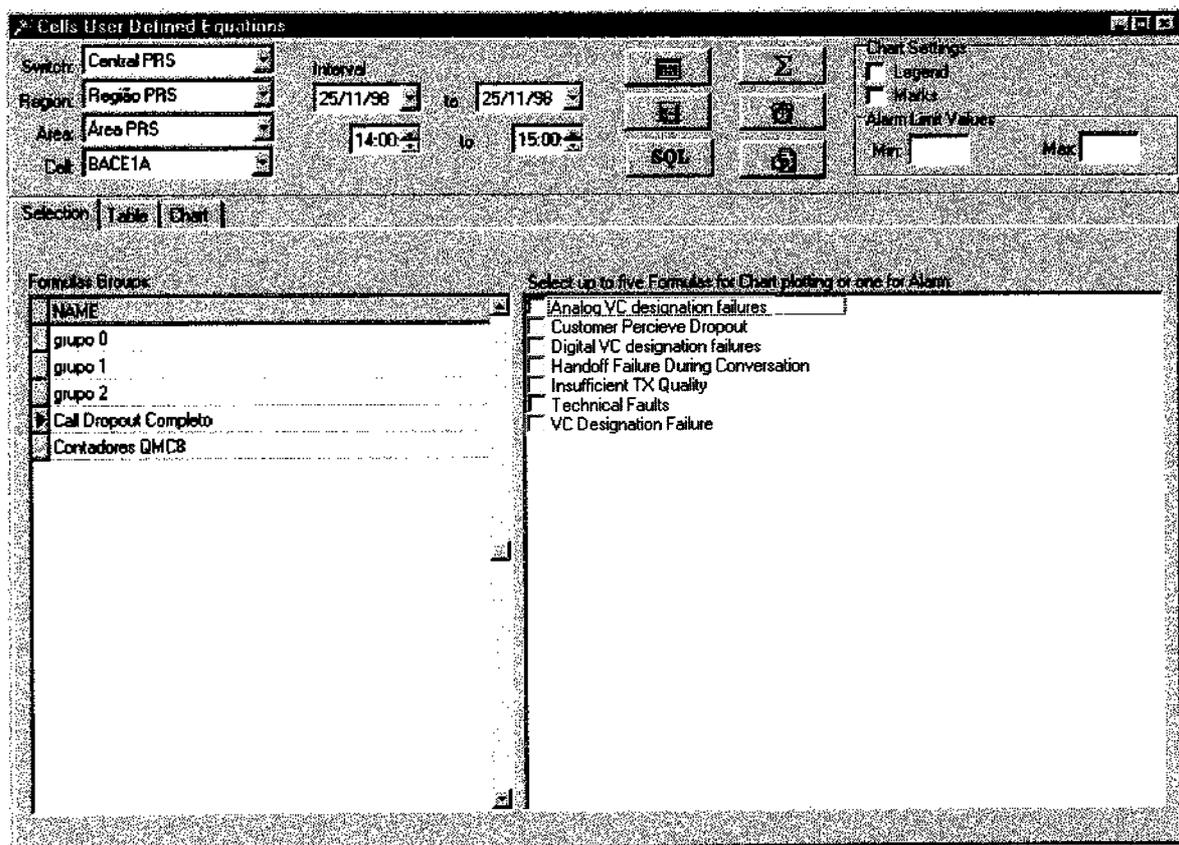


Figura 26 – Modo Definido Pelo Usuário (User Defined)

Para elaboração dessas fórmulas, o **SATCEL / CTS** provém uma ferramenta denominada “Equation Builder” (Editor de equações). O Equation Builder (Figura 27) possibilita ao usuário criar suas próprias fórmulas, baseando-se em quaisquer contadores, podendo agrupá-las em grupos próprios de fórmulas.

Pode-se, por exemplo, inserir algumas fórmulas que informam o padrão de qualidade da operadora exigidos pela ANATEL, como:

- QMC 5: taxa de quedas de chamadas completadas;
- QMC 6: taxa de chamadas terminadas no telefone celular;
- QMC 8: taxa de quedas de chamadas de ligação por degradação do sinal no telefone celular.

Além disso há uma função que verifica cada equação inserida pelo usuário alertando em caso de enganos.

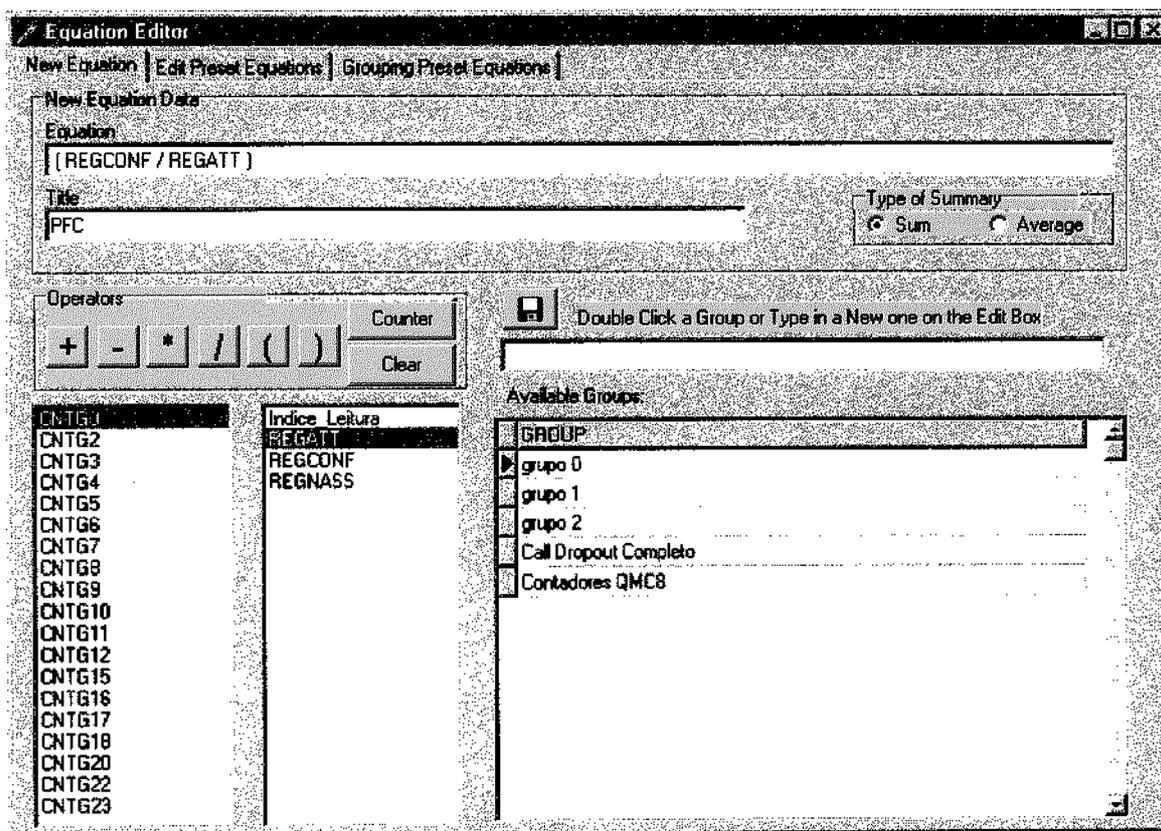


Figura 27 – Modo Editor de Equação (Equation Editor)

Nesses dois módulos é possível a geração de tabelas e de gráficos.

Outra funcionalidade é a possibilidade de se procurar por medições que fujam de um determinado limite especificado, facilitando a detecção de problemas.

Entretanto, só é possível a utilização apenas de fórmulas de um mesmo grupo.

Para superar esta limitação, há o módulo Histórico, no qual pode-se escolher fórmulas de diferentes grupos e pode-se misturar as fórmulas do standard com as do User-Defined. Entretanto, neste caso só é possível a geração de tabelas, não podendo-se gerar gráficos.

As tabelas geradas pelo Histórico podem apresentar todos os resultados das medições realizadas no período envolvido ou apresentar somente um resultado com os valores sumarizados dessas medições.

A quarta opção é o modo Supervisão (Figura 28). Este modo possibilita a escolha de até cinco parâmetros que se deseja monitorar.

O resultado da última medição é atualizado na tela onde se visualiza os valores dos parâmetros escolhidos para cada célula selecionada.

O gráfico possui uma função de scroll automático (função que faz o gráfico ficar rodando como um filme), onde todas as células são sempre mostradas, sem a necessidade de intervenção do usuário.

Pode-se verificar as opções escolhidas optando-se por mostrar a legenda.

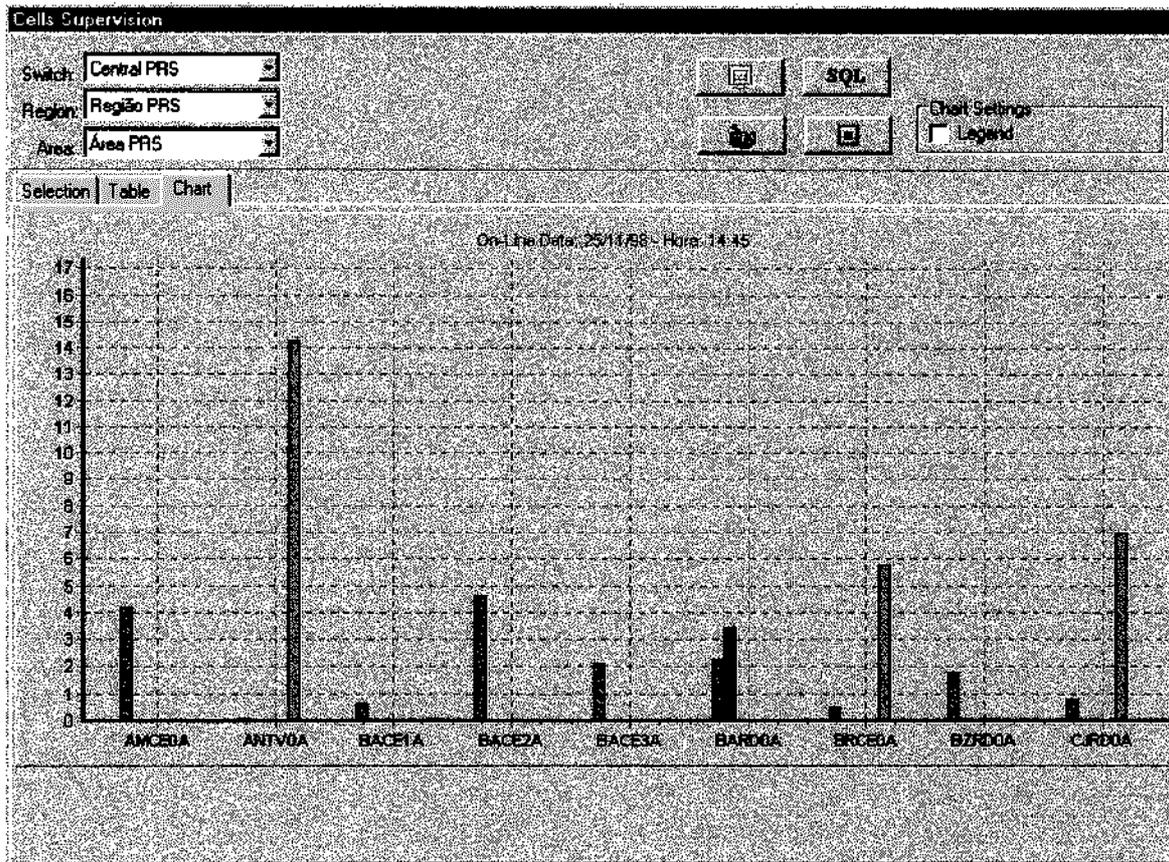


Figura 28 – Modo Supervisão (Supervision)

5.4.3: Testes e Validação

O Módulo *CTS*, por estar sendo desenvolvido em cooperação com a CTBC Telecom, ao passar pelos testes preliminares na empresa foi posto em uso na própria operadora para avaliação e testes.

Por já haver uma metodologia no desenvolvimento das aplicações, o *CTS* apresentou poucos erros, necessitando, apenas, de aperfeiçoamento e adaptações ao gosto dos usuários.

5.4.4: Considerações

O módulo *CTS* é muito importante para a verificação do desempenho da rede.

Pode-se escolher alguns parâmetros e ficar monitorando-os, incessantemente.

Além disso, para a CTBC Telecom, para qual o *CTS* foi primeiramente desenvolvido, há a possibilidade de se colocar a tela do modo supervisão em um dos seis telões que ficam na sua sala de gerência de redes. Desta forma, quando os valores saírem do padrão, o operador perceberá que algo está errado naquela célula e poderá fazer uma análise que irá resultar no correto diagnóstico do problema.

5.5: SATCEL / RES – Interferência no meio

O *RES* é uma ferramenta que processa os dados das medições de *RES*, provendo aos operadores informações que podem ser utilizadas para análise e sintonia do sistema de rádio-freqüência. Quando o sistema está bem sintonizado, tanto as freqüências livres podem ser utilizadas numa maneira ótima quanto a qualidade de comunicação de voz é melhorada.

Como descrito no Capítulo 3, uma das necessidades ao se analisar a medição de *RES* é saber, por exemplo, em que nível de potência se encontra o total de 98% das ocorrências de distúrbios. Bem, para isto, o *SATCEL* provém os gráficos que permitem a análise qualitativa e quantitativa da condição de cada célula, além de relatórios moldados pelo usuário em que o sistema busca o nível de potência no percentual desejado em todas as células.

5.5.1: Implementação:

O *RES* é uma ferramenta simples, prática e muito funcional.

Ele se inicia com um formulário principal, de onde se pode escolher entre a geração de gráfico ou um dos dois tipos de relatórios. (Figura 29)

Ao se escolher a opção de geração de gráficos, um formulário de configuração do relatório desejado é aberto para que se possa informar ao sistema qual célula se deseja, qual critério (MCHA), qual dispositivo (canal) e qual o período.

Como a medição de *RES* não é gerada ininterruptamente como as de tráfego e de *CTS*, caso o período selecionado não contenha valores, uma tela se abrirá, informando as medições realizadas.

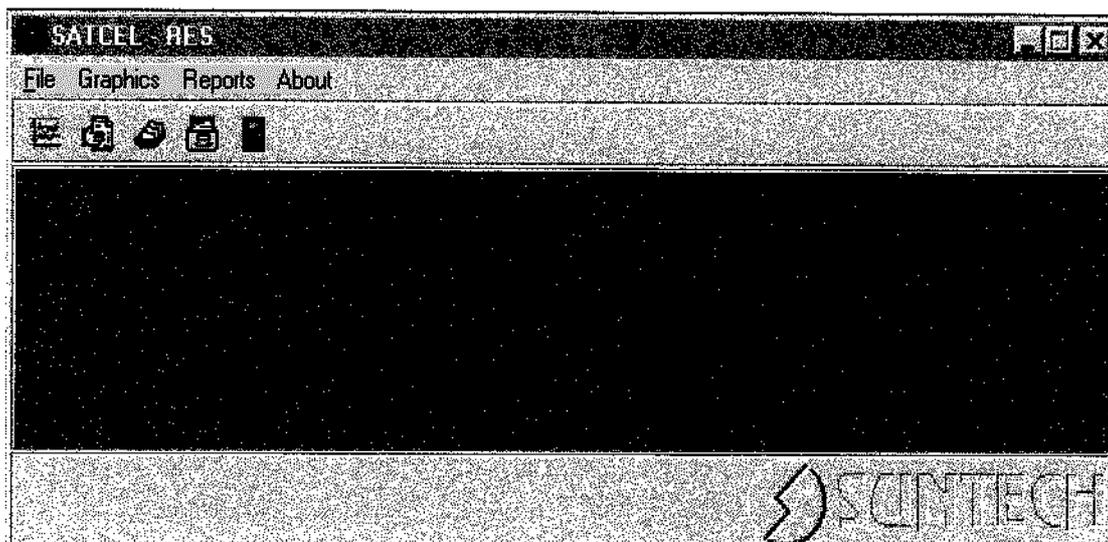


Figura 29 – Tela Inicial da Aplicação RES

Ao término da seleção dos parâmetros é só clicar no botão 'Graphics'.

MCHA	23
Switch	ULA
Region	UBERLANDIA
Area	UBERLÂNDIA
Cell	ULAE3A
Device	All
Initial Date	01/01/99
Final Date	18/04/99
Initial Time	16:00

Graphic

Figura 30 – Formulário de escolha de parâmetros para gráficos

O resultado é então mostrado no formulário na Figura 31:

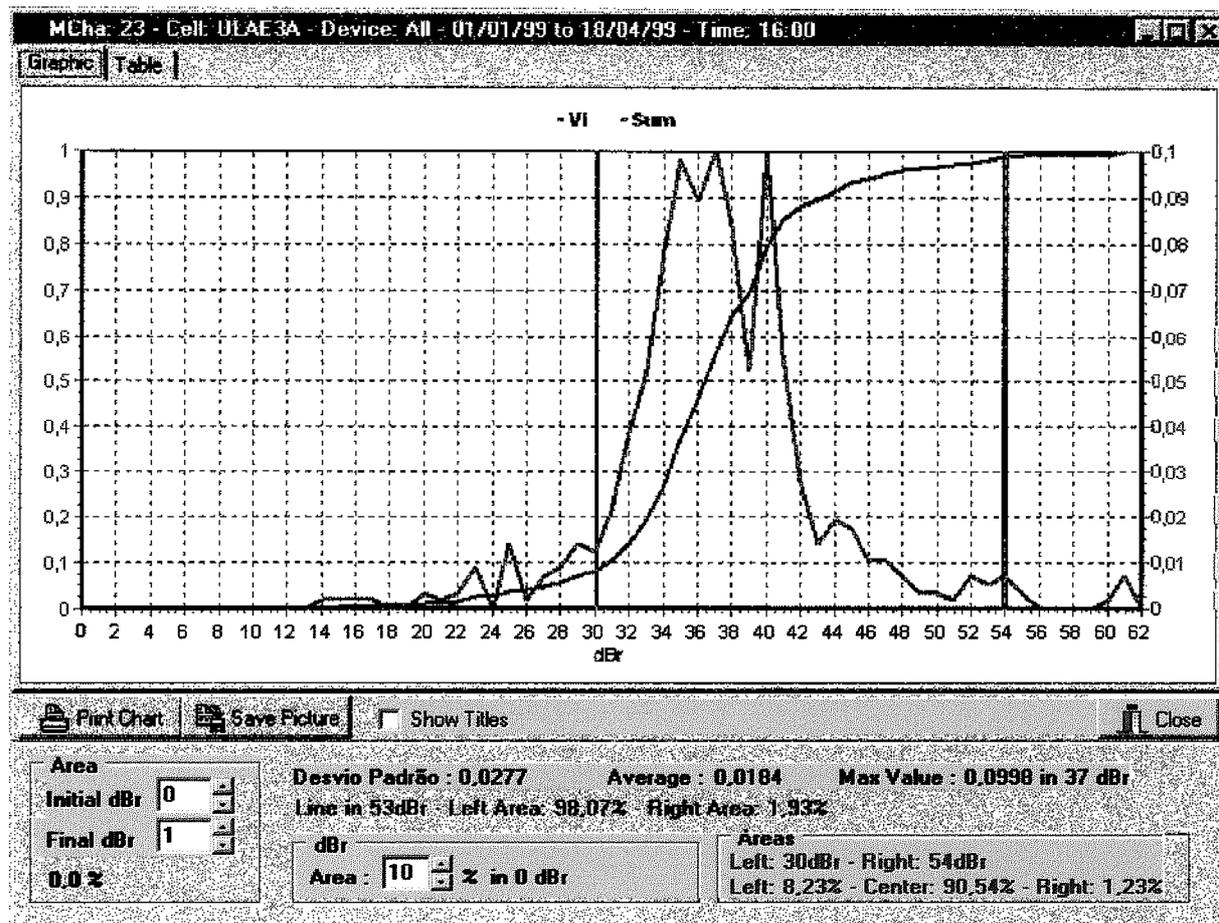


Figura 31 – Gráfico de Interferência do RES

Neste gráfico é possível calcular a área relativa ao somatório das ocorrências de interferência utilizando tanto um cursor que é posicionado no gráfico (resultado em verde), quanto pela escolha dos níveis de potência na opção 'Area'.

Pode-se utilizar também dois cursores. O resultado é apresentado, então, em três partes (resultado em azul). Essa opção é útil para o caso de gráficos que não apresentem um comportamento normal, como, por exemplo, quando da ocorrência de vários picos.

Além disso, pode-se obter a potência em dB de qualquer percentual de área, por exemplo, para se descobrir a potência em que ocorre o total de 98% das ocorrências de distúrbios, como visto anteriormente para o caso do MCHA 1.

Outras informações como média, máximo valor e desvio-padrão são fornecidas para que se possam comparar medições de dias diferentes, para comparar diferentes células, etc.

Voltando ao menu principal, pode-se escolher entre duas opções de relatórios:

- Radio Environment Assessment - Avaliação do ambiente de Rádio
- Historical report - Relatório de Histórico

O Radio Environment Assessment possibilita a geração de um relatório para várias células, podendo-se escolher o critério(MCHA), e os valores com que se deseja trabalhar. Por exemplo, no caso abaixo, para o MCHA 1, todas as células da área de Uberlândia que tem menos que 15% de sua área (total de distúrbios) depois de 20 dBr terão seus valores mostrados normalmente (em preto). Já as células que não satisfazem esta condição terão seus valores mostrados de maneira diferenciada (em vermelho).

Id	Value	Operator	Threshold 1	Threshold 2
1	%%%	>=	20	<= 15
3	%%%	<=	15	<= 8
13	%%%	<=	10	<= 5

Figura 32 – Formulário de geração de relatórios de Radio Environment Assessment

O relatório de análise histórica tem o propósito de informar o valor em dBr do valor percentual escolhido no campo 'Rule', para cada uma das células selecionadas pelos filtros.

Por uma questão de praticidade, o relatório de análise histórica pode apresentar os resultados de até dez medições para cada célula. Então, a partir da data inicial, as dez medições seguintes, sempre respeitando a opção de calendário (neste caso, Day of week)

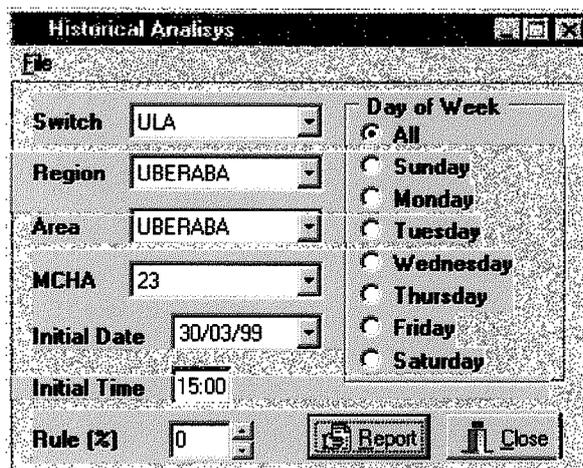


Figura 33 – Tela de escolha para geração do relatório de histórico

5.6: SATCEL / RRCR - Módulo de Queda de Chamada

O Módulo de Quedas de Chamadas, denominado de **RRCR (Radio Related Call Release)**, é o aplicativo pelo qual se pode averiguar todos os términos de chamada que não são esperados.

As quedas de chamadas podem ser resultantes de falhas no início da chamada, falhas de hand-off, quedas forçadas, falhas técnicas, qualidade de transmissão insuficiente e queda anormal de chamada em serviço da central [1].

Uma das maiores dificuldades que se encontra na análise de medições de quedas de chamada é o fato de não se tê-las agrupadas dependendo de um critério de escolha, o que possibilitaria a análise de determinados fatores importantes nas quedas, visto que estas podem ser resultantes de falhas no aparelho do cliente, no canal de voz da célula, no canal de controle, entre outros.

5.6.1: Desenvolvimento

O **RRCR** é um módulo que possibilita a visão de todas as quedas de chamadas, podendo-se agrupá-las por vários critérios, tais como:

- Número do telefone do usuário
- Código do aparelho do usuário
- Classe de potência do aparelho do usuário
- Número do canal de voz
- Número do canal de controle
- Tipo de protocolo
- Número do Time Slot utilizado (digital)

5.6.2: Interface gráfica

Ao iniciar, o **RRCR** apresenta um formulário de onde se podem disparar gráficos e relatórios baseados em um determinado critério de escolha principal (Figura 34). As alternativas são:



Figura 34 – Tela inicial do módulo de quedas de chamadas(**RRCR**)

- General Reports, onde são evidenciados o percentual e o total absoluto de quedas de chamadas divididas por seu código de falha (Figura 35)
- Mobiles Reports, onde pode-se verificar pelo número de um determinado assinante móvel, listar todas as quedas de chamada desse usuário e identificar a principal razão dessas quedas;

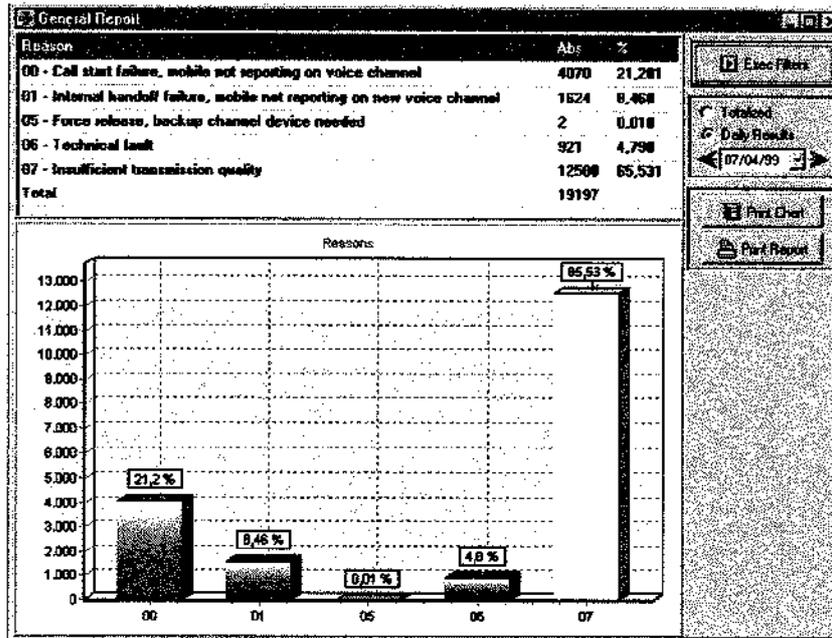


Figura 35 – General Report

- Control Channel, onde seleciona-se um determinado canal de controle como filtro principal, listando todas as ocorrências para aquele canal de controle, sendo que pode-se filtrar ainda mais esta lista, escolhendo-se um filtro interno (Figura 36)
- Voice Channel, possuindo a mesma funcionalidade que o anterior, porém tendo-se como filtro principal números relativos a canais de voz, bem como podendo-se escolher entre o canal de voz primário e o secundário (Figura 37) .

Reason	Date	Time	Number	SN	PC	TT	CR	Pri1	VC1	TS1	VC2	TS2
00	22/01/99	10:09:32	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	10:35:15	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	11:24:36	0169923219	D4213016	2	1	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	12:11:42	0168598024	C3514558	0	1	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	13:24:32	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	13:30:11	0349607325	AC332685	2	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	14:15:15	0168598024	C3514558	0	1	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	14:32:25	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	14:40:19	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	14:42:57	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	
00	22/01/99	14:44:39	0168598002	D50E5F6F	0	0	1	0	0	01142	0	

Figura 36 – Control Channel Report

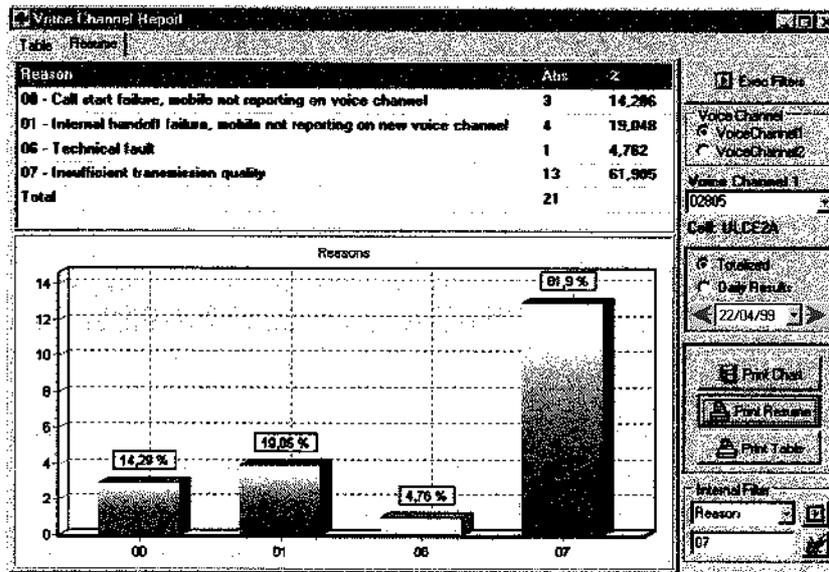


Figura 37 – Voice Channel Report

- Model Report, onde apresenta-se o percentual e o valor absoluto das quedas de chamadas agrupadas por fabricantes de aparelhos celular, podendo-se filtrar pela razão da falha (Figura 38)
- Cell Report, onde se pode verificar quais as células que mais estão tendo quedas de chamadas, observando o total absoluto e o percentual de quedas, e também podendo-se escolher pela razão da falha (Figura 39)

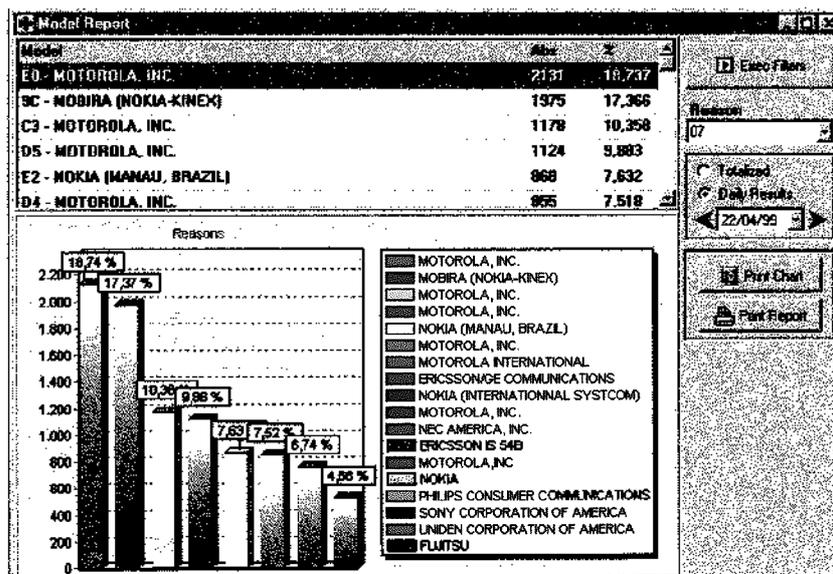


Figura 38 – Model Report

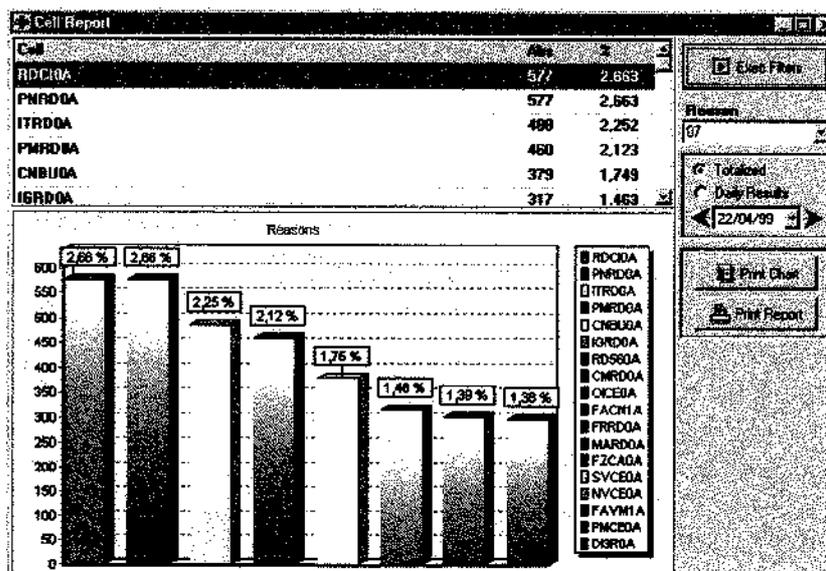


Figura 39 – Cell Report

5.6.3: Testes e validação

O *RRCR* está em fase de testes na operadora, e precisará sofrer algumas alterações para que se torne completamente funcional.

Além disso, por uma falha na especificação do sistema por parte da operadora, há alguns casos em que não se sabe a qual célula pertence um determinado canal. Pela especificação, cada canal possuiria um número diferente que indicaria sua localização dentro da área de cobertura do sistema. Por isso, em certas ocasiões o sistema está informando dados incorretos.

Entretanto, para o restante do módulo, os testes realizados na empresa informaram corretamente os resultados em todos os casos.

5.6.4: Considerações

O módulo de quedas de chamadas é uma ferramenta poderosa que pode ajudar a descobrir problemas em determinados canais, em determinadas células como um todo, bem como em aparelhos móveis dos assinantes do serviço celular.

Por isso, sua utilização deve ser bem constante em tempos de mudanças, devendo ser menos utilizado quando a rede já se encontrar otimizada.

5.7: Conclusões e Perspectivas

Através desse ferramental, as equipes de planejamento e otimização das operadoras ganham conforto, velocidade e segurança no que tange à verificação dos parâmetros do sistema, visto que o acompanhamento preciso do desempenho da planta é fundamental para a garantia da qualidade do sistema, sendo requisito fundamental no novo paradigma da telefonia móvel celular no Brasil, após as privatizações.

Porém, o sistema por enquanto só informa aos usuários os dados requisitados por eles. Então, é de competência do operador a busca por informações relevantes no sistema.

O próximo passo desse sistema será a inclusão de “inteligência”. Um sistema especialista que utilizasse os dados disponíveis e que inter-relacionassem as informações provenientes das medições, objetivando informar ao cliente os pontos em que a rede está com problemas e, também, quais atitudes que deveriam ser tomadas.

A partir do término da reformulação do sistema de tráfego, um novo projeto se iniciará, com o objetivo de se avançar nesse sentido.

Capítulo 6: Conclusões e Perspectivas

A visão de uma nova oportunidade de negócio culminou com o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas de software que oferecem conforto, velocidade e segurança aos envolvidos no processo de verificação dos parâmetros dos sistemas celulares.

Tal verificação, da maneira como era realizada, além de demandar enorme esforço dos envolvidos, inviabilizava a permanente supervisão da rede celular, fazendo com que decisões tivessem que ser tomadas, mesmo sem possuir uma base ampla e sólida que as validassem.

O SATCEL é um sistema especialmente desenvolvido para telefonia celular, que visa fornecer uma gama enorme de dados aos operadores, para que estes possam ajustar a rede de forma a colocá-la em seu ponto ótimo. Para tanto, o sistema conta com quatro ferramentas que recebem dados de centrais digitais AXE 10 da Ericsson, pós processando-os e mostrando os resultados através de gráficos e relatórios.

Não só pelos benefícios citados, mas também pelos conceitos introduzidos neste sistema, o SATCEL põe a prova os atuais sistemas em operação, os quais são adaptados da telefonia fixa. Desafia também outros métodos computacionais que já facilitaram um pouco este árduo trabalho, mas que por não serem totalmente automáticos e por apresentar várias limitações, não solucionavam o problema.

Em visitas realizadas às operadoras Telesc e CTBC, pode-se perceber a necessidade que os operadores tinham de um sistema como esse, bem como sua atual dependência do mesmo.

Vale ressaltar a participação do aluno no desenvolvimento dos seguintes módulos:

Módulo de Coleta de dados

Módulo de Inserção de dados (Charge Process)

Aplicativo de Tráfego (STC)

Nos outros módulos a participação se constituiu mais em termos de manutenção do que pelo próprio desenvolvimento em si, e também na resolução de problemas específicos de cada uma das aplicações.

O sistema está sendo desenvolvido por uma equipe multi-disciplinar composta por engenheiros e analistas de sistemas. Esse caráter multi-disciplinar é especialmente importante, pois cada um dos perfis envolvidos apresenta sua própria visão do sistema, aumentando a contribuição para o seu desenvolvimento.

À medida que outras funções passaram a ser realizadas, como atendimento às dúvidas e aos pedidos de clientes, instalação do sistema completo nas operadoras, e acompanhamento remoto do sistema via PC Anywhere (software de controle remoto), buscou-se aprofundar o conhecimento sobre todo o sistema de forma a estar apto para realizar eventuais mudanças.

Para tanto, o caráter também multi-disciplinar do Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial foi fundamental para a realização do estágio, pois forneceu toda a base necessária para o seu desenvolvimento, evidenciando-se as matérias do ramo de Informática Industrial.

Com relação ao desempenho atual do sistema, observa-se que é uma ferramenta muito poderosa, e que aliado a um operador que saiba obter e interpretar os resultados que podem ser fornecidos, tem-se uma excelente possibilidade de se buscar o ponto ótimo da rede celular.

Pretende-se, ainda, incluir no sistema algumas outras funcionalidades, como perfil geográfico de tráfego, que utilizando mapas baseados em fotos de satélite, mostra as variáveis de tráfego em cada uma das células na sua posição geográfica real.

Entretanto, para a Suntech, isto ainda é pouco. Como perspectiva para o futuro do sistema, espera-se que ele forneça dados já analisados aos operadores, detectando automaticamente os problemas e as suas fontes, bem como já apresentando as possíveis soluções. A inserção de “inteligência” no sistema é o próximo passo da evolução do SATCEL.

Segundo Paul Valery, “...o homem a cada momento confronta o que ele quer com aquilo que ele faz, e o que ele pode fazer com aquilo que ele consegue...”.

Referências Bibliográficas:

- [1] Manuais ERICSSON CMS 8800. Volumes 1 e 2.
- [2] Manual ERICSSON – Curso Básico de Telecomunicações.
- [3] PEREIRA, Ricardo C. Comunicações Móveis. Apostila da Semana de Telecomunicações realizado pelo PET EEL em outubro de 1998.
- [4] PEREIRA, Ricardo C. Sistemas de Telefonia Celular. Florianópolis : 1998.
- [5] DOBES, Maurício I. Artigo publicado no Prêmio Nacional de Software para Telecomunicações de 1998.
- [6] FARINES, Jean M., PIMENTA, Marcelo. Metodologias de Concepção de Softwares e Sistemas. Florianópolis, 1994.
- [7] VIRMOND, Carlos E. J. Relatório de Estágio: Telesc Celular. Florianópolis: 1998.
- [8] CAPANEMA, Ivana F. Desenvolvimento de um Sistema de Supervisão em Tempo Real. Projeto de Fim de Curso, ECAI. Florianópolis: UFSC, 1997.
- [9] D'AQUINO, Alessandra. Automação Industrial aplicada a Processos Cerâmicos. Projeto de Fim de Curso, ECAI. Florianópolis: UFSC, 1998.
- [10] CANTÚ, Marco. Dominando o DELPHI. São Paulo: Makron Books, 1996.
- [11] CORNELL, G. e STRAIN, T. DELPHI - Segredos e Soluções. São Paulo: Makron Books, 1995
- [12] MATCHO, J. e SALMANOWITZ, Brian. Using DELPHI 2 Special Edition. Indianapolis: QUE, 1996.
- [13] Manuais Borland Delphi 3
- [14] Borland : www.borland.com

[15] Delphi Brasil : www.delphibrasil.com

[16] TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadores. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

[17] CAMPBELL, Joe. C Programmer's Guide to Serial Communications. Carmel: SAMS, 1987

[18] BOCHENSKI, Barbara. Implementando Sistemas Cliente / Servidor de Qualidade. São Paulo: Makron Books, 1995.

[19] DATE, C. J. Introdução a Sistemas de Banco de Dados. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

[20] OLIVEIRA, Adelize G. de. Manipulando Banco de Dados com DELPHI. Florianópolis: BookStore, 1995.

[21] KORTH, Henry F., SILBERSCHATZ, Abraham. Sistema de Banco de Dados. 2ª edição. São Paulo: Makron Books, 1995.

[22] Interbase : www.interbase.com

[23] FREIRE, Simone. REVISTA INFO EXAME. Ano 12, n. 136, jul-1997. Pags 125 e 126. Editora Abril.

[24] Metrica: www.metrica.com

[25] TIM: www.tim.it

[26] OSIER, Dan, GROBMAN, Steve, BATSON, Steve. Delphi2: Aprenda em 21 dias. Rio de Janeiro: Campus, 1997.