

## ANÁLISE DE TRÁFEGO TELEFÔNICO EM DIVERSOS CENÁRIOS ATRAVÉS DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

**Ozeas dos Santos Leite**

Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional / UCAM  
ozeasleite@ig.com.br

**Thiago Miranda Paravidino da Silva**

Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional / UCAM  
thiagomps@iff.edu.br

Recebido: 03 de abril de 2012. Revisado: 06 de junho de 2012. Aceito: 14 de agosto de 2012. Publicado online: 17 de setembro 2012.

### RESUMO

O artigo apresenta um importante modelo de simulação computacional para análise de tráfego telefônico com bloqueio utilizado como alternativa às calculadoras de Erlang. A proposta reduz a complexidade do dimensionamento dos sistemas telefônicos para as organizações, visto que o simulador apresentado é mais dinâmico e veloz do que as tabelas e calculadoras de Erlang, tão necessárias ao projeto e dimensionamento de redes telefônicas nas organizações ou nas redes públicas de telefonia, sendo assim um tema bastante interessante para a área de telecomunicações. O modelo permitiu verificar diversos parâmetros referentes ao estudo de tráfego telefônico, dentre eles o tráfego oferecido, cursado e perdido e ainda o grau de serviço. Foram propostos quatro cenários para o modelo, sendo realizada uma comparação entre os resultados obtidos com a simulação e os resultados obtidos com a utilização das calculadoras de Erlang, que são uma metodologia bastante utilizada para análise de tráfego telefônico. A simulação se mostrou mais eficiente que a calculadora de *Erlang*, já que permitiu analisar o funcionamento de todo o sistema e considerar os tempos de atendimento e de chegada de todas as chamadas que foram oferecidas e atendidas pelo sistema, quantidade de chamadas oferecidas, atendidas e perdidas pelo sistema assim como a aleatoriedade característica dos sistemas de telefonia.

**Palavras-chave:** Simulação computacional; Telefonia; Tráfego telefônico.

### ABSTRACT

The article presents an important model of computer simulation for traffic analysis with phone lock used as an alternative to Erlang calculators. The proposal reduces the complexity of the design of telephone systems for organizations, since the simulator is made more dynamic and faster than the Erlang tables and calculators, so necessary to the design and dimensioning of telephone networks in organizations or at public phone, making it a very interesting theme for the area of telecommunications. The model allowed us to check various parameters related to the study of telephone traffic, including the offered traffic, routed and lost and the degree of service. Four scenarios have been proposed for the model being a comparison between the simulation results and the results obtained using calculators Erlang, are a widely used method for analyzing telephone traffic. The simulation was more efficient than the Erlang calculator, since it allowed us to analyze the functioning of the entire system and consider the service times and arrival of all the calls that were offered and attended by the system, number of calls offered, answered and lost by the system as well as the random characteristic of telephony systems.

**Keywords:** Computer simulation; Telephony; Telephone Traffic.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de tráfego telefônico envolve elevado número de regras, já que estão presentes observações realizadas no sistema analisado (número de fontes de tráfego, chegada das chamadas ao sistema, duração das chamadas, etc), utilização de fórmulas e tabelas com certa complexidade. A intensidade do tráfego telefônico é definida a partir da taxa de ocorrência e da duração dessas chamadas. Segundo Pires (2006), admite-se que o tráfego oferecido a um determinado sistema de telecomunicações (por exemplo, uma central telefônica) é puramente aleatório.

Assim, o uso de simulação de eventos discretos se torna útil para a análise do tráfego telefônico, já que a chegada e a duração das chamadas, que são dois fatores primordiais para a análise de tráfego, se dão de maneira aleatória e dinâmica. De acordo com Banks et al. (2010): “Simulação é a imitação de uma operação de um processo ou sistemas reais”. A simulação é usada para analisar e descrever como se comporta um sistema e consegue prever mudanças nas variáveis de saída, conforme mudam as entradas (BANKS et al, 1999).

Segundo Alecrim (2009), a grande vantagem da utilização da simulação computacional em redes de comunicação, é que esta se permite reiniciar a qualquer momento e a possibilidade de estudo de vários cenários de forma rápida e muitos desses cenários ainda não experimentados na prática.

Freitas Filho (2008), afirma que são inúmeros os sistemas aptos à modelagem e simulação, como as redes de comunicação em sistemas computacionais, o que viabiliza o objetivo deste trabalho que é modelar e simular um sistema telefônico, utilizando o software Arena®12 para uma análise de dados relacionados ao estudo do tráfego telefônico, permitindo-se observar e avaliar diversos parâmetros tais como número de chamadas oferecidas ao sistema, número de chamadas perdidas, grau de serviço, etc.

## 2. TEORIA DE TRÁFEGO TELEFÔNICO

A teoria de tráfego telefônico é uma área de estudos que tem muita relevância no dimensionamento de sistemas telefônicos. Realizando um bom estudo de tráfego pode-se determinar o número de troncos necessários para atender a uma determinada demanda de tráfego, e assim calcular a relação entre as chamadas perdidas e o total de chamadas em um determinado período de observação (LEITE e RANGEL, 2011).

A Teoria de Tráfego Telefônico, um ramo da Teoria de Filas, é uma solução para os problemas de dimensionamento. Esse método foi desenvolvido inicialmente por A. K. Erlang no começo do século XX, e envolve cálculos matemáticos com certo grau de complexidade, bem como pesquisas em tabelas e gráficos.

Segundo Alencar (2011), Erlang é uma unidade medida de intensidade de tráfego, definida como o número médio de ocupações simultâneas durante um período definido. A intensidade de tráfego telefônico pode ser calculada como volume de tráfego / tempo de observação.

De acordo com Jeszensky (2004), o volume de tráfego num intervalo de tempo T, corresponde ao tempo total de ocupação de todas as linhas, no intervalo T.

Segundo Alencar (2011), o planejamento e dimensionamento dos sistemas telefônicos, são realizados para que o escoamento do tráfego se realize sem dificuldades, ou seja, que as chamadas solicitadas pelos assinantes tenham alta probabilidade de sucesso inclusive nas horas de maior movimento (HMM).

Para Ferrari (2005), denomina-se hora de maior movimento, o período contínuo de 60 minutos em que o tráfego é máximo.

Usualmente o cálculo de tráfego telefônico é realizado através de tabelas e fórmulas matemáticas complexas. A quantidade de troncos e equipamentos de comutação, que atendam ao fluxo do tráfego telefônico são dimensionados em função das estatísticas da hora de maior movimento de um dia, semana, mês ou ano, da temporada de maior tráfego.

Um sistema de perdas, caracteriza-se pelo fato de uma ligação oferecida ser rejeitada, quando esta não for estabelecida imediatamente, devido a um bloqueio. *Erlang* usou a distribuição estatística de Poisson para realizar o cálculo da probabilidade de bloqueio. Um dos resultados de seus estudos é sintetizado pela fórmula *B* de *Erlang*, ou fórmula de perda de *Erlang*, conforme Equação 1.

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Equação 1- Fórmula B de Erlang

Onde:

(A) Intensidade de Tráfego Oferecido;

(N) Número de circuitos de saída;

(B) Probabilidade de perda de chamadas.

Quando a demanda de uma conexão não é processada imediatamente, pode-se dizer que a chamada é de espera ou é demorada. Segundo Jeszensky (2004), no sistema de espera, uma chamada oferecida, que não é processada imediatamente devido a um bloqueio, poderá aguardar até que a conexão possa ser completada. Para os tempos de espera que se apresentam neste caso, é importante conhecer a seqüência pela qual as chamadas oferecidas são processadas, isto é, na seqüência de sua chegada ou de forma aleatória. *Erlang* usou a Teoria de Filas para chegar à fórmula, que é conhecida como fórmula *C* de *Erlang* ou fórmula de atraso de Erlang que pode ser observada na Equação 2.

$$P(> 0) = \frac{\frac{N}{N-A} \frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{N}{N-A} \frac{A^N}{N!}}$$

Equação 2- Fórmula C de Erlang

Onde:

(A) Intensidade de Tráfego Oferecido;

(N) Número de circuitos de saída;

(P) Probabilidade de haver fila;

A engenharia de tráfego tem por objetivo projetar um sistema que satisfaça as necessidades do assinante a um custo razoável. Para Ferrari (2005) dimensionar um sistema de tráfego é calcular o número de meios necessários para escoar o tráfego oferecido.

Para analisar o problema de tráfego, é necessário conhecer:

- Como varia o tráfego oferecido ao longo da hora de maior movimento;

- Quais fatores influem nas perdas de um sistema.

Usualmente, nas Empresas Operadoras de Serviços de Telecomunicações dimensiona-se o número de troncos nas rotas finais de modo que a relação entre o tráfego perdido e o tráfego oferecido não seja superior a um limite, conceitualmente denominado grau de serviço (Moreno 1999). Este pode ser calculado da seguinte forma (chamadas não completadas) / (chamadas oferecidas). O grau de serviço, então, mede a eficiência do sistema telefônico. Quanto menor este valor mais eficiente é considerado o sistema em observação.

Em um projeto de um sistema que ofereça um bom grau de serviço, precisa-se saber como esse tráfego variou ao longo do tempo em que foi observado: dia, semana, mês, ano, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1-Variações de tráfego. Fonte: Adaptado de Alencar (2011).

A Figura 1 apresenta a variação do tráfego telefônico ao longo de 24 horas de funcionamento de um sistema telefônico. Pode-se observar que entre 9 e 10 horas é o período onde este tráfego tem uma maior intensidade, assim o estudo de tráfego deve ser realizado neste período.

### 3-DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Para Alencar (1998), os sistemas telefônicos são planejados para que as chamadas realizadas pelos assinantes tenham alta probabilidade de sucesso, mesmo nos períodos de maior movimento. Assim esses sistemas operam de maneira a garantir que somente uma porcentagem muito pequena das ligações solicitadas não sejam atendidas imediatamente na Hora de Maior Movimento. Portanto não se consegue garantir que todas as chamadas serão atendidas quando se quer, admitindo-se então certa probabilidade de bloqueio das chamadas, e classificando os sistemas de telefonia em dois:

- a) Sistemas em espera (quando as chamadas bloqueadas entram em uma fila de espera);
- b) Sistemas com perdas (quando as chamadas bloqueadas são descartadas).

O processo de atendimento das chamadas em um sistema com perdas ocorre por meio das seguintes etapas, conforme descrito na Figura 2. Onde o sistema funciona como descrito nas etapas a seguir:

- 1- As chamadas oferecidas chegam a central telefônica quando um cliente faz uma ligação.
- 2- A central telefônica recebe todas as chamadas oferecidas.
- 3- Quando todos os troncos estão ocupados as chamadas são perdidas provocando o bloqueio desta chamada.
- 4- Quando a chamada oferecida encontra um tronco livre a chamada é cursada pela central, ocupando um tronco até que ocorra o encerramento da chamada.

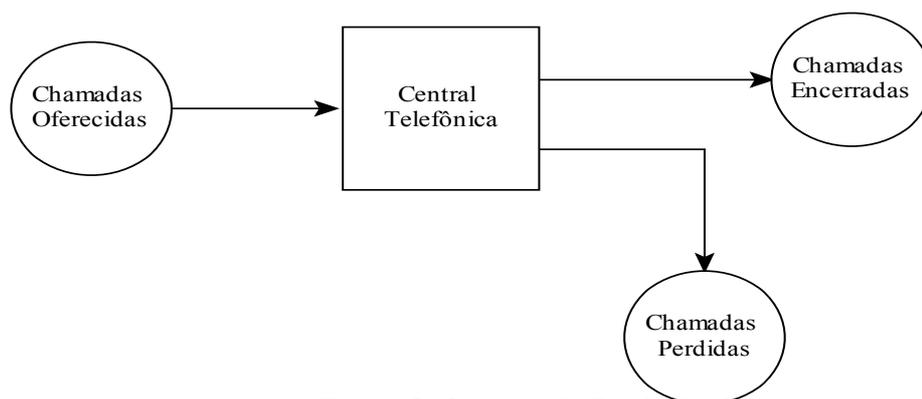


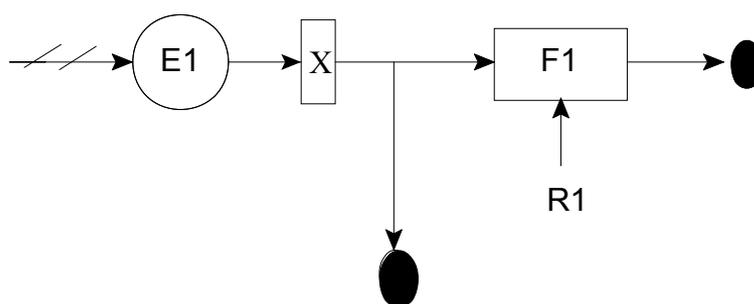
Figura 2- Sistema de Perdas

#### 4- MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação do sistema aqui proposto foi realizado sob a orientação da metodologia proposta por Freitas Filho (2008), com os seguintes passos: formulação e análise do problema; planejamento do projeto; formulação do modelo conceitual; coleta de macro-informações e dados; tradução do modelo; verificação e validação; projeto experimental; experimentação; interpretação e análise estatística dos resultados; comparação e identificação das melhores soluções; documentação e apresentação dos resultados. O modelo foi construído considerando um período de tempo pré-estabelecido para o início e término das operações, definindo assim, o modelo como um sistema terminal (CARSON, 2004). Durante a verificação e validação do modelo foi seguida a orientação metodológica proposta por Sargent (2009).

Segundo Alencar (2011), é usual que seja utilizada a distribuição exponencial nos casos em que a duração das chamadas for determinada essencialmente pelo comportamento do assinante. Já quando a chegada das chamadas se dá de forma completamente aleatória a distribuição de Poisson é recomendada para a modelagem. Assim neste trabalho foi utilizada uma função exponencial para o tempo de duração das chamadas e Poisson para a chegada das chamadas.

Utilizaram-se os elementos do IDEF-SIM (MONTEVECHI, 2010) para descrição do respectivo sistema, conforme pode ser visto na Figura 3, onde se tem representado o sistema telefônico proposto neste trabalho.



Símbolo	Legenda	Parâmetro
E1	Entidade: Chegada das chamadas (entradas)	Expressão: Poisson (10)(s)
F1	Atendimento: Central Telefônica	Expressão: Expo (90)(s)
R1	Recurso: Linhas Telefônicas	Quantidade: 10(um)

Figura 3-Modelo Conceitual em IDEF-SIM com Legenda

O modelo conceitual do sistema foi traduzido para o *software* Arena®12 para realização das simulações computacionais que foram realizadas com 5 replicações realizadas cada uma durante um tempo de observação de 65 segundos .

A Figura 4 apresenta o modelo de simulação desenvolvido no *software* Arena®12.

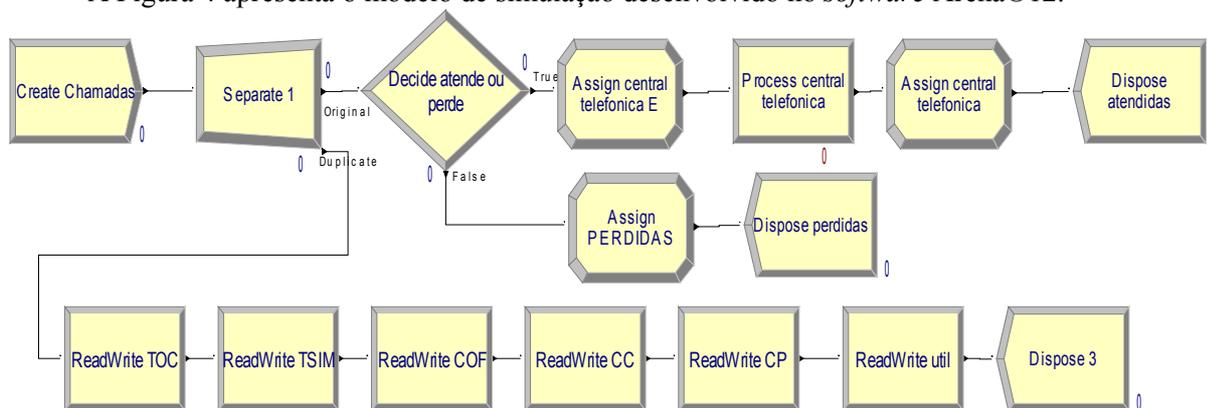


Figura 4- Modelo em Arena

### 5- ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obtenção dos valores dos resultados foi realizada uma coleta de dados da simulação através da comunicação do software de simulação utilizado e o *microsoft excel 2007*.

O Quadro 1 descreve alguns fatores importantes para a realização da análise de resultados.

TSIM	Tempo de simulação
TMO	Tempo Médio de ocupação dos troncos
COF	Chamadas oferecidas ao sistema
CC	Chamadas cursadas pela central
CP	Chamadas perdidas
UTIL	Utilização dos troncos

Quadro 1-Fatores relevantes para a análise de tráfego

Para a experimentação dos resultados obtidos com a simulação foi utilizada estratégia de experimentação do tipo projeto fatorial  $2^k$  descrita em detalhes em Freitas Filho (2008), onde se altera um dos dois níveis de um fator (k) por vez, mantendo-se os demais fixos. A ideia é iniciar os experimentos com uma configuração típica (a mesma utilizada na validação do modelo) para todos os fatores e depois

alterarem-se os níveis de um fator de cada vez nos experimentos sucessivos. Deve-se ainda observar os resultados obtidos nas variáveis respostas selecionadas.

Um dos objetivos deste trabalho foi calcular o grau de serviço, e outros elementos relacionados ao funcionamento da central de atendimento. Para uma mesma quantidade de chamadas recebidas, os fatores que influenciam diretamente nestes cálculos são o tempo de duração das chamadas e a quantidade de troncos disponíveis para o encaminhamento destas chamadas. Por isso os fatores escolhidos são os indicados na Tabela 1.

Tabela 1- Fatores e Níveis

Fatores	Nível 1	Nível 2
Número de troncos (um)	10	15
Chegada das chamadas	Expressão: Poisson (10)(s)	Expressão: Poisson (10)*1,5(s)

O nível um representa a situação atual do sistema, ou seja, os valores utilizados para validação do modelo. Enquanto o nível dois representa valores propostos para o modelo com um aumento de 50 % para o número de troncos e um aumento na mesma proporção para o tempo entre chegadas das chamadas.

Na Tabela 2 tem-se descritos os cenários que foram utilizados nas simulações computacionais com 2 fatores e dois níveis para cada um desses fatores, resultando em um total de 4 cenários (ou seja,  $2^2$ ).

Tabela 2- Descrição dos cenários simulados.

Cenários	Número de atendentes	Tempo entre chegadas
1	Nível 1	Nível 1
2	Nível 1	Nível 2
3	Nível 2	Nível 1
4	Nível 2	Nível 2

O cenário um representa a situação inicial do sistema real, enquanto que os cenários dois, três e quatro, são propostas de alterações no número de troncos e no tempo entre chegadas das chamadas.

Os resultados obtidos para cada cenário durante a simulação estão apresentados na Tabela 3, onde podem ser observados os valores das variáveis respostas para cada cenário.

Tabela 3- Resultados obtidos em cada cenário

	TRÁFEGO	TRÁFEGO	TRÁFEGO	GRAU DE	TMO	COF	CC	CP
Cenário	OFERECIDO	CURSADO	PERDIDO	SERVIÇO	(min)	(um)	(um)	(um)
	(ERL)	(ERL)	(ERL)	(%)				
1	8,69	8,59	0,09	9,61	1,43	364	329	35
2	5,41	5,4	0,012	0,82	1,34	242	240	2
3	8,53	8,53	0	0	1,41	364	364	0
4	5,36	5,36	0	0	1,38	242	242	0

Analisando a Tabela 3, pode-se observar os resultados obtidos em cada cenário a partir da simulação, como a seguir:

- 1- No cenário 1, onde se mantém a situação inicial proposta para este trabalho, observa-se um grau de serviço de 9,61 % e um tempo de ocupação médio de 1,43 minutos, para uma demanda oferecida a central de 364 ligações. Sendo que deste total 329 chamadas são atendidas e 35 perdidas, o que ocasiona 8,69 Erlangs de tráfego oferecido à central, onde 8,59 deste tráfego é cursado e 0,09.
- 2- No cenário 2 onde se faz um aumento de 50% no tempo entre chegadas, observa-se uma diminuição na quantidade de chamadas oferecidas e conseqüente diminuição do tráfego oferecido. Pode-se observar ainda uma diminuição acentuada no grau de serviço, já que a quantidade de chamadas diminui.
- 3- O cenário 3 se caracteriza pela ocorrência do aumento de 50 % (em relação ao cenário 1) do número de troncos destinados a atender a demanda oferecida à central, pode-se observar neste cenário que a quantidade de troncos propostos é suficiente para garantir um grau de serviço de 0 %, o que é a condição ideal de funcionamento do sistema, pois assim não ocorrem chamadas perdidas.
- 4- O que caracteriza o cenário 4 é o fato de se realizar um aumento de 50 % no número de troncos e um aumento de 50 % no tempo entre chegadas, provocando uma diminuição na quantidade de chamadas oferecidas ao sistema. Com isso os resultados mostraram que nesta situação o grau de serviço é de 0 %, ou seja todas as chamadas oferecidas são atendidas.

Uma metodologia utilizada para dimensionamento de centrais telefônicas é a utilização das calculadoras de *Erlang*. O uso de tais calculadoras se torna importante quando estas substituem a necessidade de cálculos matemáticos complexos. Porém, as calculadoras não consideram a aleatoriedade característica dos sistemas telefônicos, enquanto que a simulação considera tal aleatoriedade. A calculadora utilizada neste trabalho pode ser encontrada em [www.erlang.com.br](http://www.erlang.com.br).

Os dados utilizados para a análise de tráfego através das calculadoras de *Erlang* foram os mesmos extraídos do sistema simulado no cenário 1 descrito na Tabela 3. Serão usadas 3 calculadoras, sendo uma para análise de bloqueio, outra para análise da demanda tráfego oferecido à central e por fim deve-se utilizar uma calculadora específica para calcular a quantidade de troncos. A Figura 5 mostra a utilização da calculadora para cálculo de demanda.

Calculadora de Demanda		
Ligações	TMA (min)	Demanda (Erlangs)
<input type="text" value="364"/>	<input type="text" value="1,43"/>	<input checked="" type="radio"/> Calcular <input type="text" value="8,6753333333"/>
<b>CALCULAR DEMANDA</b>		

Figura 5-Calculadora de Erlang para cálculo de demanda. Fonte: www.erlang.com.br.

Para a utilização da calculadora mostrada na Figura 5 faz-se necessário inserir a quantidade de ligações recebidas pela central telefônica e também o tempo médio de atendimento médio das chamadas em minutos. Após a inserção destes dados deve-se solicitar o cálculo da demanda. Para isso basta clicar no botão calcular demanda que o resultado é mostrado no campo demanda (*Erlangs*).

Outra calculadora utilizada para realizar análise de tráfego telefônico é a calculadora de *Erlang* para cálculo de bloqueio. Este calculadora pode ser observada na Figura 6.

Calculadora de Percentual de Bloqueio		
Demanda (Erl.)	Troncos	Ocupado (%)
<input type="text" value="8,69"/>	<input type="text" value="10"/>	<input checked="" type="radio"/> Calcular <input type="text" value="15,35%"/>
<b>CALCULAR PERCENTUAL DE SINAL DE OCUPADO</b>		

Figura 6-Calculadora de Erlang para cálculo de percentual de bloqueio. Fonte: www.erlang.com.br

Quando se quer utilizar a calculadora da Figura 6 deve-se inserir a demanda em *Erlangs* e a quantidade de troncos, para depois da inserção destes dados solicitar o cálculo do bloqueio que aparece no campo Ocupado (%).

Tem-se ainda a calculadora para cálculo da quantidade de troncos para atender a certa demanda de forma que seja garantido um grau de serviço desejado. A Figura 7 mostra a utilização da calculadora para cálculo de troncos.

Calculadora de Troncos		
Demanda (Erl.)	Ocupado (%)	Troncos
<input type="text" value="8,69"/>	<input type="text" value="9,88"/>	<input checked="" type="radio"/> Calcular <input type="text" value="13"/>
<b>CALCULAR TRONCOS</b>		

Figura 7- Calculadora de Erlang para cálculo de troncos. Fonte: www.erlang.com.br

Para se utilizar a calculadora demonstrada na Figura 7 faz-se necessário inserir a demanda e o percentual de bloqueio. Após a inserção destes dados deve-se solicitar o cálculo da demanda que aparece no campo troncos.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos pela análise realizada pela calculadora de *Erlang* para os quatro cenários propostos neste trabalho.

Tabela 4- Análise de tráfego realizada pela calculadora de Erlang.

Cenário	TRÁFEGO OFERECIDO (ERL)	GRAU DE SERVIÇO (%)	TRONCOS (um)	TMO (min)	COF (um)
1	8,67	15,35	11	1,43	364
2	5,4	2,71	13	1,34	242
3	8,55	1,43	17	1,41	364
4	5,56	0,04	13	1,38	242

Analisando a Tabela 4, pode-se observar os resultados obtidos em cada cenário a partir da calculadora de Erlang como segue:

1- Com a utilização da calculadora de *Erlang* o sistema proposto neste trabalho apresenta no cenário 1 uma demanda de 8,67 *Erlang* com 11 troncos sendo utilizados, provocando uma taxa de bloqueio de 15,35%.

2- No cenário 2 tem-se um tráfego de 5,4 Erlangs , 13 troncos e 2,71% de grau de serviço para 242 chamadas e um tempo médio de ocupação de 1,34 minutos.

3- No cenário 3 com 364 chamadas oferecidas a central com um TMO de 1,41minutos tem-se 8,55 Erlangs de tráfego oferecido, 17 troncos e um grau de serviço de 1,43%.

4- O cenário quatro com 242 chamadas chegando a central com tempo médio de ocupação de 1,38 minutos, o tráfego será de 5,56 ERL com 13 troncos e grau de serviço de 0,04%.

A Tabela 4 apresenta a comparação realizada entre os resultados obtidos através do modelo de simulação e pela calculadora de *Erlang*.

Tabela 5-Comparação Simulação X Erlang (%)

Parâmetro	Diferença Relativa (Simulação X Erlang)			
	Cenário	Simulação	Erlang	Simulação X Erlang
Demanda (ERL)	1	8,69	8,67	0,23
	2	5,41	5,4	0,18
	3	8,53	8,55	0,23
	4	5,36	5,56	3,73
Troncos(um)	1	10	11	10
	2	10	13	30
	3	15	17	13,3
	4	15	13	13,3
Grau de serviço (%)	1	9,61	15,35	59,73
	2	0,82	2,71	230,49
	3	0	1,43	NA
	4	0	0,04	NA

Como pode ser observado na Tabela 5, quando se trata da demanda, a diferença relativa entre os resultados obtidos pela simulação e a calculadora de *Erlang* é bastante pequena em todos os cenários, sendo ligeiramente maior no último cenário.

No que diz respeito a quantidade de troncos, essa diferença é acentuada nos 4 cenários, chegando a 30 % no cenário 2. Pode-se ainda observar que os valores da calculadora de Erlang são superiores aos resultados da simulação na maioria das vezes.

A diferença relativa do percentual de bloqueio entre os resultados da simulação e a calculadora de *Erlang* é grande nos cenários 1 e 2 sendo os resultados da calculadora de erlang maiores que os resultados da simulação, enquanto que nos cenários 3 e 4 estes calculos não pederão ser realizados pois os resultados da simulação apontam para grau de serviço igual a zero.

## CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um Modelo de Simulação, para a análise do processo de atendimento de chamadas em uma central telefônica, com sistema de perdas.

O modelo permitiu verificar diversos parâmetros referentes ao estudo de tráfego telefônico, dentre eles o número de chamadas perdidas e oferecidas e também o grau de serviço.

Os resultados da simulação quando comparados com os resultados da calculadora de Erlang se apresentam muito próximos quando comparados a demanda e a quantidade de troncos, porém o grau de serviço apresenta valores com grandes diferenças. Isto provavelmente ocorre devido ao fato de a simulação considerar a quantidade de chamadas perdidas pelo sistema em estudo para realizar tal cálculo e a calculadora de *erlang* utilizar como parâmetro o tráfego telefônico e a quantidade de troncos, como pode ser visto na Equação 1.

A simulação se mostrou mais eficiente que a calculadora de *Erlang*, já que permitiu analisar o funcionamento de todo o sistema e considerar os tempos de atendimento e de chegada de todas as chamadas que foram oferecidas e atendidas pelo sistema, quantidade de chamadas oferecidas, atendidas e perdidas pelo sistema assim como a aleatoriedade característica dos sistemas de telefonia.

Outras comparações não puderam ser realizadas já que a calculadora de *Erlang* apresenta como resultados apenas o número de troncos, o grau de serviço e a demanda do sistema, enquanto que o uso da simulação permitiu mensurar diversos fatores do sistema.

## REFERÊNCIAS

ALECRIM, Paulo Dias de. Simulação Computacional para redes de computadores. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

ALENCAR, Marcelo Sampaio de. Telefonia digital. 5. ed. São Paulo: Erica, 2011.

BANKS, J.; CARSON, J. S; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. Discrete-Simulation 5nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

CARSON, John S. Introduction to modeling and simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2004, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. R.G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, 2004. p. 9 – 16.

FERRARI, Antonio Martins. Telecomunicações, evolução e revolução. 8. ed. Rio de Janeiro: Erica, 2005.

FREITAS FILHO, P. J. Introdução a modelagem e simulação de sistemas. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual, 2008.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. Sistemas Telefônicos. Barueri, Sp: Manole, 2004.

LEITE, O. S.; Rangel, J. J. A. Um modelo de simulação de tráfego telefônico sainte. Encontro Mineiro de Engenharia de produção – VII- EMEPRO, São João del Rey- MG, 2011.

MONTEVECHI, J. A. B.; Leal, F. Pinho, A. F. de; COSTA, R. F. S; OLIVEIRA M. L. M; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted idef: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, p 1624- 1635, 2010.

MORENO, A. O. Avaliação de mecanismos de controle do grau de serviço. Encontro Nacional de Engenharia de Produção –XIX ENEGEP, Rio de Janeiro-RJ,1999.

SARGENT, R. G. Verification and Validation of Simulation Models. In: *Winter Simulation Conference*, Austin, TX, USA. p. 162-176, 2009.