



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### Planejamento de Operação e Logística de Atendimento

<b>Magda Magro</b>	<b>Henrique Kagan</b>	<b>Alexandre Gil da Rosa</b>
MAG – Assessoria Empresarial	EPUSP/ENERQ	AES Sul
<a href="mailto:magmag@qbnet.com.br">magmag@qbnet.com.br</a>	<a href="mailto:henkagan@uol.com.br">henkagan@uol.com.br</a>	<a href="mailto:alexandre.rosa@aes.com">alexandre.rosa@aes.com</a>
<b>Lucas Thadeu O. da Luz</b>	<b>Marcos Gundel</b>	<b>James Fernandes</b>
AES Sul	AES Sul	AES Sul
<a href="mailto:lucas.luz@aes.com">lucas.luz@aes.com</a>	<a href="mailto:marcos.gundel@aes.com">marcos.gundel@aes.com</a>	<a href="mailto:james.fernandes@aes.com">james.fernandes@aes.com</a>

#### PALAVRA-CHAVE

Alocação de recursos, dimensionamento de equipes, gestão de equipes, padronização e simulação.

#### RESUMO

O dimensionamento adequado das equipes que fazem o atendimento dos serviços comerciais, técnicos e emergências contribui para a qualidade dos serviços prestados pelas empresas com o menor custo possível. Desenvolveu-se o software DIMEQ (Dimensionamento de Equipes) para a modelagem do sistema de atendimento de incidências, atividades comerciais e técnicas, dadas a complexidade e grande aleatoriedade inerentes aos processos e variáveis envolvidas. A ferramenta utiliza técnica de simulação discreta através de método de Monte Carlo, atribui e prioriza serviços realizados pelas equipes, dada uma região de atendimento, representada por um conjunto de municípios, um período sazonal, uma seleção de padrões climáticos, uma configuração de equipes de serviço distribuídas em escalas ao longo do dia. Os resultados da simulação consistem em distribuições de frequência de indicadores técnicos representados por tempos de atendimento gerais e por tipo de serviço; estas fornecem parâmetros importantes relacionados à qualidade dos serviços de fornecimento de energia prestados pela concessionária.

No artigo apresenta-se um estudo de caso em uma região da empresa composta de onze municípios.

#### 1. INTRODUÇÃO

A AES Sul é uma empresa de distribuição de energia elétrica que atende 1.090.000 clientes em 129 municípios em uma área de concessão de 99.512 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul (Fonte AES SUL – Setembro 2007). Como a área de concessão é extensa a empresa presta seus serviços através de 14 coordenações operacionais distribuídas geograficamente pela área de concessão. Em cada

coordenação há equipes de eletricitas, subdivididas em equipes leves e pesadas, para atender a demanda dos serviços emergenciais, comerciais e técnicos.

Neste artigo demonstraremos um estudo de caso para dimensionamento e alocação de equipes leves e pesadas em uma coordenação operacional informando a quantidade de equipes existentes, o histórico dos serviços realizados e os resultados operacionais.

A AES Sul possui a concessão de distribuição de energia elétrica cujo órgão regulador é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A continuidade dos serviços é definida através de indicadores técnicos cujas metas foram utilizadas como requisitos para o dimensionamento das equipes. Com isso, os tempos de atendimento definidos pelos indicadores de continuidade, pela ANEEL, quando ultrapassam a meta, geram multas a concessionária.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Serão apresentados nessa etapa os momentos que contemplaram o desenvolvimento do software de dimensionamento de equipes, bem como, o estudo de caso realizado.

### 2.1. Padronização de tarefas, serviços e tempos

Os serviços foram classificados para a base de estudo. A classificação dos serviços está identificada em:

- Ordem de Serviço (OS): comercial e técnica.

As Ordens de Serviços Comerciais e Técnicas possuem características diferentes, entretanto, ambas são fundamentais para a prestação dos serviços da concessionária. As OS's comerciais referem-se aos serviços de ligação, corte, suporte técnico, e possuem prazos legais e estatutários. As OS's Técnicas referem-se a serviços de manutenção preventiva da rede elétrica;

- Ordem de Trabalho (OT): emergência;

As Ordens de Trabalho das emergências são geradas por anomalias na rede de distribuição de energia elétrica com ou sem falta de energia. Por exemplo: risco a segurança pública, falta de energia ou eventos programados de manutenção.

- Atividades: são ações pertencentes ao dia-a-dia das equipes, como abastecer veículo, reunião de segurança, treinamento, etc.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as priorizações de atendimento em função de prazos e horários de cada ordem de serviço.

Tabela 1 – Grupos de OS's e Atividades.

<b>Grupos</b>	<b>Prioridade de Atendimento</b>	<b>Prazos de Atendimento</b>	<b>Horários de Atendimento</b>
Grupo A (Comercial)	6	24 horas	8:00 – 18:00hs
Grupo B (Comercial)	7	48 horas	8:00 – 18:00hs
Grupo C (Comercial)	8	72 horas	8:00 – 18:00hs
Grupo D (Comercial)	9	120 horas	8:00 – 18:00hs
Grupo E (Comercial)	10	240 horas	8:00 – 18:00hs
Grupo F (Comercial)	11	720 horas	8:00 – 18:00 hs
Grupo G (Técnica)	12	720 horas	8:00 – 18:00 hs
Grupo H (Atividades)	6	24 horas	8:00 – 18:00 hs

Tabela 2 – Grupo de OT.

<b>Grupo OT</b>	<b>Prioridade de Atendimento</b>	<b>Prazos de Atendimento</b>	<b>Horários de Atendimento</b>
Ocorrência de Perigo	1	Imediato	24 hs
Alimentador	2	Imediato	24 hs
Chave	3	Imediato	24 hs
Transformador	4	Imediato	24 hs
Fornecimento	5	Imediato	24 hs

As Ordens de Serviço e de Trabalho são constituídas de tarefas padronizadas contidas em documento chamado Manual do Eletricista Multitarefa. Todos os eletricitistas da empresa receberam treinamento para a utilização desse manual em campo. Os tempos destas tarefas foram definidos através de uma série de conferências com especialistas do setor, e monitorados pela empresa para confirmar o parâmetro definido.

### **2.2. Banco de dados e dados de entrada da ferramenta**

Os dados utilizados para a validação da ferramenta e utilização nos estudos foram retirados da base de dados dos serviços comerciais, técnicos e de emergência gerados e executados pelas equipes ao longo dos últimos 2 anos.

Os dados de entrada da ferramenta são:

- Quantidade de equipes leves;
- Quantidade de equipes pesadas;
- Volume de Ordens de Serviço geradas;
- Tempo padrão de execução dos tipos de Ordens de Serviço;
- Tempo de deslocamento (urbano e rural);
- Horários de atendimento dos serviços;
- Atividades (reuniões, abastecimento do veículo e etc..) realizadas pelas equipes leves;
- Volume de Ordens de Trabalho no intervalo de um ano, contendo neste arquivo o tipo de serviço, a equipe que realizou, o tempo de espera para realizar o serviço, o tempo de deslocamento e o tempo de serviço, área urbana ou rural e a condição climática;
- Áreas regionais, totalizando os municípios em que são divididas as coordenações operacionais na empresa;
- Escalas de horários em que as equipes leves e pesadas estão disponíveis a simulação, incluindo horários de sobreaviso;
- Priorização de eventos.

### **2.3. Metodologia aplicada para dimensionamento e alocação**

A modelagem do sistema de atendimento de incidências e atividades comerciais e técnicas, dadas a complexidade e grande aleatoriedade inerentes aos processos e variáveis envolvidos, utilizaram a técnica de simulação discreta através de método de Monte Carlo, de acordo com CASSANDRAS.

O método de Monte Carlo consiste em técnica probabilística ou estocástica que se baseia no uso de números aleatórios (pseudo-aleatórios) e probabilidades para a modelagem de problemas reais, ou seja, transformar um conjunto de números aleatórios em outro conjunto de números (variáveis aleatórias), com a mesma distribuição variável considerada. A figura 1 ilustra o processo para a geração de eventos da variável  $t$  com distribuição de probabilidade conhecida  $F(t)$ , elemento básico no processo de Monte Carlo.

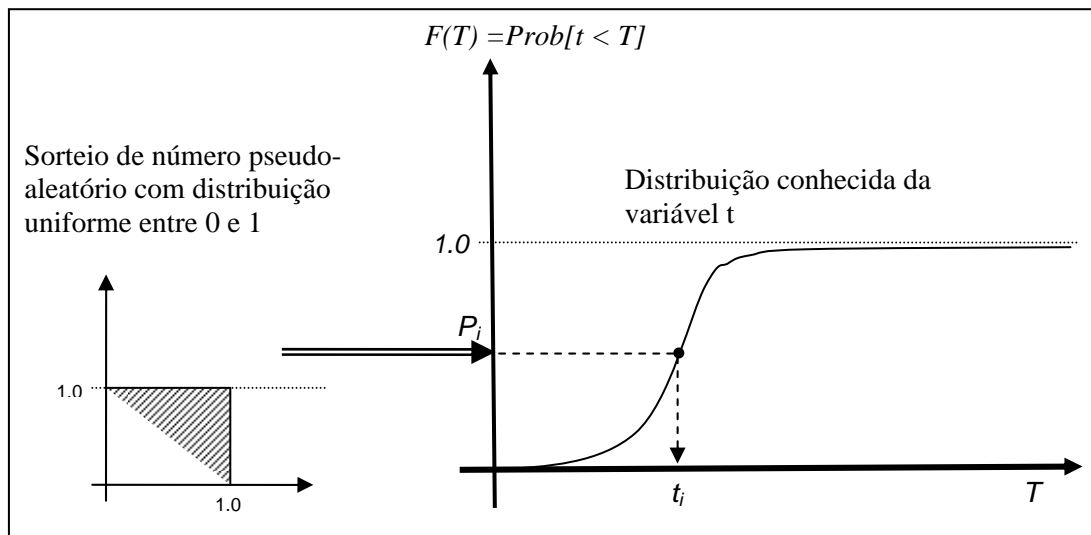


Figura 1 - Geração de eventos discretos no processo de Monte Carlo.

Utilizou-se a construção de histogramas com distribuições relativas cumulativas. Estas variáveis aleatórias são retiradas de um banco de dados existente, com um histórico efetivo de um ano de registro de atendimentos de emergência (Ordens de Trabalho) e o volume de OS' geradas por dia em função de seus prazos.

## 2.4. Simulação e modelagem

### 2.4.1. Conceito

A simulação se constitui em ferramenta de modelagem para a obtenção de respostas sobre questionamentos ao sistema através de dados coletados e de processamentos numéricos. Em particular na simulação discreta as variáveis do sistema evoluem em instantes discretos a partir de eventos. Estes, por sua vez, modificam o estado do sistema como, por exemplo, instantes de ocorrência de incidências em um call-center, instantes de acionamento de equipes e instantes de término do serviço.

As vantagens podem ser enumeradas do uso da simulação discreta, conforme segue:

- Possibilidade de modelagem de sistemas complexos;
- Longo tempo de simulação e de avaliação;
- Auxílio no entendimento de sistemas reais;
- Possibilidades de análise de sensibilidade e otimização de sistemas.

Um problema simples a ser modelado é o atendimento de um pedágio de rodovia com um único posto conforme ilustrado na figura 2. O sistema, neste caso é formado por dois processos e uma ordem de atendimento. O primeiro consiste na chegada dos veículos e o segundo no atendimento. O estado do sistema é composto pelo número de veículos em espera na fila e de variável binária que representa o pedágio ocupado ou desocupado, conforme ilustrado na figura abaixo. A ordem de atendimento dos veículos é o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido, sem prioridade e sem desistências.

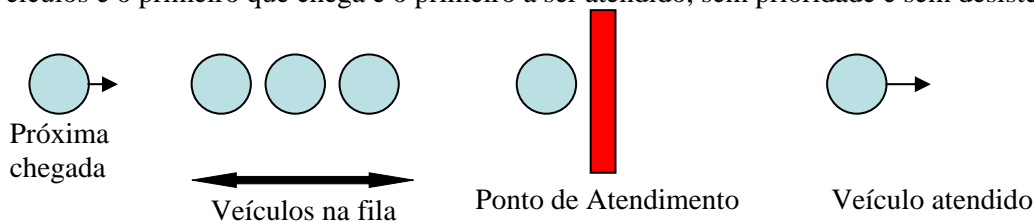


Figura 2 – Demonstrativo de fila e ponto de atendimento.

Para cada evento simulado teremos um tempo de espera e um tempo de atendimento resultantes. Estes eventos são utilizados para a construção das distribuições resposta, no caso de tempos de espera e atendimento. Depois de um número suficiente de eventos simulados em que o sistema atinge a condição de estacionariedade (as distribuições resposta não mudam consideravelmente com a geração de novos eventos) ou que o sistema diverge sistematicamente (taxa de chegada é maior que a taxa de atendimento), neste caso, a simulação é interrompida. As distribuições resposta do tempo de espera e do tempo de atendimento fornecem informações como a média, o desvio padrão, os tempos de atendimento limite associados a uma determinada probabilidade de ocorrência, etc.

#### **2.4.2. Metodologia para a simulação**

A simulação consiste na aplicação do método de Monte Carlo para os processos envolvidos na geração de serviços e no atendimento dos mesmos. Para tal procedeu-se a construção, com base em informação histórica e de bancos de dados, de incidências emergenciais na área de concessão, de um conjunto de histogramas representativos das variáveis aleatórias envolvidas (intervalos entre chegadas de serviço, tempos de reparo, meio do serviço, urbano ou rural, tempos de deslocamento, etc.). Este conjunto de histogramas, representativos do sistema em questão e a definição de um “estoque” de equipes de serviço, cada uma alocada a uma escala de serviço, consistem nos dados de entrada para a simulação do sistema.

A seguir temos etapas descritas da simulação das turmas para o atendimento de Ordens de Trabalho e Ordens de Serviço. As figuras a seguir, estão ilustrando os fluxogramas que descrevem os seguintes processos envolvidos na simulação de atendimento:

- Construção do ambiente de entrada para a simulação;
- Programação de turmas de serviço;
- As etapas da simulação:
  - Fluxograma geral das etapas de simulação;
  - Geração do primeiro *buffer* de eventos e geração de evento por tipo de incidência (emergencial e OS);
  - Etapa de priorização;
  - Etapa de alocação de turmas e geração do tempo de deslocamento da equipe.
- Construção do ambiente de entrada para a simulação.

Os dados de entrada para este processo consistem nas informações dos cenários, tipos de OS e turmas de serviço alocadas por escala que são utilizadas diretamente no módulo de simulação de turmas de emergência e OS. Os cenários são construídos com base em parâmetros, fornecidas pelo usuário, de região, de períodos sazonais e tipos de clima, de configurações gerais, e do conjunto de tipos de serviço e as respectivas equipes necessárias.

A construção do ambiente de entrada para a simulação é descrita através dos fluxogramas apresentados na figura 3 e 4.

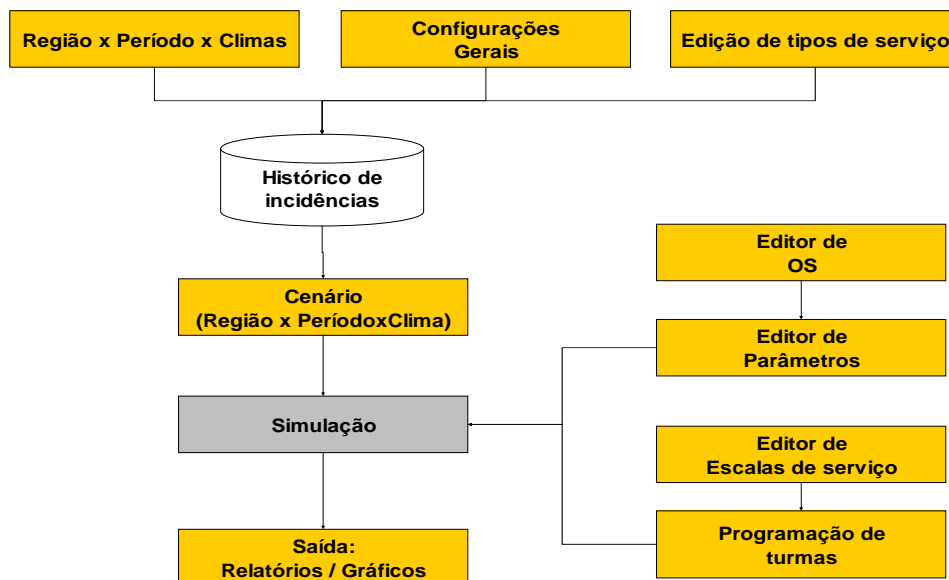


Figura 3 - Fluxograma geral das etapas de construção de ambiente de entrada para a simulação.

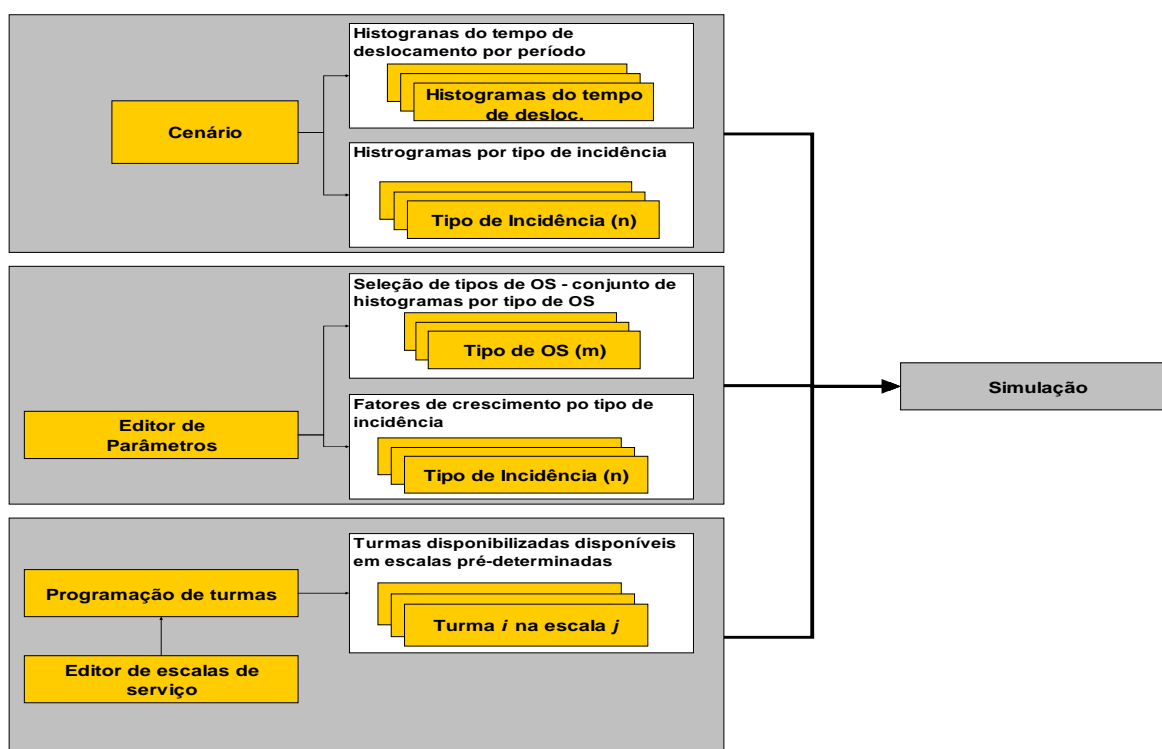


Figura 4 - Dados de entrada detalhados para a simulação do atendimento de incidências de emergência e OS.

Dado um conjunto de turmas de cada tipo (A: leve, H: pesada), a programação de turmas de serviço consiste na discriminação de uma escala de serviço para cada uma delas.

Para cada uma das turmas de serviço disponibilizadas para a simulação é discriminada uma escala disponível no conjunto de escalas de serviços.

- As etapas da simulação

A simulação tem por base a utilização de um *buffer* de eventos com tamanho pré-fixado igual ao número de tipos de incidência (emergenciais e OS). No *buffer* nenhum evento foi atendido. A cada atendimento de determinado evento do *buffer* este é retirado do mesmo, armazenado em banco de dados de incidências simuladas e um novo evento do mesmo tipo é gerado e reposicionado no *buffer*.

As macro-etapas da simulação estão discriminadas abaixo:

- Geração do *buffer* inicial: com o *buffer* inicialmente vazio nesta fase são gerados os eventos iniciais por tipo de incidência;
- Priorização: nesta etapa o próximo evento, integrante do *buffer*, a ser atendido é determinado, conforme Tabela 1 e 2, do item 2.1. deste artigo;
- Alocação de turmas: nesta etapa dado o conjunto de turmas construído anteriormente e dada à configuração da equipe necessária para o atendimento do serviço (p. ex.: AH, AA) as turmas que mais cedo estão disponíveis são alocadas ao evento e o instante de despacho das turmas é definido;
- Tempo de deslocamento da equipe: dado o instante de despacho, nesta fase esta duração é simulada. Esta simulação é realizada através de sorteio de número pseudo-aleatório e da distribuição de tempos de deslocamento referente ao período do instante de despacho;
- Remoção do evento do *buffer*;
- Geração de novo evento;
- Critério de parada: a simulação pode ser interrompida nos seguintes casos:
  - Se a média do tempo de atendimento, composto pelo tempo de espera, tempo de deslocamento e tempo de reparo, por tipo de incidência se estabiliza;
  - Se a média do tempo de atendimento tende a infinito;
  - Se o número máximo de eventos é atingido;
  - Se determinado evento não tem como ser atendido pelas turmas disponibilizadas para a simulação;
- Relatórios e gráficos.

- Geração do primeiro *buffer* de eventos, conforme priorização;

Nesta etapa o *buffer* de eventos é alimentado de um evento por tipo de incidência emergencial e um evento por tipo de OS.

- Geração de evento por tipo de incidência;

Dado um tipo de incidência a geração do evento (correspondente a uma incidência) associado é composta das etapas ilustradas na figura abaixo:

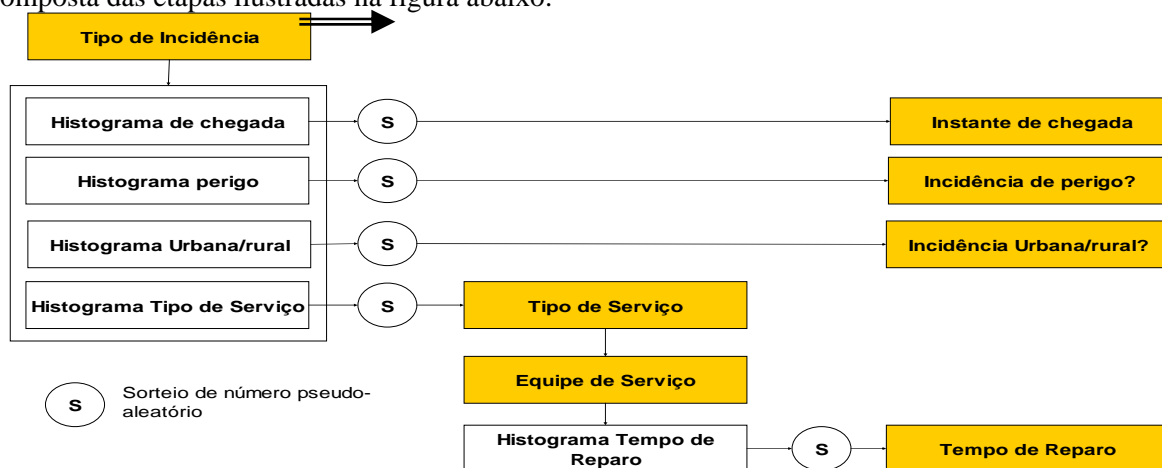


Figura 5 - Geração de evento para um tipo de incidência.

- Ordenação do *buffer* de eventos;

Nesta etapa, dados os índices de prioridades originalmente definido nas configurações gerais e dado que alguns eventos têm caráter de perigo, tendo sua prioridade elevada acima do restante dos eventos, os eventos são ordenados em ordem decrescente de prioridade.

- Etapa de alocação de turmas e geração do tempo de deslocamento da equipe;

Nesta etapa, a próxima incidência de um determinado tipo (emergencial ou comercial) a ser atendida é alocada para uma equipe de atendimento cuja configuração é dada pelo tipo de serviço e a composição de turmas requerida. Esta turma pertence ao conjunto de turmas por tipo e por período definidas na etapa de criação de turmas de atendimento por período apresentada anteriormente.

Este procedimento tem por objetivo a definição do instante de início de despacho da equipe e a definição das turmas que são alocados ao serviço considerando o estado do conjunto de turmas de atendimento por período e tipo e a incidência a ser atendida.

O estado do conjunto de turmas é definido pelo estado de cada uma das turmas de atendimento. Este é definido pela variável de disponibilidade e pelos instantes de início do despacho e final do atendimento. Cada uma das turmas de atendimento pode estar disponível, ou seja, não alocada a serviços ou executando algum serviço.

Por sua vez as informações necessárias ao evento incidência são: o instante de chegada o tipo de serviço e a configuração de equipes necessária ao atendimento. Estas informações são geradas na etapa “Geração de evento para um tipo de incidência” abordada anteriormente neste trabalho.

A alocação das turmas de atendimento dados os elementos de entrada descritos anteriormente consiste na determinação de um conjunto de turmas de um mesmo período que atendem a configuração de turmas associada à incidência que mais cedo estará disponível. Podem-se destacar as seguintes etapas:

- Verificação da existência de turmas em um dos patamares: nesta etapa é verificado se existem turmas disponíveis para o atendimento da incidência em um dos patamares. Se não existem turmas disponíveis, em nenhum dos períodos ou patamares, a simulação é abortada.
- Determinação do conjunto de turmas e instante de despacho do período  $n$ . Nesta etapa são definidos o subconjunto de turmas e o tempo mínimo de despacho no patamar  $n$ .

## **2.5. Estudo de caso**

A região escolhida para apresentar o estudo de caso com os resultados foi à coordenação operacional de Santa Maria. Essa coordenação é constituída de onze municípios totalizando uma área de 7.857 km<sup>2</sup>, possui 21 equipes leves e 4 equipes pesadas. O período de estudo é de outubro/2006 a setembro/2007. O resultado do indicador técnico de tempo de atendimento ao cliente é de 216 minutos. A meta definida para o período de 2007 era de 130 minutos.

De acordo com o histórico esta coordenação possui uma quantidade média de:

- 132 OS/dia de serviços comerciais dividida em seis grupos em função de prazos de atendimento;
- 8,75 OS/dia de serviços técnicos;
- 25,47 minutos por dia de atividades para cada equipe;
- 64 incidências/ dia de OT (emergência).

Para esta coordenação, as OS's Comercial e Técnica possuem um histórico de 89,63% das ocorrências em áreas urbanas enquanto as 63% das OT's ocorrem em área urbana.

As Figuras 6 e 7 apresentam o volume de Ordens de Trabalho, Serviço e atividades versus a quantidade de equipes que realizaram os serviços neste período.



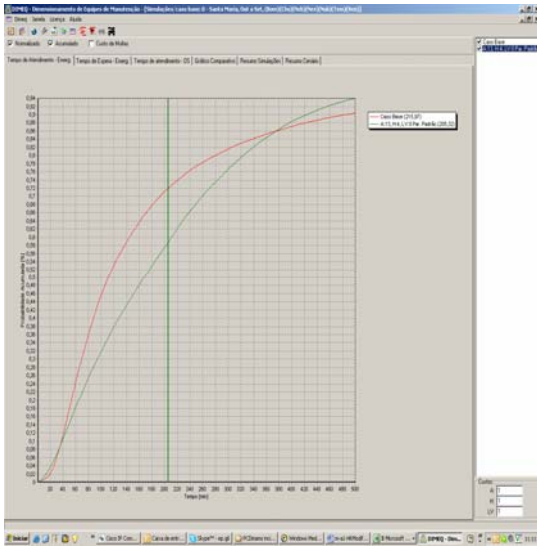


Figura 6 – Curva de atendimento de Ordem de Trabalho, contendo caso base, 13 equipes leves e 4 pesadas na curva verde e 12 leves e 4 pesadas na curva verde (59% em até 205min).

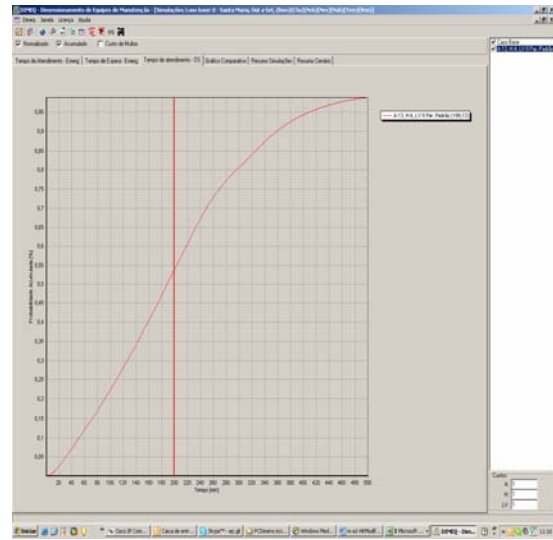


Figura 7 – Curva de atendimento de Ordem de Serviço, contendo caso base, 13 equipes leves e 4 pesadas na curva vermelha (54% em até 199min).

Na simulação, verificou-se que todas as OS's foram atendidas no prazo.

As Figuras 8 e 9 apresentam as curvas de atendimento de Ordens de Trabalho, Serviço e atividades, obtidas de saídas do pacote computacional DIMEQ para o caso em que as equipes leves e pesadas disponíveis da coordenação realizam os serviços definidos para os eletricitas multitarefa. Para esta simulação também todas as OS's foram atendidas no prazo.

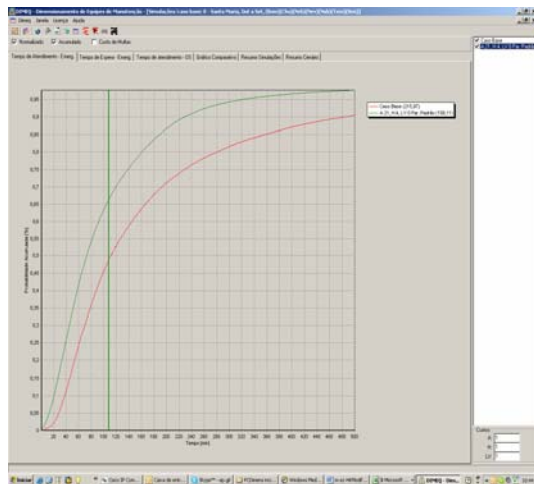


Figura 8 – Curva de atendimento de Ordem de Trabalho contendo o caso base e 21 equipes leves e 4 pesadas na curva verde (66% em até 107 min).

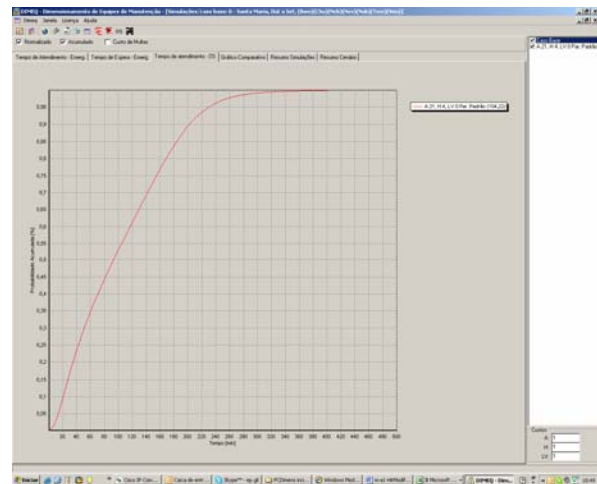


Figura 9 – Curva de atendimento de Ordem de Serviço contendo o caso base e 21 equipes leves e 4 pesadas (54% em até 104 min).

Pode-se verificar na Figura 10, a curva de sensibilidade do tempo de atendimento em função da quantidade de equipes. Verifica-se que para atender os clientes da empresa com o tempo de 130 minutos em área urbana são necessárias 18 equipes.

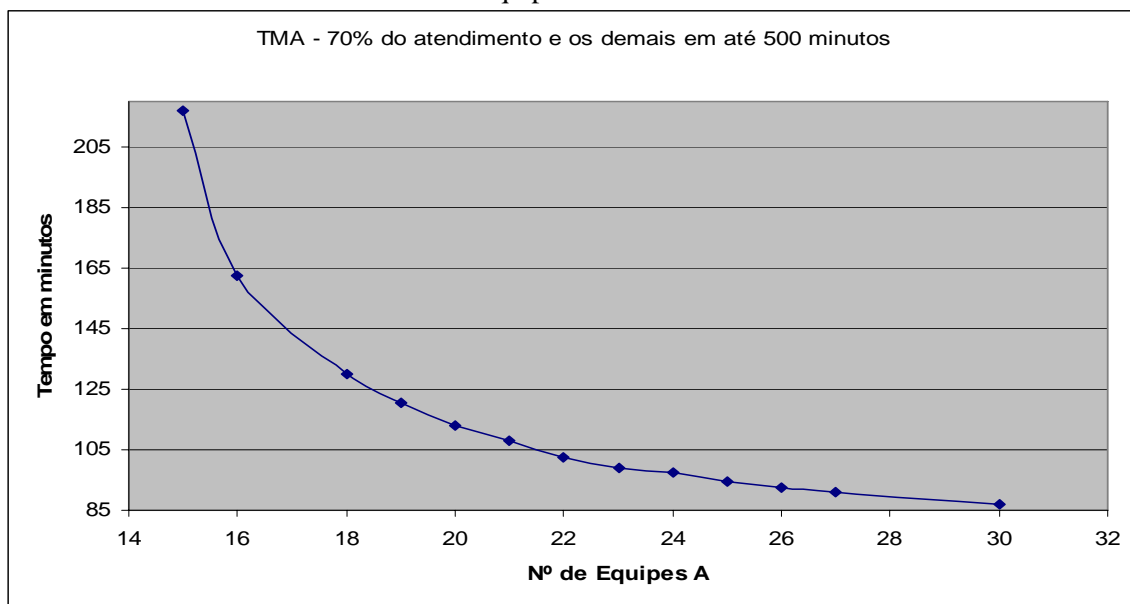


Figura 10 – Curva de sensibilidade.

### 2.5.1. Resultados

Verificam-se no estudo da Figura 6 e 8 que, se utilizarmos as equipes em sua função específica, temos a redução do tempo de atendimento de 215 minutos com 13 equipes multitarefas para 107 minutos com 21 equipes multitarefas para 68% dos atendimentos de emergência enquanto os demais atendimentos 94% são realizados em até 204 minutos, seguindo a priorização e considerando as 4 equipes pesadas existentes na região. Para os demais casos apresentados na Figura 7 e 9, com o tempo de atendimento de Ordens de Serviço no prazo, a simulação registrou a redução do tempo de atendimento de 199 minutos com 13 equipes multitarefas para 104 minutos para 68% dos atendimentos mantidas a mesma quantidade de equipes. Os demais atendimentos são realizados em até 200 minutos para um percentual de 94% seguindo a priorização e atendimento no prazo legal ou estatutário.

Para atendimento da meta, a curva de sensibilidade da Figura 10 mostra que com aproximadamente 18 equipes leves atingiríamos a meta de tempo de atendimento para os indicadores da empresa, liberando um total de 3 equipes leves multitarefa para serem realocadas. Embora nesta curva não esteja contempladas as Ordens de Serviço, registra-se que com 18 equipes o tempo de atendimento das Ordens de Serviço fica 133 minutos para 55% dos casos e os demais atendimentos são realizados em até 400 minutos. Todos os serviços de Ordens de Trabalho; Ordens de Serviço, Comercial e Técnica, estariam atendidos dentro dos prazos legais e estatutários.

O melhor resultado consiste nos diagnósticos apresentados para indicadores de continuidade elétrica onde é possível a identificação dos tempos de atendimento por tipo de equipamento (fornecimento, circuito secundário, chave e alimentador). Estes resultados podem ser relacionados com a quantidade de equipes simuladas proporcionando um importante recurso para a gestão do negócio.

### **3. CONCLUSÕES**

A utilização da metodologia adequada a cada tipo de problema associada ao uso de ferramentas que permitam a aplicação no ambiente empresarial proporcionam excelentes resultados. Pode-se quantificar com mais eficácia o recurso necessário para atender a uma determinada demanda de serviços e também pode-se encontrar modelos de gestão dos recursos que permitam aumento da eficácia dos mesmos.

No exemplo apresentado neste artigo verificou-se que os requisitos dos serviços não estavam sendo atendidos o que, a priori, poderia induzir a uma decisão de aumento dos recursos com impacto nos custos do serviço. A aplicação da metodologia apresentada através da ferramenta Dimeq permitiu encontrar uma alternativa para o despacho dos serviços que permite atender a demanda e os requisitos de performance com os mesmos recursos existentes, portanto, sem aumento dos custos.

A ferramenta permite também avaliar o impacto de cada tipo de serviço na performance geral da unidade possibilitando que sejam tomadas decisões em relação ao processo, tecnologia, etc. que visem à melhoria da performance simultaneamente com a redução dos custos.

O benefício proporcionado pelo Dimeq é significativo porque proporciona a melhoria dos indicadores do serviço com redução dos custos envolvidos no serviço da rede de distribuição que são elevados.

### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E/OU BIBLIOGRAFIA**

AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia, Manual do Eletricista Multitarefa, versão C, Porto Alegre, 2007.

CASSANDRAS, C. G. e LAFORTUNE, S. Introduction to Discrete Event Systems, ed. Kluwer, Boston, 1999.

MAGRO, Magda A. De Bona. Dimensionamento de Equipes Baseado em Modelos de Previsão, Simulação e Alocação: Caso de Uma Empresa do Setor Elétrico. PPGPE – Escola de Engenharia UFRGS, 2003.