

# LOGÍSTICA DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DE ENERGIA ELÉTRICA VIA SIMULAÇÃO

**Neida Maria Patias Volpi (UFPR)**  
neida@ufpr.br

**Volmir Eugênio Wilhelm (UFPR)**  
volmir@mat.ufpr.br

**Maria Terezinha Arns Steiner (UFPR)**  
tere@ufpr.br

**Voldi C Zambenedetti (LACTEC)**  
voldi@lactec.org.br

**Cleverson Luiz da Silva Pinto (COPEL)**  
cleverson@copel.com



*O presente trabalho trata do dimensionamento e da localização de equipes que atendem solicitações de usuários de energia elétrica, assim como da definição de seus turnos de trabalho. A metodologia é baseada em simulação e envolve diversas informações tais como, número de equipes de sobreaviso, cadastro das equipes nas regiões de serviço e matriz de distância entre os centros geográficos das regiões de serviço. O modelo de simulação encontra-se em desenvolvimento e foi previamente avaliado através de uma aplicação na agência Ponta Grossa da COPEL. Foram simulados seis cenários e os resultados são condizentes com a prática, ou seja, a simulação capturou eficazmente os efeitos de alterações em índices de eficiência. Os resultados obtidos, ainda que parciais, indicam uma melhoria nos índices de qualidade do serviço, analisados quando são efetuadas restrições na região de atuação, assim como, alteração no número de equipes.*

*Palavras-chaves: Distribuição de Energia Elétrica, Gestão de Equipes Operacionais, Dimensionamento, Localização, Simulação.*

## 1. Introdução

Uma das atividades de uma empresa de distribuição de energia elétrica é o atendimento às solicitações de serviços comerciais e emergenciais. Por exemplo, na COPEL os serviços comerciais totalizam cerca de 90% das solicitações, já os serviços emergenciais totalizam cerca de 10% das solicitações.

Para facilitar a distribuição de tarefas entre as diversas equipes que fazem o atendimento das solicitações, várias rotas de leitura adjacentes são agrupadas formando as regiões preferenciais de atuação de eletricitas (regiões de serviço). Atualmente, a divisão de cada agência em regiões de serviço, é feita empiricamente, o que pode acarretar em uma divisão não homogênea de tarefas entre as mesmas, fazendo com que cada região de serviço necessite de uma ou mais equipes, dependendo do número de serviços solicitados na mesma.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) impõe às concessionárias de energia elétrica, prazos de atendimento às diversas solicitações dos consumidores, embora a COPEL adote prazos menores como meta. Para que as concessionárias atinjam tais metas, faz-se necessário dimensionar as equipes de trabalho para a execução dos serviços, de forma a não ter excesso ou escassez de equipes por região, visando um atendimento satisfatório aos usuários a um custo reduzido. Além disso, faz-se necessário designar (despachar, distribuir) as equipes aos locais das solicitações de forma que o tempo de deslocamento das equipes disponíveis (e devidamente equipadas) e os referidos locais seja o menor possível, garantindo que os serviços emergenciais solicitados, sejam executados de imediato, e os comerciais, de acordo com as metas estipuladas pela ANEEL/concessionária.

Quando um cliente solicita um atendimento ao *call center* da concessionária, é gerado um documento em um aplicativo gerenciador de solicitações, chamado Gestão de Consumidores (GCO). Neste documento constam o tipo de serviço solicitado e os dados de identificação do cliente, que permitem a localização geográfica e elétrica do mesmo, incluindo os dados da rota de leitura.

As solicitações recebidas pelo *call center* são transferidas para o SOD (Sistema de Operação da Distribuição), utilizado pelos operadores e despachantes de serviço. No caso de solicitações emergenciais, as informações passam por um sistema de análise de reclamações que as agrupam e geram o serviço indicando um provável ponto elétrico defeituoso, no Módulo de Despacho de Serviços Emergenciais do SOD, sob gerência do operador. No caso de serviços comerciais, eles são transmitidos um a um para o Módulo de Despachos de Serviços Comerciais, gerenciado pelo despachante de serviços.

Estes dois módulos do SOD, associam a equipe mais provável para atender a solicitação através da análise da rota de leitura, tendo em vista que as equipes estão distribuídas em regiões de serviço que são formadas por agrupamento de rotas.

De posse destas informações, o despachante de serviços, que as gerencia através do Sistema de Operações de Distribuição (SOD), gera um documento e o envia ao eletricitista escolhido que o receberá através de equipamento de computação móvel que está a bordo do veículo, que

pode ser *trunking*, celular, satélite ou por documento impresso. Ao concluir a tarefa, o eletricitista conclui o documento com dados da execução do serviço.

É fundamental, portanto, para que a concessionária (COPEL) não seja multada devido a excessos de atrasos nos atendimentos aos clientes, que a logística envolvida nos atendimentos seja bem estruturada. Igualmente importante é contar com um número coerente de equipes cadastradas em cada região de serviço, e com turnos de trabalho apropriados. Este processo de determinação do número de equipes e turnos adequados é complexo e dinâmico. A dinamicidade é devido as diferenças nas metas de atendimento e, também, devido aos deslocamentos.

O objetivo deste trabalho é, através do auxílio de simulação computacional, dimensionar o número de equipes e os turnos de trabalho em cada região de serviço. Optou-se por simulação devido a complexidade e a dinamicidade do problema e porque não encontrou-se na literatura métodos analíticos que apresentassem resultados satisfatórios e em uso para esta finalidade. A metodologia proposta procura otimizar o número de equipes, assim como as suas jornadas de trabalho (horários de início e término) e os seus respectivos locais de atuação. A utilização desta metodologia permitirá o atendimento satisfatório aos usuários, a menores custos e com melhorias dos índices de qualidade. A referida metodologia pode ser aplicada a qualquer agência de serviços sendo que, neste trabalho, foi aplicada na agência de Ponta Grossa pertencente à regional Centro Sul.

Portanto, a proposta é fornecer respostas a perguntas do tipo: Que número de equipes é adequado para atender a demanda atual com qualidade e com custo reduzido? De que modo uma variação no número de equipes afeta os índices de qualidade? Para responder estas questões, está sendo desenvolvido um algoritmo de simulação que visa imitar os procedimentos adotados pelo pessoal responsável pela designação das equipes de atendimento. Para testes preliminares, fez-se a implementação do algoritmo de simulação no ambiente de programação do Matlab.

Alguns trabalhos correlatos ao tema aqui proposto são os seguintes: Aoki( 2003) apresenta um projeto do programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Companhia Energética de Brasília (CEB), onde foi desenvolvida uma metodologia para determinar a "melhor" viatura e o "melhor" caminho que este deve efetuar para atender a uma ocorrência; Takeda et al.(2004) apresentam uma análise dos efeitos da descentralização de ambulâncias que operam no sistema de atendimento médico-emergencial (SAMU-192) de Campinas, SP.

Em Barbosa et al(2003) é proposta uma solução para a elaboração e designação de jornadas de trabalho em uma central telefônica de atendimento 24 horas; Siqueira et al.(2004) fazem a otimização na elaboração de jornadas de trabalho para motoristas e cobradores de ônibus que operam em Curitiba, PR. Em Jaumard et al(1998) é proposta a geração de horários de enfermeiros. Já em Thompson(1997) é desenvolvido um método para designar atendentes aos horários de suas preferências. O problema de escala de horários para tripulação de empresas aéreas tem sido abordado por diversos pesquisadores, dentre os quais pode-se destacar: Gamache et al(1999), Hoffman e Padgerg(1993) e Graves et al(1993), dentre outros. Em Rousseau(2000), o autor comenta sobre sua experiência em um contexto regional para o transporte público; Kwan et al(2000) trabalham na construção de horários para condutores.

## 2. O Modelo de Simulação

A designação das equipes para atender solicitações de clientes, depende de diversos fatores, tais como: cadastro prévio das equipes em regiões de serviço, habilitação das equipes, turno de trabalho, horas extras acumuladas por equipe no mês corrente, prioridade do(s) serviço(s) solicitado(s), rota de leitura (que se encontra dentro da região de serviço) e local da ocorrência. Portanto, o processo total de atendimento às solicitações (que envolve escolha, despacho e execução) é dinâmico e complexo e a ferramenta mais apropriada para este fim é a simulação computacional (GORDON, 1978), (LAPIN, 1994).

O algoritmo de simulação visa imitar os procedimentos adotados pelas pessoas responsáveis nas concessionárias que designam equipes de atendimento (CLARKE e DISNEY, 1979). Deste modo, na primeira etapa é importante que as distribuições estatísticas utilizadas para gerar as solicitações por serviços retratem de modo fiel a realidade. Pode-se considerar qualquer número diferente de serviços, por exemplo, emergências com risco, emergências sem risco e ocorrências comerciais. O importante é definir uma ordem de prioridade em relação à escolha das solicitações a serem atendidas por primeiro. Por exemplo, pode-se impor que inicialmente sejam atendidas as ocorrências que envolvem riscos de vida, em seguida as demais emergências e por último os serviços comerciais.

A simulação, neste trabalho, consiste de três etapas principais:

Etapa 1: entrada de parâmetros iniciais e geração aleatória de ocorrências;

Etapa 2: seqüenciamento e atendimento das ocorrências;

Etapa 3: coleta e avaliação dos resultados.

Os principais parâmetros para iniciar a simulação, além dos parâmetros relativos às distribuições probabilísticas, são:

- i) número de minutos a serem simuladas;
- ii) número de regiões de serviço;
- iii) número de equipes e suas habilitações;
- iv) número possível de equipes de sobreaviso;
- v) quando convocar e quando dispensar as equipes de sobreaviso;
- vi) início e término dos turnos de trabalho de todas as equipes;
- vii) cadastro das equipes nas regiões de serviço;
- viii) constituição das regiões de serviços em termos das rotas de leitura;
- ix) matriz de deslocamento (em minutos) entre as rotas de leitura.

A segunda etapa do algoritmo de simulação é uma tentativa de imitar o processo interno utilizado pelos profissionais da concessionária para designar as equipes. Ou seja, nesta etapa são incorporados os conhecimentos destes profissionais. A designação é feita levando-se em consideração fatores tais como: menor distância, habilitação das equipes e as prioridades no atendimento das ocorrências. Durante o transcorrer da simulação, eventualmente poderão ocorrer acúmulos de serviços, surgindo filas. Neste caso, cada tipo de serviço deverá ser alocado em uma fila.

Segundo informações dos engenheiros e técnicos da COPEL que atuam no setor de despacho de serviços, os tempos de execução por parte das equipes são bastante variados, podendo

durar desde um minuto até várias horas. Assim, na segunda etapa da simulação será verificado a cada minuto a ocorrência ou não de solicitações por serviços. Como a segunda etapa da simulação constitui o processo de designação dos serviços às equipes, é fundamental que o programa computacional esteja o mais próximo da realidade.

Sendo assim, é importante detalhar esta etapa, que é composta dos seguintes passos:

Passo 1. Incrementar o tempo em 1 (um) minuto.

Passo 2. Verificar se há registro de uma solicitação por serviço. Se houver, então alocar a ocorrência na sua respectiva fila (cada tipo de serviço é alocado em sua fila).

Passo 3. Verificar, considerando a ordem de prioridade, se há solicitações aguardando atendimento nas filas. Se houver, então avaliar a disponibilidade das equipes e designar ou não o serviço.

Passo 4. Se ainda houver equipes livres, então verificar a possibilidade de adiantar serviços comerciais. Se houver serviços comerciais cujas metas de atendimento não estejam ultrapassadas, atender os serviços mais próximos das metas.

Passo 5. Se o tempo a ser simulado tiver sido atingido, ir ao Passo 6, senão ir ao Passo 1.

Passo 6. Coletar as informações de interesse e gravar em arquivos eletrônicos.

Nos Passos 3 e 4 ocorre a tomada de decisão em relação a quais ocorrências atender e quais equipes escolher. Por exemplo, se considerarmos quatro tipos de serviços, i) emergência com risco, ii) emergência sem risco, iii) CRM+VIP (os termos CRM e VIP são duas classificações de diferenciação de consumidores adotadas pela COPEL) e iv) comercial, nesta ordem de prioridade, então a fase de escolhas é baseada no seguinte conjunto de regras:

1. Verificar se há serviços aguardando nas filas de espera. Esta verificação ocorre na ordem como apresentadas anteriormente. Assim, inicialmente designar ocorrências que envolvem risco, em seguida as que não envolvem risco, em terceira opção ocorrências VIP+CRM e por último os serviços comerciais.

2. Suponhamos que há uma solicitação de emergência pendente e que esta foi registrada numa região de serviço onde as equipes cadastradas encontram-se ocupadas. Neste caso pode-se convocar equipes cadastradas em outras regiões de serviço, conforme o seguinte critério:

a) convocar primeiro as equipes de plantão cadastradas para atuar na região de serviço;

b) se as equipes de plantão estiverem ocupadas, então convocar equipes em serviço cadastradas a atuar em outras regiões de serviço para atender tal ocorrência;

c) por último, convocar as equipes de plantão cadastradas para atuar em outras regiões de serviços;

d) se a solicitação ainda não tiver sido atendida, manter ela na fila até liberar uma equipe que possa atendê-la.

Vários índices podem ser avaliados quando se utiliza simulação para abordar um problema como o proposto. O propósito do modelo de simulação deste trabalho é determinar quais decisões alternativas (cenários) resultam na melhor medida para dados critérios de eficiência. Os critérios de eficiência podem ser:

(i) a taxa de ocupação das equipes;

(ii) porcentagem de atendimentos de serviços de emergência com risco e emergência sem risco acima do DMIC;

(iii) porcentagem de ocorrências do comercial cujos atendimentos extrapolaram a meta;

- (iv) atraso total médio em cada região de serviço;
- (v) tempo médio de espera dos clientes;
- (vi) tempo máximo de espera do cliente.

Os cenários são gerados a partir de alterações “bem conduzidas” de parâmetros (não fixos) que influenciam de modo significativo o comportamento do sistema. Por exemplo, o número de equipes influencia significativamente qualquer índice de qualidade. A alocação das equipes (cadastro nas regiões de serviço) e turnos diferenciados também pode influenciar os critérios de eficiência.

Deste modo, os cenários devem ser gerados de modo apropriado, dentro da realidade dos Centros de Operações, sendo passíveis de implantação. Assim, a simulação propiciará resultados que constituirão importante fonte de conhecimento sobre o comportamento dinâmico do complexo sistema de atendimento das solicitações dos clientes, permitindo avaliar os efeitos de vários cenários.

### 3. Aplicação do Modelo Proposto

A metodologia acima proposta está sendo testada junto a COPEL - Companhia Paranaense de Energia, que atua no estado do Paraná e está dividida em cinco regionais: Leste, Centro-Sul, Norte, Noroeste e Oeste.

Das várias agências que compõem a regional Centro-Sul, foi escolhida a agência Ponta Grossa como protótipo para o desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho. A agência Ponta Grossa é composta por oito regiões de serviço que, por sua vez, contêm 61 rotas de leitura, conforme ilustrado no mapa da referida agência apresentado na figura 1 a seguir.

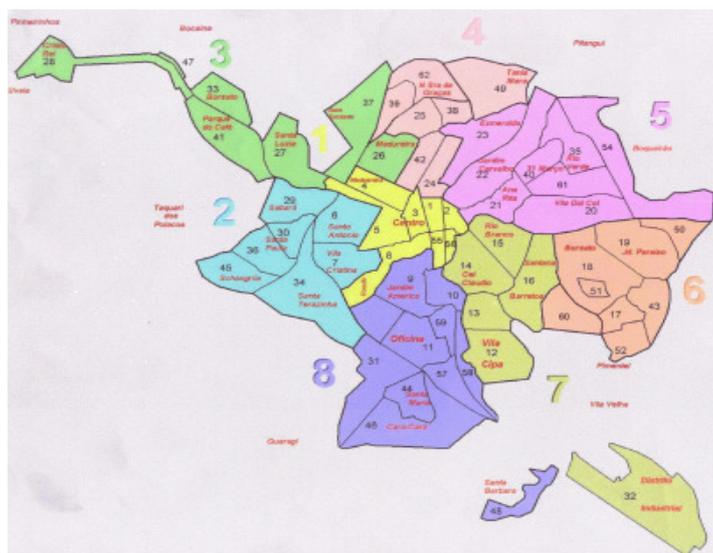


Figura 1: Mapa da agência Ponta Grossa com oito regiões e 61 rotas de leitura

Nesta aplicação foi considerado que as equipes estão habilitadas para executar tanto serviços comerciais quanto emergenciais. Não foram considerados outros tipos de equipes (leituristas, medição e outras). Os serviços emergenciais são agrupados em emergências que apresentam risco e emergências que não apresentam risco.

Os serviços comerciais, com e sem impedimento, foram agrupados de acordo com a meta a ser atingida, segundo o tipo de serviço, totalizando 154 tipos de serviços, e estão relacionadas no quadro 1 a seguir.

<b>Tipo de serviço comercial</b>	<b>Meta para Execução hs. (dias)</b>	<b>Quantidade de tipos de Serviços Enquadrados na Meta</b>	<b>Prioridade</b>
<b>1</b>	3	3	1
<b>2</b>	4	3	1 ou 2
<b>3</b>	6	1	3
<b>4</b>	24 (1 dia)	23	4
<b>5</b>	36 (1,5 dias)	2	5
<b>6</b>	48 (2 dias)	30	6
<b>7</b>	72 (3 dias)	16	7
<b>8</b>	120 (5 dias)	12	8
<b>9</b>	240 (10 dias)	51	9
<b>10</b>	280 (11,67 dias)	11	9
<b>11</b>	720 (30 dias)	2	10
<b>TOTAL</b>		<b>154</b>	

Quadro 1. Metas de acordo com o tipo de serviço Comercial.

Os dados repassados pela concessionária são os registros históricos dos serviços de dezembro de 2004. Os dados de tempo analisados, para cada região de serviço, foram testados para uma distribuição de Weibull com função densidade de probabilidade dada por (1) a seguir.

$$f_x(x) = \frac{b}{a} \left( \frac{x-m}{a} \right)^{b-1} \exp \left( - \left( \frac{x-m}{a} \right)^b \right), \quad m \leq x < \infty \quad (1)$$

Na expressão (1), os parâmetros  $a$  de escala e  $b$  de forma, foram obtidos para cada região de serviço (do total de oito regiões) considerando quatro tipos de serviços: emergência com risco, emergência sem risco, CRM+VIP e comercial. O índice de confiança foi  $p < 0,05$ .

Os critérios de eficiência para o Centro de Operações de Distribuição avaliados para a agência de Ponta Grossa foram:

- i) taxa de ocupação das equipes-(*OCUP*) (em percentagem);
- ii) tempo máximo de espera por atendimento-(*ESPERA\_MAX*) (em minutos);
- iii) porcentagem de atendimentos que ultrapassaram o DMIC (*ALEM\_DMIC*) (em percentagem);
- iv) porcentagem de atendimentos de serviços comerciais que ultrapassaram a meta. (*ALEM\_META*) (em percentagem).

O primeiro critério (*OCUP*) é a razão entre os períodos de tempo despendido com atendimentos (*PA*) (em minutos) pelo período de tempo contratado (*PC*) (em minutos) durante o período simulado. Este cálculo é acumulado para todas as equipes, excluindo as de plantão. Ou seja, para 11 equipes, durante o período de um mês simulado, a mesma pode ser obtida por (2), a seguir.

$$OCUP = \frac{\sum_{i=1}^{11} PA_i}{\sum_{i=1}^{11} PC_i} \quad (2)$$

O segundo critério de eficiência (*ESPERA\_MAX*) é o maior tempo de espera do consumidor por atendimento observado considerando as emergências com risco (*TE\_R*), as emergências sem risco (*TE\_SR*), e as emergências CRM e VIP (*T\_VIP\_CRM*), conforme apresentado em (3).

$$ESPERA\_MAX = \max_{i,j} (TE\_R_i, TE\_VIP\_CRM_j, TE\_SR_k) \quad (3)$$

Em (3),  $i = 1 \dots n$ ,  $j = 1 \dots m$ ,  $k = 1 \dots K$ , sendo  $n$  é o número de registros de ocorrências com risco,  $m$  o número de ocorrências VIP+CRM e  $K$  o número total de ocorrências sem risco. Na simulação, considerou-se quatro classes de ocorrências: i) emergências que envolvem risco; ii) emergências que não envolvem risco; iii) emergências VIP e CRM e; iv) ocorrências comerciais.

O critério relativo ao DMIC (Duração Máxima de Interrupção por Consumidor) é o percentual de atendimentos de ocorrências com risco, sem risco e CRM+VIP que atrasaram além do limite preestabelecido pela ANEEL. Neste caso, tem-se (4).

$$ALEM\_DMIC = \frac{\sum_{i=1}^{n'} NAT\_R_i + \sum_{j=1}^{m'} NAT\_VIP\_CRM_j + \sum_{j=1}^{K'} NAT\_SR_j}{\sum_{i=1}^n NAT\_R_i + \sum_{j=1}^m NAT\_VIP\_CRM_j + \sum_{k=1}^K NAT\_SR_k} \quad (4)$$

Na expressão (4), *NAT\_R* é o número registrado de ocorrências com risco, *NAT\_VIP\_CRM* o número de ocorrências VIP+CRM, *NAT\_SR* o número de ocorrências sem risco,  $n'$  o número de ocorrências com risco atendidas além do DMIC,  $K'$ , e  $m'$  o número de ocorrências sem risco atendidas além do DMIC.

O critério *ALEM\_META*, em (5), incorpora informações relativas ao número de atendimentos de ocorrências do comercial cumpridos após a meta.

$$ALEM\_META = \frac{\sum_{i=1}^{c'} NAT\_C}{\sum_{i=1}^c NAT\_C_i} \quad (5)$$

Nesta expressão (5),  $c$  é o número de ocorrências do comercial e  $c'$  o número de ocorrências do comercial atendidas após a meta.

Para avaliar estes quatro critérios foram utilizados os registros das ocorrências de dezembro de 2004 na agência Ponta Grossa. Simulou-se, portanto, para um período de 31 dias (44640

minutos), considerando quatro tipos de serviços (emergências com risco, emergências sem risco, VIP+CRM, comerciais), com um total de 15; 388; 4; e 784 registros respectivamente. Portanto, a simulação reduz-se à designação dos serviços às equipes.

Os cenários utilizados para avaliar os quatro índices de eficiência, foram originados a partir do cenário atual (A), considerando diferentes números de equipes (B, E, F), diferentes número de equipes de sobreaviso (B, E, F), diferentes cadastros das equipes nas regiões de serviço (C, E, F) e uma variação nos turnos (D). Deste modo, considerou-se os cenários apresentados no quadro 2.

Cenário	Equipes		Região de Atuação	Turnos de trabalho
	Normais	Plantão		
(A)	11	6	Atual	atual
(B)	11	1	Atual	atual
(C)	11	6	<b>Ampliado</b>	atual
(D)	11	6	Atual	<b>reduzido</b>
(E)	7	1	<b>Ampliado</b>	atual
(F)	4	1	<b>Ampliado</b>	atual

Quadro 2: Descrição dos seis cenários considerados na simulação

É necessário ressaltar que devido à exclusão de várias ocorrências registradas em dezembro de 2004, e simplificações utilizadas no tempo de deslocamento, os resultados apresentados no Quadro 3 são expressivos para analisar a sensibilidade das variações propostas, mas não condizem com a realidade da agência.

Vários índices poderiam ser coletados no final das simulações, entretanto, os quatro índices de interesse são os da tabela do quadro 3 e uma análise é feita na seqüência.

Cenário	Taxa de Ocupação	Espera Máxima	Frequência DMIC	Frequência Comercial
(A)	29,64%	62	9,09%	0,64%
(B)	29,34%	62	7,86%	0,77%
(C)	32,84%	66	15,48%	1,28%
(D)	29,71%	62	10,81%	0,64%
(E)	45,69%	62	15,48%	0,89%
(F)	71,61%	84	15,23%	0,77%

Quadro 3: Resultados da simulação dos seis cenários

#### 4. Análise da Simulação

Antes de proceder a uma análise mais detalhada dos resultados contidos no quadro 3 anterior, é importante destacar que dos dados originais excluíram-se várias ocorrências. Além disso, as distâncias consideradas entre os centros geográficos das regiões de serviço não foram as reais. Isto é evidente quando se observa a taxa de ocupação das equipes (segunda coluna do Quadro 3).

Uma breve análise permite concluir que a simulação captura eficazmente as mudanças provocadas em alguns parâmetros iniciais da simulação (os cenários). Esta aptidão da simulação de capturar mudanças provocadas por diferentes cenários torna-se clara quando se observa os cenários (A) e (F).

No cenário (F) diminuiu-se drasticamente o número de equipes, juntamente com ampliação das regiões de atuação das equipes. Deste modo, ocorreram alterações significativas nos três primeiros índices de eficiência: i) a taxa de ocupação das equipes melhorou sensivelmente (de 29,64% para 71,61% do tempo contratado para todas as equipes naquele mês); ii) houve um aumento considerável no maior tempo de espera por atendimento; iii) houve piora no quesito DMIC, ou seja, 15,23% dos atendimentos das ocorrências que envolvem emergência com risco, sem risco e VIP+CRM foram efetuadas acima do DMIC. O atendimento das ocorrências comerciais não foi tão prejudicado.

No cenário (C), as equipes podem atuar em todas as regiões de serviço, enquanto que no cenário (A) cada uma das equipes atende a um número restrito de regiões. Dos resultados destes dois cenários é possível verificar que se as equipes moverem-se livremente em todas as oito regiões de serviço, os quatro índices variarão para pior. Avaliando a quarta linha do Quadro 3, observa-se que a taxa de ocupação das equipes diminuiu, porém isto é um resultado já esperado devido ao aumento das distâncias percorridas em cada deslocamento. O interessante é que o desempenho dos demais índices baixou. Este decréscimo é justamente devido ao maior tempo despendido com deslocamento. Segundo informações de engenheiros e técnicos da COPEL que atuam no despacho de serviços, este fato realmente é observado no dia-a-dia.

## **5. Conclusões**

Dos estudos deste trabalho concluiu-se que gerar dados auxiliares para a decisão da melhor solução para o dimensionamento e a alocação otimizada de recursos humanos nos serviços de atendimento aos consumidores, não é uma tarefa trivial. Há a necessidade de uma metodologia específica a ser utilizada para esta finalidade.

Não encontramos na literatura métodos analíticos que apresentam resultados satisfatórios. Então, devido a complexidade e dinamicidade do problema, o emprego da simulação, ajustada a dados históricos de atendimento mostrou-se adequada e pode gerar confiança na elaboração de cenários que indiquem possibilidades de redução ou a necessidade de aumento das equipes de atendimento e alteração nos turnos, dependendo das metas a serem priorizadas pela empresa.

Os índices de qualidade do atendimento analisados neste trabalho apresentaram resultados coerentes com os cenários simulados, mostrando boa correlação com o que é observado em campo. Os cenários avaliados prestaram-se bem para a análise de sensibilidade das alterações consideradas nos parâmetros da simulação.

Do resultado das simulações, notou-se um ganho de produtividade em manter equipes para atender determinadas áreas geográficas, que neste caso foi a região de serviço, composta por um conjunto de rotas. A ampliação da região de atuação das equipes ou a falta de critérios

para a distribuição dos serviços, resultaram em aumento no tempo de atendimento, tanto do serviço de emergência quanto comercial.

O parâmetro taxa de ocupação deve ser avaliado em conjunto com outros índices de qualidade. Os resultados da simulação mostraram que, apesar de aumentar a taxa de ocupação das equipes, a ampliação da região de atuação provocou um decréscimo sensível na qualidade do serviço, devido principalmente ao aumento do tempo de deslocamento, que também provoca um aumento do custo do atendimento.

Enfim, pretende-se na continuidade do projeto, implementar a simulação na linguagem de programação C, visando testes com dados obtidos da concessionária por um período de doze meses e enfatizando alterações nos turnos de trabalho.

## Referências

AOKI, A.R. (2003), *Sistema Multi-Agente para o Atendimento de Ocorrências na Rede de Distribuição de Energia Elétrica*. VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, Baurú, SP.

BARBOZA, A.O.; CARNIERI, C.; ARNS STEINER, M.T.; SIQUEIRA, P. (2003), *Técnicas da Pesquisa Operacional na Otimização de Horários de Atendentes em Centrais Telefônicas*. Revista Gestão & Produção, São Carlos, SP, v. 10, n. 1, p. 109-127.

CLARKE, B. e DISNEY, R.L. (1979), *Probabilidade e Processos Estocásticos*, Livros Técnicos e Científicos.

GAMACHE, M.; SOUMIS, F.; MARQUIS, G & DESROSIERS, J. (1999), *A Column Generations Approach for Large-Scale Aircrew Rostering Problems*. Operations Research, v. 47, n. 2, p. 247-263.

GORDON, G. (1978), *System Simulation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

GRAVES, G.W.; McBRIDE, R.D.; GERSHKOFF, I.; ANDERSON, D. & MAHIDHARA, D. (1993), *Flight Crew Scheduling*. Management Science, v. 39, n. 6, p. 736-745.

HOFFMAN, K.L. e PADGERG, M. (1993), *Solving Airline Crew Scheduling Problems by Branch-and-Cut*. Management Science, v. 39, n. 6, p. 657-682.

JAUMARD, B.; SEMET, F. e VOVOR, T. (1998). *A Generalized Linear Programming Model for Nurse Scheduling*. European Journal of Operational Research, v. 107, p. 1-18.

KWAN, A.S.K.; KWAN, R.S.K.; PARKER, M.E. e WREN, A. (2000), *Proving the Versatility of Automatic Driver Scheduling on Difficult Train & Bus Problems*. Abstracts Computer-Aided Scheduling of Public Transport (CASPT) - 8<sup>th</sup>. International Conference, Berlin, Germany.

LAPIN, L. (1994), *Quantitative Methods for Business Decisions with Cases*. Harcourt Brace Jovanivich Publishers, N.Y.

ROUSSEAU, J.M. (2000), *Scheduling Regional Transportation with Hastus*. Abstracts Computer-Aided Scheduling of Public Transport (CASPT) – 8<sup>th</sup>. International Conference, Berlin, Germany.

SIQUEIRA, P.H.; CARNIERI, C.; ARNS STEINER, M.T. e BARBOZA, A. (2004), *Uma Proposta de Solução para o problema da Construção de Escalas de Motoristas e Cobradores de Ônibus através do Algoritmo do Matching de Peso Máximo*. Revista Gestão & Produção, São Carlos, SP, v. 11, n. 2, p. 187-196.

TAKEDA, R.A.; WIDMER, J.A. e MORABITO, R. (2004), *Aplicação de Modelo Hipercubo de Filas para Avaliar descentralização de Ambulâncias de um Sistema Urbano de Atendimento Médico de Urgência*. Revista Pesquisa Operacional, v. 24, n. 1, p. 39-71.

THOMPSON, G. M. (1997), *Assigning Telephone Operators to Shifts at New Brunswick Telephone Company*. Interfaces, vol. 27, p. 1-11.