SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

GPT - 13
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

GRUPO II
GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT

CONTROLE OPERACIONAL DE PEQUENAS CENTRAIS GERADORAS DOS SISTEMAS ISOLADOS DA REGIÃO AMAZÔNICA ATRAVÉS DE INDICADORES DE QUALIDADE APURADOS A PARTIR DE DADOS COLETADOS POR TELEMETRIA

Rui Altieri Silva * **Cláudio L R Conde** **Alfredo A V Barros** **Tadeu M M Branco** **João Tavares Pinho**

ANEEL **ARCON-PA** **ARCON-PA** **UFPA** **UFPA**

RESUMO

Na Região Amazônica, o fornecimento de energia elétrica através dos sistemas isolados é efetuado por 290 centrais geradoras espalhadas ao longo de 40% do território nacional, atendendo cerca de um milhão de consumidores. As características principais desses sistemas são a ausência de um controle eficaz da operação das centrais e a baixa qualidade do atendimento, tendo como justificativas comuns as grandes distâncias e as dificuldades de acesso, inerentes à região amazônica. Assim, a operação ineficiente dessas centrais afeta também, a qualidade do controle e do consumo dos combustíveis fósseis utilizado pelos sistemas isolados, que tem seu custo subsidiado, através da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC), a qual impõe o rateio desse custo por todas as empresas que atendem consumidores finais no sistema elétrico brasileiro.
A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em parceria com a Agência Estadual de Regulação e Controle de Serviços Públicos do Pará (ARCON) e a Universidade Federal do Pará (UFPA), desenvolveu um projeto piloto de telemetria para monitoração de parâmetros de 04 (quatro) usinas termelétricas dos sistemas isolados. Os dados operacionais dessas usinas são integralizados em um coletor, que transmite diariamente as informações, via Internet, para a ARCON, em Belém, a qual disponibiliza os mesmos através de uma “Home-page” e efetua tratamento dos mesmos.
Este trabalho descreve os motivadores e características gerais do projeto piloto de telemetria de usinas e apresenta os resultados das análises dos dados coletados.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas isolados, qualidade, regulamentação, telemetria.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Sistema Interligado Nacional (SIN), abrange cerca de 97% da população e 97,9% do mercado de energia elétrica do país, distribuídos em uma área correspondente a aproximadamente 60% do território nacional [1,2].
No sistema interligado, o planejamento a curto prazo e a coordenação da operação são realizados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Neste sistema existe uma cultura bastante consolidada de operação interligada, que inclui a existência de uma base normativa bastante abrangente, um forte controle da programação de manutenção, análise pós-operacional de ocorrências e do controle otimizado da operação em tempo real [3].
Por outro lado, a parcela restante do mercado de energia elétrica brasileiro é atendida por 291 sistemas isolados. Esses sistemas atendem aproximadamente 3% da população e 2,1% do mercado nacional, estando espalhados por 40% do território brasileiro, estando praticamente, restritos à Região Amazônica, que abrange, além dos estados da Região Norte, parte dos estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão.

SGAN 603 Módulo I e J - CEP 70830-030 - Brasília - DF - BRASIL
Tel.: (061) 426-5853 - Fax: (061) 426-5942 - e-mail: ruialtieri@aneel.gov.br

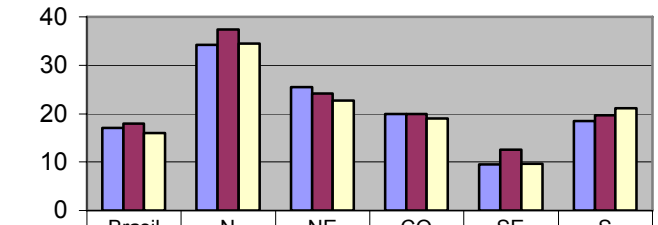
Os sistemas isolados apresentam níveis de controle operacional bastante diferenciados entre si. Nos sistemas maiores, o controle é efetuado de forma centralizada através de despacho de carga, atuando na programação e na execução em tempo real da operação. Na maioria dos sistemas isolados, entretanto, o controle operacional e despacho das unidades dependente quase que exclusivamente da atuação dos operadores das usinas termelétricas de pequeno porte, sendo caracterizados pela baixa qualidade de fornecimento e pelo elevado custo de operação e apresentam como principais causas um mercado bastante rarefeito, com uma média de menos de 1 consumidor/km^2, distribuído em uma área bastante extensa e dificuldade de infra-estrutura , tais como, estrada e comunicação.
Dessa forma, o Poder Concedente não dispõe de mecanismos eficazes para exercer as suas funções de órgão regulador e fiscalizador, tanto da qualidade como da eficiência do sistema, tendo em vista que somente as despesas com aquisição de combustíveis pela Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis - CCC, em 2004, foram superiores a 3 bilhões de reais. Vale ressaltar que a CCC é custeada através da contribuição de todas as concessionárias de serviço público de energia elétrica do Brasil que atendem consumidores finais [2].
Considerando que a estruturação de medidas reguladoras capazes de tornar o controle dos sistemas isolados mais eficiente e econômico, requer, a princípio, a criação de um mecanismo que permita a obtenção e tratamento de dados que bem caracterizem esses sistemas; a ANEEL tomou a iniciativa, através de sua Superintendência de Regulação de Geração e da Agência Estadual de Regulação e Controle de Serviços Públicos (ARCON), sua delegada no Estado do Pará, de conceber e implantar um projeto piloto de telemetria para monitoramento operacional de pequenas usinas termelétricas de sistemas isolados, adotando como principais diretrizes:

- possibilitar o acompanhamento da eficiência operacional dessas usinas isoladas, sob o enfoque da qualidade do fornecimento e do controle do consumo de combustível;
- aplicar soluções eficazes, porém de baixo custo, com mínimo impacto financeiro e, conseqüentemente, tarifário para os sistemas considerados;
- definir indicadores operacionais para pequenas usinas termelétricas que possam ser adotados como padrão para regulação dos sistemas isolados;
- utilizar o sistema proposto não apenas como uma ferramenta de fiscalização e controle, mas também, de grande utilidade para as concessionárias no gerenciamento e otimização das usinas, com impactos positivos na redução de custos e melhoria nos indicadores de qualidade de fornecimento;

2.0 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ISOLADOS DA AMAZÔNIA

2.1 Qualidade dos Sistemas Isolados

A avaliação da qualidade do fornecimento de energia elétrica sob o aspecto da continuidade é, sem dúvida um ponto crítico do fornecimento de energia elétrica nos sistemas isolados. No Brasil, quando se pretende mensurar a qualidade do fornecimento de energia, busca-se, em primeiro lugar, apresentar os indicadores de DEC e FEC, que são a Duração e a Freqüência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora e medem, respectivamente, a quantidade de horas e o número de vezes que cada consumidor, em média, ficou interrompido em determinado conjunto de consumidores. O formato atual de apuração dos indicadores de qualidade é definido pela Resolução ANEEL 024, de 27 de janeiro de 2000.
A figuras 1 e 2 apresentam a evolução, no período de 2001-2003 dos indicadores de qualidade DEC e FEC médio do Brasil e das diversas regiões brasileiras. Vale ressaltar que, na Região Norte, aproximadamente 50% dos consumidores são atendidos pelo Sistema Interligado Nacional [4].



	Brasil	N	NE	CO	SE	S
2001	17,00	34,14	25,48	20,00	9,52	18,47
2002	18,00	37,33	24,21	20,00	12,51	19,69
2003	16,00	34,42	22,77	19,00	9,59	21,17

FIGURA 1 - Indicador DEC (h) – Brasil e Regiões – 2001 / 2003[4] .

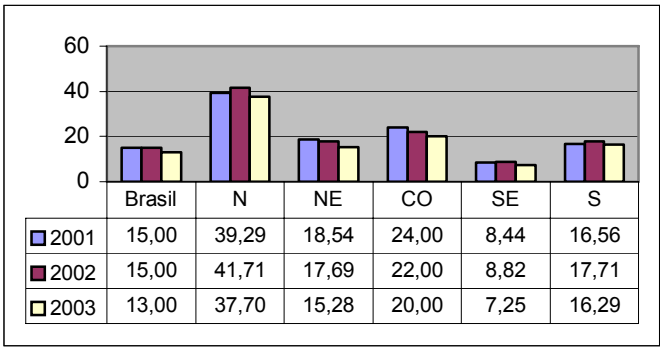


FIGURA 2 - Indicador FEC – Brasil e Regiões – 2001 / 2003[4].

Pode-se observar que o histórico do DEC, que mede a duração média total das interrupções, apresentou, na Região Norte, valores que superam em mais de 50 % os registrados na Região Nordeste, que apresenta o 2º pior desempenho das Regiões brasileiras, sendo, no período 2001-2003, aproximadamente 100 % superior à média nacional.
Com relação ao FEC, que mede a freqüência média total das interrupções, os valores registrados na Região Norte superam em mais de 100 % os registrados na Região Nordeste, sendo, no período 2001-2003, aproximadamente 140 % superior à média nacional.

2.2 - Mercado e Consumo dos Sistemas Isolados

A tabela 1 apresenta a previsão de despesas com combustível para as centrais dos sistemas isolados no ano de 2004.

TABELA 1 – Previsão de Despesas com Combustível para os Sistemas Isolados - 2004 [2].

Óleo	Despesa
DIESEL	R$ 1.253.161,02
PTE	R$ 1.139.202,39
Combustível	R$ 1.139.202,39
PGE	R$ 265.770,70
Total	R$ 3.797.336,49

Vale ressaltar que, se mecanismos como a subrogração da CCC tem influência no sentido de reduzir a médio e longo prazos, os custos da CCC, por outro lado, existe forte pressão para elevação desses custos por conta do programa de universalização do atendimento. A tabela 2 apresenta uma comparação entre os índices de atendimento médio do Brasil, da Região Norte e do estado do Pará, onde se pode observar que a Região onde estão os sistemas isolados é a que apresenta maior déficit de atendimento com serviços de energia elétrica e, portanto, apresenta maior potencial de crescimento desses sistemas [5].

TABELA 2 - Penetração do Serviço de Energia Elétrica [5]

Unidade	Domicílios em 2002 (x 1000)	Consumidor Residencial (x1000)	Índice de Atendimento
Brasil	46.000	43.500	94,6 %
Norte	2.960	2.250	76,0 %
Pará	1.400	990	70,7 %

3.0 - PROJETO PILOTO DE SUPERVISÃO PARA PEQUENAS USINAS GERADORAS

A concepção do projeto piloto de telemetria foi baseada na aplicação mista de produtos existentes no mercado com soluções desenvolvidas especialmente para o projeto. As figuras 3 e 4 apresentam, em linhas gerais o projeto. Pode-se observar que as grandezas elétricas de cada gerador são coletadas através de um medidor eletrônico capaz de obter os seguintes dados: corrente, tensão, potência e energia ativas e reativas (indutiva e capacitiva).
Os dados dos medidores são transferidos para um concentrador de dados integrado aos medidores, o qual possui uma placa interna de MODEM, linha discada e saída padrão RJ-11, para conexão em linha pública de telefonia fixa.

Esses concentradores podem ser customizados para transmissão dos dados com periodicidade variável entre 01 e 24 horas, para um computador servidor, instalado na ARCON. A escolha inicial de linha telefônica pública e da internet para a transmissão dos dados reduz o custo de investimento, pois é feito uso de infra-estrutura existente e tecnologia consagrada, além da segurança na transmissão dos dados (algoritmos de criptografia e autenticação digital) e longa vida (a solução não deve ficar obsoleta a curto ou médio prazo).
Os dados coletados dos medidores são enviados via protocolo HTTP para um computador na ARCON, no qual está instalado o "software" do Sistema de Telemedição, denominado de STM. O sistema STM disponibiliza essas informações em uma "home-page", podendo o usuário optar por consultar os dados na forma de tabelas e gráficos ou, opcionalmente, exportar os dados recebidos para um "software" mais usual, tal como, o EXCEL ou ACCESS, através do qual pode-se efetuar um tratamento mais personalizado dos dados coletados.

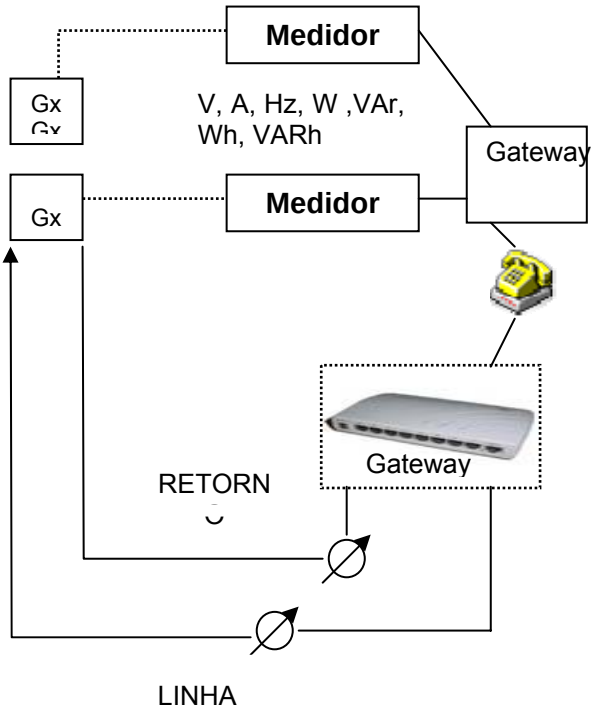


FIGURA 3 - Configuração do Sistema de Telemetria – Lado da Usina.

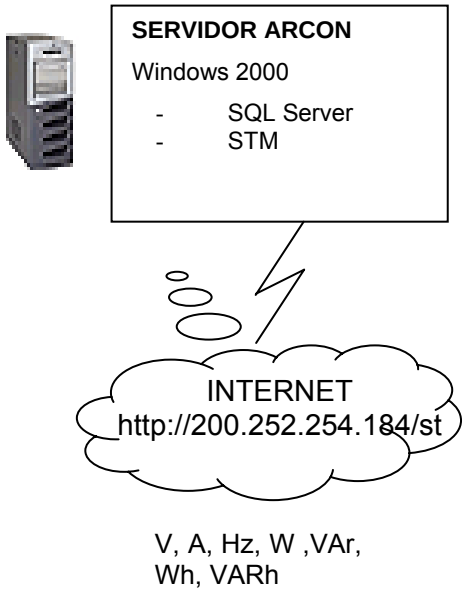


FIGURA 4 - Configuração do Sistema de Telemetria – Lado da Estação Central.

Visando atender a concepção inicial de controle de consumo integralizado por usina (e não por unidade geradora, para redução de custos), no projeto piloto de telemetria foram introduzidos 02 (dois) medidores de fluxo digitais, instalados, respectivamente, na rede de suprimento e retorno de combustível de cada usina.
Inicialmente, a coleta dos dados de consumo de combustível através dos medidores digitais era efetuada de forma manual pelos operadores das usinas e comparadas com a medição de consumo efetuada de forma tradicional, através da trena de medição da diferença de volume nos tanques de armazenamento.
Com o objetivo de efetuar também a telemetria da coleta de dados de consumo de combustível, foi instalado em uma das usinas um equipamento que permite a transmissão dos dados obtidos através dos medidores de fluxo digitais. Este processador foi desenvolvido pela Universidade Federal do Pará, especificamente para o projeto piloto de telemetria de usinas.
Além do modelo que transmite dados através de linha de telefone discada, existe outro equipamento que foi também desenvolvido no âmbito do projeto, que permite a transmissão de dados através de canal de satélite.

3.1 - Seleção dos Locais para Implantação

A escolha das usinas geradoras para integrar o projeto piloto de telemetria levou em conta os seguintes critérios básicos:
- Dispor de telefonia pública;
- Representar as duas empresas de geração destinadas a serviço público de energia elétrica no Estado do Pará (CELPA e GUASCOR);
- Representar usinas de porte diferenciado.

Dessa forma, em comum acordo com as empresas envolvidas, foram selecionadas as usinas relacionadas na tabela 3.

TABELA 3 - Usinas Geradoras do Projeto Piloto de Telemetria.

USINA	POTÊNCIA INSTALADA (kW)	Nº DE UNIDADES	EMPRESA
Salvaterra	2.677	4	Guascor
Breves	6.070	7	Guascor
Santana do Araguaia	4.500	5	Celpa
Barreira do campo	480	3	Celpa

3.2 - Desempenho do Sistema Implantado

A operação inicial do sistema de telemetria implantado apresentou alguns problemas, os quais são descritos a seguir:

3.2.1 - Queima de Equipamento por Surto de Descarga Atmosférica

Nas UTE Santana do Araguaia e Salvaterra, dois concentradores de dados foram danificados por surtos de tensão originados na linha telefônica.
Como solução para prover maior confiabilidade ao sistema implantado foram incorporados ao projeto um protetor de MODEM para linha discada, especificado conforme fabricante do concentrador, o qual foi instalado juntamente com um estabilizador de tensão em todas as usinas do projeto piloto. Nenhum equipamento foi danificado depois da instalação.

3.2.2 - Baixa Qualidade da Transmissão de Dados por Telefonia Pública

As informações de algumas usinas são efetivamente enviadas com uma periodicidade bastante inferior ao esperado que é de, pelo menos, uma vez ao dia. Esse fato ocorre, principalmente, devido à baixa qualidade das linhas de telefonia pública.
Este fato, embora cause transtornos referentes ao atraso no recebimento de informações, não ocasiona, a princípio, problema de perda de informações visto que os medidores eletrônicos acumulam até 37 dias de informações. À medida que as transmissões de dados se tornam mais esparsas, perde-se o controle operacional da usina.

Soluções adotadas:

- Redução da taxa de transmissão do concentrador de dados de 56 kbps para 19,2 kpbs na UTE Breves, que resultou em alguma melhoria na periodicidade de envio dos dados, tendo como contrapartida maior custo

operacional devido ao maior tempo de duração das chamadas telefônicas, decorrente da baixa taxa de transmissão;
- Mudança, em uma usina, de sistema de transmissão de dados para o Sistema de Internet via Embratel - IP SAT, o qual apresenta, em relação ao sistema de telefonia fixa, as seguintes diferenças:
- Utilização de concentrador de dados de modelo diferente do original (*relação de custo indiferente*);
- Aquisição de microcomputador Pentium 200 MHz, ou superior, com o sistema operacional Windows 2000 licenciado e placa de rede padrão Ethernet (*Custo aproximado de R$ 3.000,00)*;
- Custo de instalação (*Custo aproximado de R$ 4.000,00)*;
- Tarifa fixa (*Custo aproximado de R$ 800,00 /mês por usina, sendo R$ 450,00 /mês a mais que na utilização de telefonia convencional*).

3.2.3 - Análise dos Custos de Implantação

A tabela 4 apresenta o custo médio de implantação do sistema de telemetria por usina, considerando o parque gerador e as condições existentes no estado do Pará.

TABELA 4 - Custo de Implantação do Sistema de Telemetria.

Tipo de Comunicação	Custo Unitário	
	R$	US$ (*)
Telefonia Convencional	62.000,00	20.666,67
IP SAT Embratel	70.000,00	23.333,33

(*) Considerando US$ 1,00 = R$ 3,00

A tabela 5 apresenta o custo médio anual estimado de operação do sistema de telemetria.

TABELA 5 - Custo Anual de Operação do Sistema de Telemetria.

Tipo de Comunicação	Custo Unitário/ano	
	R$	US$
Telefonia Convencional	350,00	116,67
IP SAT Embratel	800,00	266,67

(*) Considerando US$ 1,00 = R$ 3,00

A tabela 6 apresenta o custo médio anual estimado de manutenção do sistema de telemetria.

TABELA 6 - Custo Anual de Manutenção do Sistema de Telemetria.

Tipo de Comunicação	Custo Unitário/ano	
	R$	US$
Telefonia Convencional	150,00	50,00
IP SAT Embratel	200,00	66,67

(*) Considerando US$ 1,00 = R$ 3,00

A tabela 7 apresenta o impacto da implantação da telemetria no custo da geração, considerando uma Taxa de atratividade= 12%, Vida útil= 15 anos, Fator de utilização das usinas= 80% e Fator de carga= 65%.

TABELA 7 - Impacto da Telemetria no Custo de Geração

Tipo de Comunicação	Custo Unitário/mês	
	R$	US$
Telefonia Convencional	0,80	0,27
IP SAT Embratel	1,19	0,40

Vale ressaltar que, nos valores apresentados na tabela 7 não estão contabilizados os ganhos auferidos com o sistema de telemetria.

4.0 - TRATAMENTO DOS DADOS DO SISTEMA DE TELEMETRIA

Os dados obtidos pelo sistema de telemetria, encaminhados pelos concentradores de dados via Internet, são armazenados em uma "home-page" específica, que pode ser acessada através do endereço www.arcon.pa.gov.br/telem. A figura 5 apresenta a página principal deste sistema.

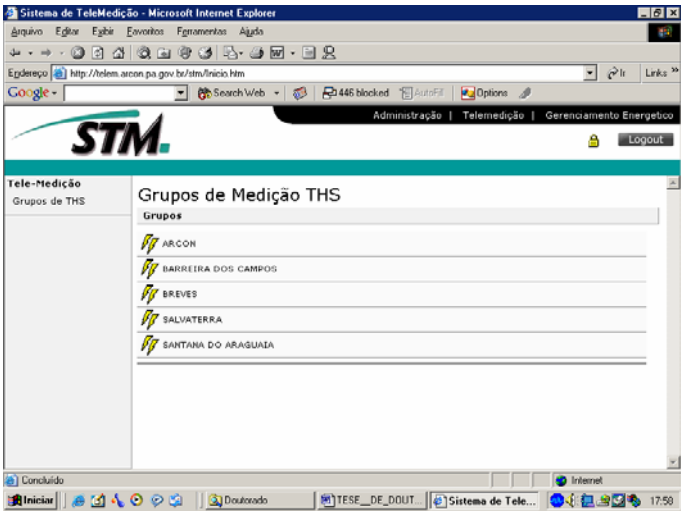


FIGURA 5 - Tela de Acesso aos Dados das Usinas.

Os dados das unidades geradoras são disponibilizados em planilha "Excel", juntamente com os dados de consumo de óleo diesel. Dessa forma, podem ser efetuados a análise e o tratamento. A figura 6 apresenta uma curva mensal do consumo específico de uma UTE no mês de setembro/2004, obtida pelos dados do sistema de telemetria.

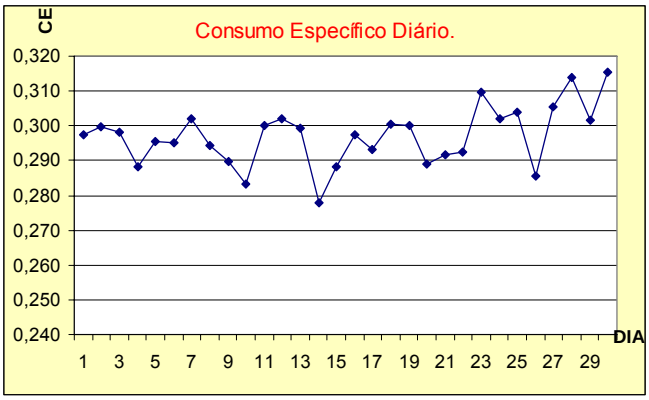


FIGURA 6 - Curva Mensal de Consumo Específico.

A figura 7 apresenta o diagrama de geração por unidade da mesma UTE da figura 6 contendo as quantidades de registros de demanda de cada unidade geradora, em relação à potência nominal das referidas unidades.
A correlação das curvas de consumo específico com o diagrama de geração de diversas usinas permite identificar um indicador que expressa de forma sintética o desempenho da usina no que diz respeito a modulação das unidades geradoras em relação à curva de carga da usina e a forma de despacho das mesmas, o qual será denominado de "ρ" sendo definido como:

$$Fu_i = (\Sigma^{n}_{j=1} P_j / Pg_i) / n \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
Fu_I – Fator de utilização de cada gerador da usina;
P_j - Potência do gerador "I" no horário "j";
Pg_i - Potência nominal do gerador "I";
n - Número total de horas do período considerado na apuração.

O indicador ρ da usina é então definido como a média dos fatores Fu_I, conforme abaixo descrito:

$$\rho = \Sigma^{m}_{i} (Fu_i \times Pg_i) / \Sigma^{m}_{i} (Pg_i)$$

Sendo:
m – Número total de geradores na usina.

Gerador	Potência (kW)	Intervalos (01 h) por faixa de operação			
		0-40%	40-60%	60-80%	80-100%
G-1	845	11	61	109	21
G-2	350	3	8	0	0
G-3	637	3	61	154	5
G-4	845	108	0	4	7

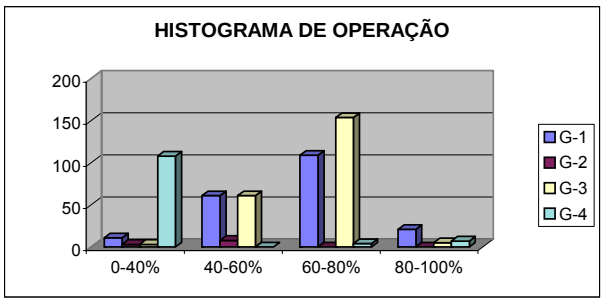


FIGURA 6 - Curva Mensal de Consumo Específico.

Na tabela 8 estão apresentados os valores do indicador "ρ" para as diversas usinas monitoradas pelo projeto piloto, na qual se observa a correlação entre este indicador e os consumos específicos da usinas.

TABELA 8 - Correlação entre o "ρ" e o Cesp das Usinas

UTE	C. Específico	ρ
"A"	0,265	0,707
"A"	0,304	0,619
"B"	0,350	0,126
"B"	0,436	0,075

Outros indicadores e informações são obtidos a partir do tratamento dos dados obtidos por telemetria, tais como, Reserva Operativa da Usina, Tempo sem Reserva Operativa da Usina e sua correlação com indicadores de continuidade e etc.

5.0 - CONCLUSÃO

A análise dos dados apurados até o momento indicam um grande potencial de economia no consumo de combustíveis e de melhoria da qualidade do fornecimento das usinas pela adoção de algumas medidas simples, tais como:
- Efetuar programação de despacho das unidades geradoras de acordo com a faixa de melhor consumo das mesmas;
- Remanejar unidades geradoras entre usinas;

Além disso, a ação de controle sobre o consumo de combustíveis tem o efeito positivo de melhorar os recursos disponíveis às concessionárias paro controle de recebimento e estoque de combustíveis.
Outras ações devem ser definidas no âmbito do projeto, tais como a prospecção de indicadores de desempenho para essas usinas, que poderão em última análise subsidiar a elaboração de documentos regulatórios pela ANEEL.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ELETROBRAS, CCPE/CTEM. Informe de Mercado 32, Dez 2003.

(2) GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE – GTON. Plano de Operação para 2004 – Sistemas Isolados.

(3) BRASIL. Lei 9.648, de 27 Mai 1998.

(4) ANEEL *home-page* www.aneel.gov.br, 22 Set 2004.

(5) CONDE, C., BARROS, A. E RIBEIRO, A. Universalização dos Serviços de Eletricidade no Norte do Brasil – Aspectos Regulatórios. 3º Congresso Brasileiro de Agências Reguladoras, Mai 2003.