**GPT/009**



**21  a  26  de  Outubro  de  2001**

**Campinas  -  São  Paulo  -  Brasil**

**GRUPO  II**

**GRUPO  DE  ESTUDO  DE  PRODUÇÃO  TÉRMICA  E  FONTES  NÃO  CONVENCIONAIS  (GPT)**

**GERAÇÃO  DISTRIBUÍDA  –  APLICAÇÃO  ATÉ  30  MW**

Jean  Cesare  Negri  \* (1)

José  Frederico  Rensi  Garrido (1)

Luiz  Francisco  Santos  Caio (1)

Maria  Cristina  Pellegrini (1)

Alfred  Gunther  Domschke (2)

(1) CESP  –  CIA.  ENERGÉTICA  DE  SÃO  PAULO

**RESUMO**

O  estudo  da  alternativa  da  geração  própria  seja  para

reduzir  custos,  seja  para  aumentar  a  confiabilidade  de

energia  junto  à  unidade  de  produção  ou  para  reduzir

riscos  de  suprimento  em  um  mercado  cuja  demanda

está  crescendo  mais  rápido  que  a  economia,  tem

motivado  as  indústrias  à  manter  sua  eficiência

energética  através  da  geração  de  pequeno  porte.

O  enfoque  deste  trabalho,  portanto,  é  abrir  uma

discussão  sobre  os  aspectos  regulatórios  e  técnico-

econômicos referentes às opções tecnologias

industriais que possam, através de suas

características,  contribuir  para  alcançar  este  objetivo

tanto  sob  o  aspecto  técnico  quanto  ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE**

Geração  distribuída,  Pequenas  centrais  termoelétricas,

Cogeração.

**1.0  -  INTRODUÇÃO**

A  abertura  do  setor  elétrico  e  as  respectivas  mudanças

regulatórias  têm  motivado  a  análise  da  postura  dos

novos  agentes  consumidores  e  geradores,  vinculados,

principalmente,  com  a  comercialização  de  energia

gerada  e/ou  cogerada.

A  liberação  a  partir  de  2003  dos  preços  de  suprimentos

dos  contratos  iniciais  com  viés  de  alta  em  relação  aos

valores  atualmente  praticados;  o  aumento  gradativo  da

carga  para  a  condição  de  consumidor  livre,  implicando

numa  perda  da  condição  de  consumidor  cativo  para  a

expansão  de  montantes  adicionais;  e  a  ocorrência  de

(2) IMT  –  INSTITUTO  MAUÁ  DE  TECNOLOGIA

riscos  maiores  de  atendimento  nos  próximos  2  a  3

anos  devido  ao  atraso  na  expansão  da  oferta  de

geração,  são  aspectos  que  têm  levado  os  agentes

menores  de  geração  e  os  consumidores,  a  considerar

a  possibilidade  de  implantar  a  geração  própria,  via

produtor  independente  e  autoprodutor.

Unidades  de  produção  até  30  MW  por  exemplo

apresentam  múltiplas  vantagens  na  sua  implantação:

!    estabelecimento  de  uma  regulamentação  que

atenda  às  Pequenas  Centrais  Térmicas  –  PCT´s,  e

que  englobe  incentivos  semelhantes  àqueles

concedidos  às  Pequenas  Centrais  Hidrelétricas  –

PCH´s.

!    existe,  geralmente,  mais  de  uma  tecnologia  para

atender  ao  requisito  de  energia  elétrica  e  produção

de  outros  energéticos,  envolvendo  um  número

maior  de  fornecedores  concorrentes.

!    o  princípio  para  esta  aplicação  é  ambientalmente

correto,  minimizando  em  termos  absolutos  o

impacto  ambiental,  sendo  incentivado  por  órgãos

de  licenciamento.

!    possibilidade  de  múltiplas  estruturas  de  negóciio,

como  arrendamento,  terceirização,  entre  outras.

!    alívio  no  sistema  de  distribuição  sobre  o  qual  há

muito  consumo  e  pouca  geração  podendo  haver

negociação  favorável  com  a  distribuidora  local.

É  neste  contorno  que  o  trabalho  propõe  uma  discussão

sobre  o  tema,  inicialmente  enfocando  o  nível  tarifário

existente,  para  apresentar  em  seguida,  o  perfil

energético  e  de  carga  elétrica  de  um  dos  principais

setores  consumidores  de  energia:  o  industrial.  Com

base     nestas     informações     condicionantes,     serão

discutidas  tecnologias  térmicas  disponíveis  e  os  custos

envolvidos.

CESP  -  Companhia.  Energética  de  São  Paulo

Rua  da  Consolação,  1875  -  11o  -  CEP  01301-100  -  São  Paulo,SP

Tel.:  (011)  234-6026  -  Fax  (011)  234-6326

e-mail:  jean.negri@cec.cesp.com.br

**2**



**2.0  –  CONDIÇÕES  ATUAIS  DE  FORNECIMENTO**

Dentro  da  atual  estrutura  do  setor  elétrico,  podem

exercer  a  opção  de  consumidor  livre,  aqueles  agentes

que  apresentam  cargas  acima  de  3  MW  ligadas  em

tensão  igual  ou  superior  a  69  kV,  como  demonstrado

no  cronograma  a  seguir:

Um     outro     mercado     potencial     que     surge     é     o

fornecimento  na  hora  da  ponta.  Contrapondo  ao  baixo

sinal  de  valorização  da  demanda  nos  contratos  de

suprimento,  a  demanda  de  fornecimento  apresenta-se

4  vezes  superior.  Os  consumidores,  além  de  serem

favorecidos  com  medidas  de  redução  de  carga  no

horário  de  ponta,  dispõem  também  um  incremento  a

autogeração  com  unidades  próprias  ou  terceirizadas.

**Prazo para**

**opção**            **Consumidor**

**Fornecedor**

Unidades  modulares  como  motores  Diesel,  mesmo

utilizando  combustível  nobre,  ou  máquinas  hidráulicas

≥30 MW novos sem restrição

Imediata ≥500 kW PCH´s

≥10 MW, 69 kV sem restrição

Jul/2000 ≥3 MW, 69 kV sem restrição

Jul/2003 qualquer porte sem restrição

tensão primária

Jan/2006 qualquer consumidor sem restrição

Fonte: Aneel

A  opção  pela  condição  livre  é  exercida  exclusivamente

pelo  consumidor.  O  trânsito  de  regresso  entre  a

condição  livre  para  cativa,  ainda  não  está  definida  e

regulamentada.

Entretanto,  esta  condição  de  opção  oferece  a  análise

dos  aspectos  vinculados  ao  próprio  consumidor  e  à

concessionária  local  baseada  na  estrutura  tarifária

vigente.

O  consumidor  em  tensão  elevada  A1  e  A2  terá

dificuldade  em  encontrar  preços  de  mercado  inferior  às

condições  tarifárias  atuais.

Em  contrapartida,  os  consumidores  de  tensão  inferior:

A3,  A4,  AS  e  Residencial,  praticam  tarifa  elevada  e

deverão  ter  na  sua  liberação  interesse  em  buscar

fornecimentos  em  melhores  condições,  próximos  aos

custos  marginais.

A  concessionária  procura  um  caminho  diametralmente

oposto,  isto  é,  liberar-se  dos  consumidores  A1  e  A2,  e

manter  os  consumidores  de  menores  níveis  de  tensão.

Esta  tendência  tem  sido  observada  nas  negociações

para  o  aumento  de  carga,  baseadas  por  sua  vez  na

condição  de  consumidor  livre.

A  Tabela  1,  no  final  do  trabalho,  apresenta  a  tarifa

média  das  concessionárias  paulistas,  para  as  diversas

classes  de  consumidores,  considerando  um  fator  de

carga  de  0,70  para  a  condição  Fora  de  Ponta  (21:00  às

18:00hs)  e  0,90  para  a  condição  de  Ponta  (18:30  às

20:30hs).

Consumidores  com  tarifas  acima  do  custo  marginal  de

expansão,  hoje  estimado  em  72  R$/MWh,  são  alvos

potenciais  para  o  suporte  à  geração  distribuída.  Os

consumidores  classe  A2  estão  na  zona  de  transição,

contudo,  consumidores  de  classe  de  tensão  inferior

como  o  A3  e,  sobretudo  o  A4,  apresentam  condições

bastante  favoráveis  para  desenvolver  autoprodução  ou

serem  supridos  por  geração  alternativa.

com  baixo  fator  de  capacidade,  são  tecnologias

competitivas  e  viáveis.

**3.0  -  CARACTERÍSTICAS  DA  CARGA**

Os      consumidores      potencialmente      viáveis      para

desenvolver  uma  autoprodução  ou  geração  distribuída

são  os  pertencentes  aos  segmentos  A2,  A3  e  A4.  Os

três  segmentos  englobam,  essencialmente,  a  classe

industrial,  sendo  a  comercial,  em  geral,  abastecida  no

A4.

O  setor  industrial  pode  ser  classificado  por  ramo  de

atividade  onde  alguns  deles  são  apresentados  na

Tabela  2  a  seguir.  Nesta  Tabela,  pode-se  observar  a

parcela  de  participação  da  energia  elétrica  em  cada  um

dos  processos  industriais.

**TABELA  2  –  CONSUMO  DE  ENERGIA  ELÉTRICA**

**Ramo  de  atividade**    **Consumo  de  Eletricidade**

**(%)**

Cimento                            31,0

Ferro-gusa  e  aço                    25,5

Mineração                          59,5

Química                            51,7

Têxtil                               80,0

Alimentos  e  bebidas                 25,7

Papel  e  celulose                     40,2

Cerâmica                           22,5

Fonte: BEN (2000)

Embora  se  verifique  um  maior  consumo  de  energia  no

ramo  têxtil,  foi  selecionado  para  este  estudo  as  curvas

de  carga  do  ramo  de  atividade  correspondente  ao

segmento  alimentício  por  apresentar  dados  mais

confiáveis.  Dessa  forma,  o  Gráfico  1  abaixo,  apresenta

a  modulação  e  sazonalidade  características  deste

segmento.

Para  tanto,  escolheu-se  uma  indústria  típica  que  aqui  é

denominada*Industrial  Típico,*  e  que  compõe  um  dos

grandes  consumidores  alimentícios  do  Estado  de  São

Paulo.

O  Gráfico  1  apresenta  uma  curva  de  carga  bastante

modulada  ao  longo  dos  dias  úteis,  ressalvando-se  uma

pequena  redução  da  demanda  no  horário  de  Ponta.  O

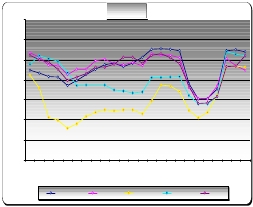
período  considerado  contem  medições  horárias  e,

embora  seja  uma  curva  característica  de  uma  semana,

seu  comportamento  é  similar  para  os  outros  dias  do

**3**

**KW**



mês.  O  fim  de  semana  não  foi  apresentado  nesta

análise  por  ser  um  período  de  turnos  bastante  atípico

cuja  análise  mais  aprofundada  requer  um  trabalho

específico  que  escapa  ao  âmbito  deste  artigo.

**GRÁFICO  1  –  CURVA  DE  CARGA  INDUSTRIAL**

**TÍPICO**

**~~IndustrialTípico~~**

15.000

14.000

13.000

12.000

11.000

10.000

9.000

8.000

1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

**Horas**

Segunda Terça Quarta Quinta Sexta

A  característica  da  curva  de  carga  fornece  a  primeira

indicação  da  tecnologia  de  geração  a  ser  aplicada.

Fatores  de  carga  baixos,  indicam  tecnologias  com

baixa  parcela  no  investimento,  com  certa  folga  no  custo

variável.  Em  contrapartida,  fatores  de  carga  elevados

indicam  intensidade  de  uso,  privilegiando  tecnologias

com  eficiências  elevadas.

O  nível  de  confiabilidade  requerido,  indicará  a

modulação  adequada  ou  a  reserva  estratégica.

Além  da  busca  do  fornecimento  de  energia  elétrica

cabe  uma  análise  integrada  para  o  atendimento  de

outros  energéticos:  calor  ou  frio,  em  função  do

processo  industrial  que  venha  a  ser  aplicado.

A  solução  otimizada  de  geração  ou  cogeração  é  obtida

através  de  um  estudo  de  viabilidade  que  indica  a

decisão  a  ser  tomada.

Há  normalmente  duas  posições  das  indústrias  nos

segmentos  das  classes  A2  a  A4,  onde  o  insumo

energia  elétrica  não  é  normalmente  o  primeiro  item  de

custo.

A  primeira  posição  e  a  mais  usual,  é  não  se  envolver

com  atividades  externas  ao  processo  industrial,  neste

caso  a  geração  de  energia  elétrica,  cabendo  nesta

situação,  uma  terceirização  ou  arrendamento  da  casa

de  força.  A  segunda  posição,  é  o  envolvimento  com  a

estratégia  de  diminuir  o  custo  industrial  e  auferir

receitas  adicionais.

**4.0  –  TECNOLOGIAS  DISPONÍVEIS**

As  tecnologias  para  atender  estes  segmentos  devem

ter  modulação  até  30  MW.

Neste  contexto  podem  ser  incluídas  as  seguintes

tecnologias:

!    turbina  a  gás;

!    motores  de  combustão  interna;

!    ciclo  Rankine  convencional;

!    células  de  combustível

**4.1.  –  Descrição  das  tecnologias**

Dentre  as  várias  tecnologias  disponíveis,  conforme

apresentadas  na  Tabela  3  no  final  deste  trabalho,

optou-se  por  traçar  uma  breve  descrição  de  algumas

delas,  procurando  abordar  de  forma  suscinta  sua

utilização      e      os      custos      envolvidos      em      seu

desenvolvimento.

**4.1.1.  -  Célula  de  combustível**  –  representa  uma

antiga  tecnologia  que  foi  desativada  por  ocasião  da

invenção  do  dínamo,  há  mais  de  cem  anos.  Foi  apenas

na  década  de  60  que  se  deu  a  primeira  aplicação

prática  deste  dispositivo.

Atualmente,       a       Siemens       Westinghouse       está

desenvolvendo  uma  célula  de  combustível  denominada

“Solid  Oxide  Fuel  Cell”  –  SOFC,  que  emprega  eletrólito

sólido  na  forma  de  tubos  de  cerâmica  de  zircônia.  No

interior  dos  tubos,  o  ar  funciona  como  catodo  e  no  lado

externo  circula  o  combustível  na  forma  de  hidrogênio  e

monóxido  de  carbono,  produzido  através  do  gás

natural  reformado  no  interior  da  célula,  funcionando

como  anodo.

Na  sua  versão  final,  prevista  para  entrar  em  operação

até  2004,  pretende-se  elevar  a  eficiência  atual  de  46%

para  57%  e  cobrir  o  intervalo  de  potência  de  250  kW  a

3  MW  Quanto  ao  custo,  estima-se  algo  em  torno  de

1300  e  1500  US$/kW,  contudo,  este  preço  poderá  ser

minimizado  logo  após  o  primeiro  ano  de  produção

quando  a  indústria  aumentar  sua  capacidade  para

atender  a  um  volume  maior  de  unidades.

Apesar  de  todas  as  dificuldades  inerentes  à  uma

tecnologia  antiga,  as  células  de  combustível  se

encontram  em  pleno  desenvolvimento  já  se  igualando

às  eficiências  dos  motores  a  Diesel.

Na  realidade,  a  produção  de  células  de  combustível

tem  como  objetivo  melhorar  o  custo  destes  artefatos

eletroquímicos  de  forma  a  competir  com  o  combustível

fóssil  utilizado  em  aplicações  industriais  e  em  sistemas

veiculares.

**4.1.2.  -  Turbinas  a  gás  aeroderivadas  em  ciclo**

**simples**

As  turbinas  a  gás  colocam-se  hoje  como  a  melhor

opção     termoelétrica     de     ponta,     pelo     seu     baixo

investimento  e  flexibilidade  operacional.  As  turbinas  a

gás  aeroderivadas  têm  a  vantagem  de  compartilhar  um

mercado  de  partes  e  componentes  com  a  indústria

aeronáutica,  o  que  reduz  seus  custos  e  prazos  de

entrega.  Os  dados  econômicos  das  turbinas  a  gás

aeroderivadas  são  apresentados  resumidamente  na

Tabela  4  a  seguir.

**Thank you for using Wondershare PDFelement.**



**You can only convert up to 5 pages in the trial version.**

**To get the full version， please purchase the program here:**

[*http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=973&m=db*](http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=973&m=db)