

# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

julho 2001

*Atenção !!!!*

*Texto em desenvolvimento : favor  
não reproduzir*



INTRODUÇÃO.....	3
DEFINIÇÃO E FORMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	3
OBJETIVO.....	3
1. TENDÊNCIAS PARA A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	4
1.1. CAUSAS DESSAS TENDÊNCIAS.....	4
1.2. VANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	4
1.3. DESVANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	5
1.4. PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO.....	5
1.4.1. Efeitos prováveis das tendências ora constatadas.....	5
1.4.2. Conjeturas sobre desenvolvimentos tecnológicos com reflexos na geração distribuída.....	6
2.1. PLANEJAMENTO.....	6
2.1.1. Necessidade de planejamento conjunto de concessionária e produtores independentes.....	6
2.1.2. Conveniência da coordenação de produtores independentes numa mesma área.....	7
2.1.3. Definição de mecanismos operacionais para o planejamento.....	7
2.2. CONTROLE E FLUXO DE INFORMAÇÃO.....	7
2.2.1. Necessidade de controle conjunto da operação de concessionárias e produtores independentes.....	7
2.2.2. Benefícios da coordenação de produtores independentes numa mesma área.....	7
2.2.3. Definição de matriz de fluxo de informação e de comandos.....	8
2.3. SEGURANÇA.....	8
2.3.1. Propagação de perturbações.....	8
2.3.2. Falhas nas comunicações.....	8
2.4. CONFIABILIDADE E SERVIÇOS ANCILARES.....	8
2.4.1. Ação conjunta de concessionárias e produtores independentes para manter e melhorar a confiabilidade de suprimento.....	8
2.4.2. Serviços ancilares.....	9
3.1. PREMISSAS LEGAIS E REGULAMENTAÇÃO.....	9
3.1.1. Legislação.....	9
3.1.2. Regulamentação.....	9
3.2. REQUISITOS TÉCNICOS.....	10
3.2.1. Condições técnicas prévias a serem atendidas pelo sistema do produtor independente.....	10
(PIE) e pela rede da concessionária.....	10
3.2.2. Requisitos gerais e específicos para o equipamento de interconexão.....	11
3.2.3. Requisitos para intercomunicação entre sistemas.....	12
3.3. REQUISITOS CONTRATUAIS E MEDIÇÃO.....	12
3.3.1. Requisitos contratuais.....	12
3.3.2. Medição.....	12
3.4. REQUISITOS OPERACIONAIS: INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES E COMANDOS.....	13
3.4.1. Procedimentos operacionais e sua automatização.....	13
3.4.2. Procedimentos para intercâmbio de informações.....	13
3.4.3. Tipos de comunicações e comandos.....	13
3.5. CONDIÇÕES ECONÔMICO-FINANCEIRAS E VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA.....	13
3.5.1. Parâmetros para definir a conveniência econômico-financeira da interconexão.....	13
3.5.2. Fontes de recursos para implementar as interconexões.....	14
4.1. HARMONIZAÇÃO DE CONCESSIONÁRIAS E PRODUTORES INDEPENDENTES.....	14
4.1.1. Avaliação dos benefícios mútuos para Concessionárias e produtores independentes.....	14
4.1.2. Verificação de possíveis entraves e simplificação dos procedimentos burocráticos para interconexão de produtores independentes à rede da Concessionária.....	14
4.2. DEFINIÇÕES E REGULAMENTAÇÃO.....	14
4.2.1. Pontos a serem definidos ou esclarecidos, de ordem técnica e contratual:.....	15
4.2.2. Questões tarifárias.....	16
APÊNDICE 1 - DETALHES TÉCNICOS DE INTERCONEXÃO.....	18
APÊNDICE 2 - POSSÍVEIS DESENVOLVIMENTOS TECNOLÓGICOS COM REFLEXOS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	20
Carro Híbrido.....	20
Carro Híbrido.....	20
Máquinas rotativas em alta tensão.....	21
Mini-rede.....	22
APÊNDICE 3 - Grupo de Trabalho.....	23

## INTRODUÇÃO

### DEFINIÇÃO E FORMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Em geral se considera como "geração distribuída" qualquer fonte geradora com produção destinada, em sua maior parte, a cargas locais ou próximas, alimentadas sem necessidade de transporte da energia através da rede de transmissão.

Vamos aqui considerar "geração distribuída" não apenas nesse sentido restrito de "geração descentralizada de energia" - qualquer que seja seu uso : na base, na ponta, ou para ambos os fins - mas num sentido mais amplo, correspondendo à expressão "distributed resources" [fontes de energia distribuídas], abrangendo também :

- a. cogeração - produção simultânea de energia térmica (para fornecer calor de processo industrial) e de energia elétrica, a partir de combustíveis,
- b. frio/calor distrital: produção simultânea, para distribuição comercial, de água gelada ou quente ou vapor - para resfriamento ou aquecimento - e de energia elétrica;
- c. fontes energéticas "virtuais" : uso de geradores de emergência para a geração normal; disponibilização de energia já contratada que não venha a ser usada durante certo período (p.ex. numa indústria por motivo de férias coletivas antecipadas);
- d. redução da demanda pelo controle *on-line* do consumo (gerenciamento pelo lado da demanda);
- e. armazenamento de energia elétrica para posterior reinjeção na rede.

Do ponto de vista topológico, são aqui incluídas na geração distribuída pequenas centrais elétricas de qualquer natureza (hidrelétricas, eólicas, térmicas, fotovoltaicas etc.) até 30 MW de potência, sem restrição de qual seja o proprietário (produtor independente, concessionária etc.), enquanto para a cogeração (geralmente pertencente a autoprodutor) e para a produção de frio/calor distrital não se estabelece limite de potência.

Vê-se, pois, que está sendo aqui considerada uma grande diversidade de fontes - quanto a natureza, potência e proprietário - as quais, em muitos casos, requerem tratamento diferenciado em função de suas características. Neste documento serão usadas as expressões "fonte de geração distribuída" para englobar todas as categorias acima mencionadas e "disponibilizador de geração distribuída" (DGD) para denotar o detentor de fonte de geração distribuída que se disponha a interligá-la à rede.

Todas estas formas de geração, contudo, só são aqui consideradas quando se interliguem ou pretendam se interligar à rede elétrica existente (inclusive as pequenas redes públicas de sistemas isolados, como p.ex. os que atendem algumas localidades das Regiões Norte e Centro-Oeste), sendo pois excluídos autoprodutores sem conexão, existente ou pretendida, à rede.

## OBJETIVO

O objetivo destas Notas é visualizar a interconexão da geração distribuída com a rede elétrica existente, dentro da nova realidade do setor elétrico reestruturado e do conjunto de tecnologias hoje disponíveis, procurando apontar possíveis dificuldades e obstáculos, a fim de que venham ser tomadas, em tempo hábil, providências para superá-los e para que sejam alcançados, por todos os participantes, os benefícios que a geração distribuída pode proporcionar.

# 1. TENDÊNCIAS PARA A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

## 1.1. CAUSAS DESSAS TENDÊNCIAS

O incentivo inicial à geração distribuída surgiu nos EUA com as mudanças na legislação iniciadas pelo Public Utilities Regulatory Policies Act (PURPA) em 1978 e ampliadas em 1992 pelo Energy Policy Act, com a desregulamentação da geração de energia. Outros países também começaram a alterar sua legislação referente ao setor elétrico, e a difusão da geração distribuída foi facilitada pelo progresso tecnológico mundial no campo da computação, resultando em controle e processamento de dados mais rápido e mais barato, e no campo das telecomunicações, oferecendo maior rapidez e menor custo na transmissão de maior volume de informação.

De alguns anos para cá, surgiram também no Brasil tendências para incremento da geração distribuída, decorrentes das seguintes causas:

- a. desejo dos consumidores de reduzir o custo do suprimento de energia elétrica e de melhorar a confiabilidade desse suprimento, face ao aumento dos preços aplicados pelas concessionárias e às deficiências das mesmas; em particular, o custo do óleo diesel tornou em certos casos mais econômico o atendimento da ponta por geração local "ad hoc" (geradores de ponta) do que pela concessionária;
- b. reestruturação institucional do setor elétrico, com :
  - criação das figuras do consumidor livre e do comercializador de energia;
  - oportunidade de livre acesso de produtores independentes e consumidores livres ao sistema de transmissão, pelas novas regras estabelecidas pela ANEEL;
  - legalização da venda de energia elétrica ao mercado por produtores independentes;
  - permissão legal de distribuição de eletricidade junto com a de frio/calor distrital;
- c. disponibilidade crescente do gás natural para geração, em virtude do aumento da oferta tanto de origem nacional como externa, da construção de gasodutos para transporte e do desenvolvimento das redes de distribuição;
- d. conscientização dos problemas ambientais, promovendo soluções que tendam a reduzir os impactos ambientais da geração, dentre as quais as permitem melhor aproveitamento da energia proveniente de combustíveis quer fósseis quer da biomassa;
- e. aperfeiçoamento de tecnologias que tornaram competitivos novas fontes e novos processos de geração de energia;
- f. progresso da tecnologia eletrônica e conseqüente redução nos custos de sistemas de controle, de processamento e de transmissão de dados, viabilizando a operação de sistemas elétricos cada vez mais complexos.

## 1.2 VANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída oferece uma série de vantagens; algumas decorrem de sua usual proximidade do local de consumo (como ocorre na cogeração e no uso de geradores de emergência) :

- a. atendimento mais rápido ao crescimento da demanda (ou à demanda reprimida) por ter um tempo de implantação inferior ao de acréscimos à geração centralizada e reforços das respectivas redes de transmissão e distribuição;
- b. aumento da confiabilidade do suprimento aos consumidores próximos à geração local, por adicionar fonte não sujeita a falhas na transmissão e distribuição;

- c. aumento da estabilidade do sistema elétrico, pela existência de reservas de geração distribuídas;
- d. redução das perdas na transmissão e dos respectivos custos, e adiamento no investimento para reforçar o sistema de transmissão;
- e. redução dos investimentos para implantação, inclusive os das concessionárias para o suprimento de ponta, dado que este passa a ser compartilhado ("peak sharing"), e os de todos os produtores para reservas de geração (que podem ser alocadas em comum);
- f. redução dos riscos de planejamento.

Resultam daí benefícios tanto para os consumidores como para as concessionárias. Para os autoprodutores, há mais uma vantagem:

- g. aumento da eficiência energética, redução simultânea dos custos das energias elétrica e térmica, e colocação dos excedentes da primeira no mercado a preço competitivo.

Para o País, resultam benefícios ambientais e econômicos :

- h. redução de impactos ambientais da geração, pelo uso de combustíveis menos poluentes, pela melhor utilização dos combustíveis tradicionais e, em certos tipos de cogeração, com a eliminação de resíduos industriais poluidores.
- i. benefícios gerais decorrentes da maior eficiência energética obtida pela conjugação da geração distribuída com a geração centralizada, e das economias resultantes;
- j. maiores oportunidades de comercialização e de ação da concorrência no mercado de energia elétrica, na diretriz das Leis que reestruturaram o setor elétrico [ref. Leis 1995-6-8].

### **1.3. DESVANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

Por outro lado, a geração distribuída acarreta também desvantagens, que não devem ser esquecidas, devidas ao aumento do número de empresas e entidades envolvidas e à desvinculação entre interconexão física e intercâmbio comercial (a concessionária a que vai se conectar um produtor independente pode ser apenas transportadora e não compradora da energia que lhe é entregue por aquele produtor para um cliente remoto) :

- a. maior complexidade no planejamento e na operação do sistema elétrico, inclusive na garantia do "back-up";
- b. maior complexidade nos procedimentos e na realização de manutenções, inclusive nas medidas de segurança a serem tomadas;
- c. maior complexidade administrativa, contratual e comercial;
- d. maiores dificuldades de coordenação das atividades;
- e. em certos casos, diminuição do fator de utilização das instalações das concessionárias de distribuição, o que tende a aumentar o preço médio de fornecimento das mesmas.

Para o produtor independente, a interligação à rede acarreta obviamente certa redução de autonomia, por não poder mais agir visando apenas a maximização do próprio benefício, nos casos em que possa ser prejudicado o benefício global de todos os usuários.

### **1.4. PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO**

#### **1.4.1. Efeitos prováveis das tendências ora constatadas**

As desvantagens apontadas acima em 1.3 podem ser reduzidas, pela adoção de medidas adequadas (como sugerido no cap. 4), e as vantagens da geração distribuída, acentuadas pelo progresso tecnológico, tenderão a difundir cada vez mais seu emprego.

Isto provavelmente será insuficiente para atender todo o crescimento da demanda de energia elétrica e, portanto, não irá dispensar acréscimos da geração centralizada mas sim diminuir sua taxa de crescimento.

#### 1.4.2. Conjeturas sobre desenvolvimentos tecnológicos com reflexos na geração distribuída

Espera-se, num futuro mais ou menos próximo, a viabilização técnico-comercial de pilhas (células) de combustível, que poderão se tornar uma fonte alternativa competitiva para geração distribuída, havendo certos tipos apropriados a grandes consumidores, outros atraentes até para residências.

A aplicação dessas pilhas como fonte de energia para veículos poderá mesmo promover seu uso como fonte para a geração distribuída, se forem ligadas à rede nos períodos de inatividade daqueles veículos ("hipercarros").

Já está se difundindo a geração eólica em regiões com regime favorável de ventos, que irá ser incrementada ainda pela redução gradativa de seu custo. Deve crescer também o uso de micro-turbinas e de sistemas de armazenamento de energia por baterias, tanto como fonte de emergência como para redução da demanda de ponta solicitada à rede.

Várias dessas novas fontes, gerando em corrente contínua (CC) - ou em frequência mais alta logo retificada (micro-turbinas), irão se agrupar em micro-redes ("microgrids") de CC, formando blocos a serem ligados à rede principal através de inversores.

O aperfeiçoamento da isolação elétrica, permitindo construir máquinas girantes em tensões mais elevadas e reduzindo suas dimensões e o custo de seu isolamento, também irá influir na geração distribuída, permitindo elevar as tensões de distribuição e assim aumentar a eficiência energética.

Essas conjecturas são tratadas em mais detalhe no Apêndice.

## 2. IMPLICAÇÕES DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PARA A REDE

08.04.01

### 2.1. PLANEJAMENTO

#### 2.1.1. Necessidade de planejamento conjunto de concessionária e produtores independentes

O planejamento do sistema elétrico é realizado por níveis: regional e nacional (corresponde à Rede Básica de transmissão - 230 kV e acima), microrregional (subtransmissão - 69 a 138 kV) e local (distribuição primária - 13,8 a 34,5 kV).

Com a descentralização da geração envolvendo, além das concessionárias, os produtores independentes e os autoprodutores, torna-se indispensável um planejamento conjunto nos níveis de subtransmissão e distribuição para obter a evolução satisfatória do sistema elétrico, buscando uma eficiência energética global e benefícios para todas as partes envolvidas. Os pequenos produtores, no nível de distribuição, provavelmente só poderão fazer um planejamento a curto prazo, mas os produtores maiores (cogeração, instalações distritais) no de subtransmissão, poderão fazê-lo também a médio prazo, cabendo às concessionárias a coordenação do planejamento conjunto, levando em conta seus próprios planos e aqueles dos produtores independentes, à luz das diretrizes estipuladas pelo governo [em seguida, lhes caberá também apresentar à ANEEL esse planejamento conjunto, para que seja coordenado com o da geração centralizada e o da transmissão].

Nesse planejamento, cada produtor deverá estimar a evolução provável da demanda de energia e de ponta referente ao consumo e próprio e de seus consumidores cativos, bem como a disponibilidade excedente para comercialização.

### 2.1.2. Conveniência da coordenação de produtores independentes numa mesma área

Quando houver grande número de pequenos produtores independentes numa mesma área, será conveniente, para viabilizar a realização tanto desse planejamento como de uma operação eficiente - v. 2.2.2, que os mesmos busquem uma forma de atuação conjunta - através de consórcio ou outra modalidade de associação, seja para reduzir o número de interlocutores com a concessionária local como principalmente para obter melhores resultados e maior eficiência - através da troca de informações para racionalizar a geração e para compartilhar reservas.

Isto também facilitará os procedimentos contratuais, administrativos e comerciais, evitando uma sobrecarga gerencial acima da capacidade dos pequenos produtores e aliviando aquela das concessionárias.

### 2.1.3. Definição de mecanismos operacionais para o planejamento

É necessário que sejam definidos os mecanismos operacionais para esse planejamento, de preferência mediante regulamentação pela ANEEL (conforme sugerido no cap. 4), a fim de uniformizar critérios e procedimentos, procurando evitar uma rigidez excessiva e permitir a adaptação de casos particulares a situações nem sempre previsíveis.

Essa definição deve incluir as análises da rede, antes efetuadas pela concessionária em nível local e regional, e que agora se tornam bem mais complexas pela variabilidade da contribuição de fontes de geração distribuída.

Para o planejamento e gerenciamento da operação, torna-se necessário um software específico, com uma série de programas para previsão de carga, balanço energético, gerenciamento de contratos, monitoramento da geração distribuída, etc. [v. Seppälä, 1999].

## 2.2. CONTROLE E FLUXO DE INFORMAÇÃO

### 2.2.1. Necessidade de controle conjunto da operação de concessionárias e produtores independentes

Para que o sistema elétrico opere satisfatoriamente, são indispensáveis o estabelecimento inicial de normas operacionais que incluam a atuação dos produtores independentes (PIEs) e, em seguida, a programação prévia da operação ao longo do tempo, feita de comum acordo por todos os produtores envolvidos. Com base naquelas normas e nessa programação, será possível o controle conjunto da operação de concessionárias e PIEs, de forma a maximizar a eficiência energética do sistema e a minimizar as perturbações decorrentes de manobras, atendendo na medida do possível as conveniências de todos os interessados. Será desejável que a ANEEL estabeleça um esquema mínimo de normas operacionais (v. cap. 4), a ser detalhado em cada caso pelos produtores envolvidos, levando em conta as peculiaridades respectivas.

### 2.2.2. Benefícios da coordenação de produtores independentes numa mesma área

De forma até mais acentuada do que para o planejamento (v. 2.1.2.) - face à necessidade de atuar em tempo real - em áreas com grande número de produtores independentes torna-se impraticável a participação direta de todos eles no controle da operação, por aumentar em demasia as consultas e retardar as decisões. É pois vantajosa uma coordenação dos produtores independentes na mesma área - mediante acerto prévio entre os mesmos, compatibilizando seus requisitos e suas conveniências - com controle de operação unificado

através de uma mesa controladora central, que dialogaria com cada um deles e, em nome de todos eles, com a concessionária envolvida. O comercializador da energia, figura prevista na nova legislação, pode ser o agente dessa coordenação.

### 2.2.3. Definição de matriz de fluxo de informação e de comandos

O funcionamento do sistema elétrico no esquema de mercado decorrente da reestruturação exige um crescimento enorme do fluxo de informações, principalmente *on-line*, pelo aumento dos números seja dos participantes seja dos tipos de dados a serem transmitidos. Com efeito, os preços e os fornecimentos, que eram anteriormente fixados em contrato, podem agora - em grande parte dos casos - variar, podendo os segundos serem decididos *on-line*, entre consumidores e comercializadores ou produtores, em função da oscilação dos primeiros.

Tudo isto pode levar a uma sobrecarga de informações, que no limite poderia levar ao colapso no funcionamento; aquele fluxo precisa ser disciplinado e sistematizado pela definição de uma matriz, que o reduza ao necessário para a operação e evite a sobrecarga. Essa matriz também deve definir a hierarquia no controle e nos comandos, anteriormente centralizados, fazendo com que seja mantida, na descentralização, toda a coordenação indispensável ao bom funcionamento.

## 2.3. SEGURANÇA

### 2.3.1. Propagação de perturbações

Num sistema centralizado radial, falhas na linha de interconexão ou perturbações graves na rede acarretam o desligamento total do fornecimento ao consumidor. A geração distribuída, interligando-se à rede, por um lado sujeita esta às perturbações originadas no sistema do PIE; por outro lado, mediante seleção adequada dos equipamentos de manobra e proteção e de seus ajustes, permite restringir o efeito das falhas da rede sobre o sistema do PIE e, ao mesmo tempo, minimizar o efeito sobre a rede daquelas ocorridas no sistema do PIE, como é indicado em 3.2.2.

### 2.3.2. Falhas nas comunicações

São muito mais prejudiciais no sistema com geração distribuída do que naquele centralizado, devido à descentralização de comandos e decisões. Por este motivo, é imprescindível que as comunicações entre as mesas de controle locais e centrais tenham alta confiabilidade, e que exista sempre um canal de comunicação de reserva. Além disto, os procedimentos operacionais devem estipular rotinas padronizadas a serem seguidas se as comunicações forem interrompidas, para evitar iniciativas ou manobras que possam afetar a segurança.

## 2.4. CONFIABILIDADE E SERVIÇOS ANCILARES

### 2.4.1. Ação conjunta de concessionárias e produtores independentes para manter e melhorar a confiabilidade de suprimento

Como indicado em 1.2, a geração distribuída pode aumentar a confiabilidade do suprimento aos consumidores próximos à geração local, e também a estabilidade do sistema elétrico. Para isto, contudo, é necessário um bom entrosamento entre concessionárias e PIEs para o

correto planejamento da operação, com programação antecipada de entradas e saídas de fontes geradoras, alocação de reservas, previsão de ações a serem tomadas em caso de falhas e perturbações etc. Isto contribui para reduzir as interrupções no suprimento e, por conseguinte, os valores dos respectivos índices de duração e frequência (DEC e FEC).

#### 2.4.2. Serviços ancilares

A geração distribuída permite que o PIE participe:

- na geração dos reativos (além do uso eventual de bancos de capacitores) modulando-a conforme as necessidades da rede, para manter os níveis de tensão dentro dos limites prescritos e até em faixa de variação mais restrita do que estes; note-se que, para PIEs com geração sazonal, isto pode ser feito também no restante do ano, desde que seus geradores rotativos sejam adaptados para funcionar então como compensadores síncronos (com motor primário desligado);
- no suprimento da ponta ("peak sharing") compartilhando-o, mediante acordo prévio e monitoramento on-line;
- em certos casos, na disponibilização de reserva de capacidade, entre PIE's ou da rede.

Estes serviços também requerem uma boa coordenação entre concessionária e PIE, e sua efetivação exige algumas mudanças na atual regulamentação (v. cap. 4).

### 3. INTERCONEXÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

08.04.01

#### 3.1. PREMISSAS LEGAIS E REGULAMENTAÇÃO

##### 3.1.1. Legislação

A base legal para a reestruturação do setor elétrico são as Leis :

- n.º 9.074 de 07.07.1995, que estabelece normas para outorga e prorrogação de concessões e permissões de serviços públicos
- n.º 9.427 de 26.12.1996, que institui a ANEEL
- n.º 9.648 de 28.05.1998 (com alterações dadas na Lei n.º 9.984 de 17.07.00), que altera leis anteriores e autoriza a reestruturação da ELETROBRÁS, complementadas pelos Decretos :
  - n.º 2.003 de 10.09.1996, que regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor etc.
  - n.º 2.335 de 06.10.1997, referente à ANEEL
  - n.º 2.655 de 02.07.1998 (com alterações dadas no Decreto n.º 3.653 de 07.11.00), que regulamenta o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), define a organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico etc.

Em particular, o § 6º do Art.15 da Lei 9.074 e o Art.13 do Decreto 2.003 asseguram ao Produtor Independente e ao Autoprodutor o livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição de concessionários, mediante ressarcimento do custo de transporte envolvido.

##### 3.1.2. Regulamentação

Aplicam-se as Resoluções n.º 281 e 286 de 01.10.1999, que estabelecem respectivamente as condições gerais de contratação de acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, e as tarifas de uso dos sistemas de distribuição.

Em particular, na Resolução n.º 281:

- os artigos 5 e 6 da definem respectivamente as atribuições e responsabilidades das concessionárias e permissionárias de distribuição, e dos usuários dos sistemas de [transmissão e] distribuição, incluindo em cada caso dois contratos: um de conexão (CCD) outro de uso do sistema de distribuição (CUSD), cuja abrangência é definida nos artigos 12 e 11 respectivamente;
- o artigo 18 indica que os encargos de conexão são de responsabilidade do usuário, e serão objeto de negociação entre as partes, devendo as instalações de conexão obedecerem às normas técnicas e padrões da concessionária.

Aplica-se ainda a Resolução n.º 371 de 29.12.1999, que regulamenta a contratação de reserva de capacidade (CRC) por autoprodutor (AP) ou produtor independente (PIE), para atendimento a unidade consumidora diretamente conectada às suas instalações de geração. A contratação da reserva deve ser feita com a concessionária local, mas a energia necessária durante o período de indisponibilidade (ou redução de capacidade) das unidades geradoras do AP ou PIE tanto pode ser adquirida do MAE como mediante contrato prévio.

## 3.2. REQUISITOS TÉCNICOS

### 3.2.1. Condições técnicas prévias a serem atendidas pelo sistema do produtor independente (PIE) e pela rede da concessionária

- Nível de curto-circuito [ref. Sato 2000]

Deve-se verificar se o nível de curto-circuito admissível no sistema do PIE (tanto dos equipamentos de manobra como dos barramentos, condutores etc.) é compatível com aquele que será atingido após a interconexão com a rede da concessionária; caso contrário, devem ser estudadas e definidas as medidas a serem tomadas para adequá-lo: inclusão de reator limitador de corrente ou "upgrading" das instalações.

Quanto à concessionária, é possível - embora menos provável - que a inserção da geração distribuída, sobretudo se houver vários PIEs na mesma área, eleve o nível de curto-circuito acima do valor admissível em sua rede. Caso isto ocorra, devem ser tomadas providências análogas às acima citadas.

- Aterramento do neutro

Caso a interconexão seja feita em nível de tensão preexistente (i.e. sem adicionar transformação), deve-se verificar se o método de aterramento do PIE é compatível com aquele da rede; caso contrário, devem ser estudadas as alterações a serem feitas. Também cabe estudar a conveniência da interligação dos neutros.

- Proteção contra surtos externos

Deve-se verificar se a tensão suportável de impulso atmosférico do sistema do PIE - em particular quando não possua instalação aérea - é compatível com a da rede e, em qualquer caso, fazer estudo da propagação de surtos provenientes da rede e providenciar pára-raios e outras proteções adequadas.

- Reguladores

Cabe verificar se os reguladores de velocidade dos motores primários que acionam os geradores do PIE, e os reguladores de tensão desses geradores, têm características adequadas para paralelismo com uma rede de maior potência.

E ainda, se existem meios adequados para controle da transferência de reativos, como comutadores de derivações em carga nos transformadores.

#### - Harmônicos

Precisa ser avaliado o conteúdo de harmônicos no sistema do PIE, que não deve superar, no ponto de interconexão, o limite aceitável pela rede externa.

#### - Segurança na manutenção

Deve ser verificado se qualquer trecho a ser desenergizado para manutenção é dotado do seccionamento adequado. Em particular, numa ligação existente entre concessionária e consumidor que operava com fluxo unidirecional daquela para este, e que passa a ter fluxo bidirecional quando a geração própria do consumidor é ligada em paralelo com a rede, será preciso acrescentar disjuntores e seccionadores para se obter a segurança necessária.

### 3.2.2. Requisitos gerais e específicos para o equipamento de interconexão

[ref. Vasconcellos 1999; Sato 2000]

De modo geral, deve-se evitar a propagação de faltas da rede para o sistema do PIE e vice-versa, desligando-se até o paralelismo quando for necessário. Assim, p.ex.:

- um curto-circuito na linha de interconexão, ou perturbação na rede da concessionária, que tendam a solicitar brusco aumento na geração do PIE, precisam ser detectados rapidamente para que seja desfeito o paralelismo e adequada a geração do PIE à sua demanda própria;
- faltas internas ao sistema do PIE devem provocar isolamento dos circuitos com defeito e redução seletiva de carga, procurando-se manter o paralelismo e a operação do restante daquele sistema, e minimizar a perturbação na rede da concessionária;
- faltas em gerador do PIE devem provocar o rápido desligamento do mesmo (bem como de parte da carga própria do PIE se necessário), a fim de que possa ser mantida a alimentação das cargas essenciais do PIE pela rede da concessionária (e o paralelismo com os outros geradores do PIE, caso haja).

Para isso, devem ser providenciados pelo PIE sistemas de proteção apropriados, com relês de sobrecorrente simples e direcionais, de sub- e sobre-tensão, de sub- e sobre-freqüência, de verificação e de perda de sincronismo etc., estudando-se cuidadosamente a respectiva coordenação para as várias eventualidades de faltas.

Por sua vez, a concessionária deverá adequar o esquema de sua subestação de interconexão, provavelmente previsto para operação radial, para as novas condições de funcionamento com fluxo de energia nos dois sentidos da interconexão (a esse propósito: eventuais bloqueios do fluxo de energia do PIE para a concessionária, nas instalações desta ou daquele, precisam ser eliminados ou ter seu valor ajustado).

E é necessária ainda a verificação conjunta, pela concessionária e pelo PIE, da coordenação de todas as proteções de ambas as partes.

Em particular, cabe estudar e especificar as características requeridas do equipamento a ser utilizado na interconexão - além daquelas citadas em 3.2.1, seja para adquirir equipamento novo seja para verificar a adequação do existente - tanto pelo PIE como pela concessionária :

- equipamento de manobra: capacidade de interrupção, tempo de abertura;
- equipamento de medição (transform. de corrente e de potencial): carga admitida, precisão;
- equipamento de proteção: atendimento ao exposto no parágrafo anterior, e a precauções quanto a religamentos - em princípio evitando-se religamento automático na linha de interconexão, para que não venha a ocorrer fora de fase, e analisando os efeitos de religamentos de outras linhas, que podem ocasionar perturbações ou danos ao sistema do PIE, para que sejam buscadas medidas protetoras;
- equipamento de controle: adequação para atendimento aos requisitos contratuais - v. 3.3.

### 3.2.3. Requisitos para intercomunicação entre sistemas

A intercomunicação deve ser adequada para assegurar a transmissão perfeita, nos dois sentidos, das informações e dados necessários à operação interligada - incluindo aqueles de natureza comercial, bem como dos comandos do despacho de carga/geração e, quando for aplicado, do gerenciamento pelo lado da demanda (GLD).

É indispensável haver meios de comunicação alternativos ou de reserva, com capacidade suficiente para garantir a continuidade operacional em caso de falha do canal principal.

## 3.3. REQUISITOS CONTRATUAIS E MEDIÇÃO

### 3.3.1. Requisitos contratuais

Os requisitos mínimos para CCD e CUSD (v. 3.1.2) são fixados pela Resolução n.º 281 da ANEEL, nos artigos 12 e 11; ambos os tipos de contrato devem incluir :

- observância dos Procedimentos de Distribuição;
- atendimento à legislação, às normas e padrões técnicos da concessionária;
- definição de locais e procedimentos para medição e informação de dados;
- índices de qualidade e penalidades pelo não atendimento dos mesmos.

Devem se definir ainda :

- nos CUSDs, os montantes de uso do sistema de distribuição contratados nos horários de ponta e fora de ponta, as condições e antecedência mínima para solicitar alteração de valores contratados;
- nos CCDs, a descrição dos pontos e instalações de conexão;

Para a venda de energia de PIE a concessionária, quer seja incluída no CCD ou objeto de um contrato específico, devem ser definidos, além daqueles requisitos mínimos, pelo menos os seguintes:

- especificação do fornecimento do PIE à Concessionária: limites de potência e de energia ativa, sazonalidade, prazos, preços, requisitos quanto à absorção ou fornecimento de reativos, responsabilidade pela reserva (caso não seja incluída no CRC);
- especificação das condições (normal e/ou emergência) do fornecimento da Concessionária ao PIE (caso necessário e caso não tenha sido objeto de contrato à parte), indicando parâmetros e dados similares aos citados acima;
- definição das responsabilidades e dos procedimentos de cada parte no caso de defeitos (incluindo a sua prevenção e eliminação) e de manutenção;
- definição dos procedimentos operacionais a serem obedecidos, afóra aqueles incluídos nos Procedimentos de Distribuição;
- definição da hierarquia no controle, e dos casos de intervenção automática no intercâmbio (gerenciamento pelo lado da demanda - GLD).

### 3.3.2. Medição

Na medição, deve ser definida a influência dos harmônicos: além de restrição quanto aos percentuais máximos, cabe indicar como deve ser considerado seu efeito sobre os instrumentos e medidores.

Também precisam ser definidos :

- intervalos de medição, quando diferirem daqueles estipulados na legislação ou não forem contemplados na mesma
- requisitos e modalidades para transmissão automática das medições.

### **3.4. REQUISITOS OPERACIONAIS: INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES E COMANDOS**

#### 3.4.1. Procedimentos operacionais e sua automatização

É necessária a definição prévia de uma matriz de fluxo de informação e de comandos (v. 2.3.2); cabe verificar o que é previsto a esse respeito nos Procedimentos de Distribuição, adicionando detalhes peculiares ao caso específico. A seguir devem ser definidos os procedimentos operacionais para as diversas eventualidades, os principais protocolos a serem usados e, após estudo cuidadoso de vantagens, inconvenientes, e relação custo-benefício, quais daqueles procedimentos podem ou devem ser automatizados.

#### 3.4.2. Procedimentos para intercâmbio de informações

As providências são análogas à do item 3.4.1. Devem ser definidos ainda quais os dados e os valores medidos a serem transmitidos automaticamente, e qual a periodicidade da coleta e da transmissão dos mesmos. Também precisam ser definidas as informações de natureza comercial (preços, compras e vendas) a serem transmitidas e a respectiva periodicidade.

#### 3.4.3. Tipos de comunicações e comandos

Os canais disponíveis para comunicação são : telefonia pela rede telefônica pública (ou excepcionalmente por canal exclusivo), carrier (através das linhas elétricas), rádio, micro-ondas; a internet (via linha telefônica ou outro canal) também pode ser utilizada.

Através desses canais deve-se efetuar :

- comunicação de voz (geral) para fins operacionais, administrativos e comerciais;
- transmissão de documentos (por fax ou internet)
- transmissão de dados on-line e off-line :
  - medições de grandezas elétricas
  - informações comerciais
- comandos operacionais, incluindo os de GLD.

Em qualquer caso, é conveniente dispor de registro da comunicação feita, para controle posterior, resolução de dúvidas e eventual atribuição de responsabilidades. E é indispensável predispor um ou mais canais alternativos para permitir continuidade da comunicação, necessária à operação interligada, em caso de falha do canal principal.

#### 3.4.4. Requisitos de mesas de controle locais e centrais *[a preparar - ver grupo de trabalho]*

### **3.5. CONDIÇÕES ECONÔMICO-FINANCEIRAS E VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA**

#### 3.5.1. Parâmetros para definir a conveniência econômico-financeira da interconexão

A concessionária, de acordo com a legislação vigente, não pode se recusar a conectar PIEs à sua rede (v. 3.1.1), mas pode fazer análises econômicas tanto para otimizar os termos de contrato com os PIEs, como para avaliar a conveniência de ter geração distribuída própria. Além da regulamentação e das tarifas, influem nessa avaliação a situação da sua geração centralizada (capacidade ociosa ou sobrecarga) e a situação da sua transmissão e distribuição (folga ou restrições), como indicado em [Arthur D.Little 1999].

Para o PIE, a conveniência, embora provável (v. 1.2), precisa ser comprovada por análise econômica que leve em conta não só os custos diretos de compra e venda (da energia e da

ponta), o custo de realização da interconexão (ou a parcela desse custo que lhe cabe), mas também os benefícios que possam advir do aumento da confiabilidade e/ou da qualidade do suprimento, da menor sujeição à variabilidade dos preços de compra da energia, e os ônus decorrentes de eventuais condições contratuais [Arthur D.Little 1999].

### 3.5.2. Fontes de recursos para implementar as interconexões

Uma vez comprovada a conveniência econômica da interconexão, cabe ao PIE planejar o investimento necessário a concretizá-la e, a seguir, buscar as fontes capazes de fornecer financiamento (BNDES e órgãos similares) caso não disponha de recursos próprios suficientes. *[ampliar]*

## 4. MEDIDAS PRECONIZADAS

08.04.01

### 4.1. HARMONIZAÇÃO DE CONCESSIONÁRIAS E PRODUTORES INDEPENDENTES

#### 4.1.1. Avaliação dos benefícios mútuos para Concessionárias e produtores independentes

Devido à reestruturação do setor elétrico, as concessionárias não podem se recusar a conectar produtores independentes de energia (PIE) à sua rede, mas os termos de contrato precisam ser negociados (incluindo eventualmente comercializadores de energia).

É indispensável que essas negociações sejam realizadas num espírito de harmonia, para conciliar os interesses e obter condições favoráveis para todos os participantes.

A concessionária também pode ter geração distribuída própria, quando economicamente mais vantajosa [ref. A.D.Little 1999] do que a geração centralizada própria ou a compra de energia de terceiros; ela pode negociar, inclusive, para assumir a responsabilidade de operar e gerenciar a geração local e/ou de emergência e/ou de reserva de propriedade dos consumidores.

#### 4.1.2. Verificação de possíveis entraves e simplificação dos procedimentos burocráticos para interconexão de produtores independentes à rede da Concessionária

Sem prejuízo da verificação do atendimento dos requisitos técnicos e legais indispensáveis - a serem padronizados pela Aneel, v. 4.2 - e da definição dos requisitos contratuais, o procedimento para permitir a interconexão de PIE à rede da concessionária deve evitar barreiras e obstáculos que não tenham fundamento técnico ou legal e que possam ser derrubadas por ação judicial [ref. Alderfer 2000].

## 4.2 DEFINIÇÕES E REGULAMENTAÇÃO

Embora tudo possa ser negociado entre concessionária e PIE para a conexão da geração deste à rede daquela, é necessário estabelecer certas regras e condições (mínimas e máximas, conforme o caso) para evitar discussões sem fim que inviabilizem a realização daquelas conexões. Todos os aspectos que favoreçam um lado e desfavoreçam o outro, levando a divergências, devem ser objeto de regulamentação que vise a convergência da negociação.

Cumprir notar que a regulamentação atual [ref. Portarias ANEEL] está voltada para a figura da concessionária, conservando ainda muitos aspectos decorrentes do modelo verticalizado

anterior. Isto precisa ser mudado, no que diz respeito ao relacionamento de concessionárias com consumidores e PIEs, e às respectivas conexões, buscando-se inclusive uniformizar as normas técnicas e os padrões das diversas concessionárias, cuja diversidade [ref.Nogueira 2001] não mais se justifica.

Deve ser verificada a necessidade de definições, de acréscimos e/ou alterações na legislação e regulamentos vigentes, a fim de facilitar a interconexão de produtores independentes e da geração distribuída em geral. Em seguida, é necessário o preparo dos Procedimentos de Distribuição, previstos pela Resolução nº281 da Aneel [v.ref.] para as redes de subtransmissão e distribuição (análogos aos Procedimentos de Rede, elaborados pelo ONS para a Rede Básica de Transmissão), observando-se por um lado a necessidade de normalização acima apontada, mas pelo outro permitindo flexibilidade para adaptação às diversas situações que possam ocorrer (v.2.2.1).

#### 4.2.1. Pontos a serem definidos ou esclarecidos, de ordem técnica e contratual:

##### - Tensão de interligação

A interligação do PIE à concessionária, do ponto de vista desta, deve ser feita numa das tensões que ela disponha em seu sistema, enquanto, do ponto de vista daquele, deve ser de preferência na tensão - dentre aquelas permitidas pela legislação brasileira (Decr. 73080 de 1973) - que resulte no menor custo de investimento para ele. Para conciliar os interesses, havendo vários PIE na mesma área, podem os mesmos compartilhar uma subestação de conexão (SEC) com a concessionária, com transformação da tensão desta para a tensão preferida por aqueles para suas linhas de interligação; p.ex., se a concessionária só tiver as tensões de 13,8 e 138 kV na região, e a tensão mais vantajosa para os PIE, em função das potências a serem transferidas e das distâncias entre suas instalações e a SEC, for 34,5 ou 69 kV, seria feita a transformação, de 34,5 ou 69kV, para 138 kV na SEC compartilhada, rateando-se os custos entre os vários PIE e a concessionária, após avaliação de benefícios e ônus para cada uma das partes. É possível que no futuro, com a elevação das tensões de geração e distribuição (v. 1.4.2) este ponto de conflito desapareça.

##### - Linha de interconexão

A linha que une o PIE à subestação (SE) de interconexão pertence ao PIE, e a linha coletora (v.caso exposto acima) ligando vários PIE àquela SE pertence a esse grupo de PIE; contudo, face à maior experiência da concessionária e à sua maior facilidade para obter servidões, poderia ser cogitada a cessão de propriedade da linha à concessionária, que executaria sua construção, custeada pelo(s) PIE, e passaria a operá-la.

##### - Potência mínima de intercâmbio para negociação individual de produtor independente

Abaixo de um patamar mínimo, não é viável, dos pontos de vista técnico, operacional e comercial a negociação direta de PIE com a concessionária de distribuição. É necessário agrupar vários PIE, mediante consórcio, associação ou através de um comercializador. Este ponto está ligado à conveniência de coordenação de pequenos produtores independentes na mesma área para planejamento, controle, compartilhamento de reservas etc. (v. 2.1.2 e 2.2.2) e poderá, em alguns casos, redundar na interligação de vários PIEs com uma só conexão conjunta à rede.

##### - Atendimento às condições técnicas indispensáveis para interconexão

A interconexão só será exequível se forem atendidos, por ambas as partes interessadas, certos requisitos técnicos, indicados atrás em 3.2. Este atendimento deve ser pré-requisito para autorização da interconexão.

#### - Condições contratuais

Embora estas condições possam variar grandemente, cabe definir a lista mínima daquelas indispensáveis a serem obrigatoriamente incluídas, conforme mencionado em 3.3 (p.ex., responsabilidade pela reserva de geração, condições mínimas a respeitar para ligação e desligamento de geração, definição do intercâmbio de reativos e respectivos limites, referência a procedimentos operacionais normativos etc.)

#### - Planejamento

É preciso que sejam definidas (v. 2.2.1) as responsabilidades pelo planejamento do sistema elétrico como um todo e de suas partes componentes, bem como os mecanismos operacionais para sua realização, incluindo troca de informações e harmonização de divergências.

#### - Obrigatoriedade de intercâmbio de informações

A definição do intercâmbio de informações deve ser pré-requisito para autorização da interconexão, e deve incluir a definição da matriz de fluxo de informação, dos interlocutores e dos protocolos. Para estes, será conveniente estabelecer um padrão mínimo, a fim de uniformizar na medida do possível aquele intercâmbio e facilitar a tarefa dos agentes envolvidos. O intercâmbio é indispensável tanto no planejamento a médio e curto prazo, incluindo os estudos citados a seguir, como na operação.

#### - Análise operacional

Face às mudanças de topologia decorrentes da ligação da geração distribuída, é necessária uma atualização contínua das análises da rede, prévias e "on line", para verificar os efeitos dessa ligação e de seu desligamento. É indispensável definir : as responsabilidades - tanto pela realização dos estudos como pela prestação e atualização dos dados necessários aos mesmos, a periodicidade para troca de informações e divulgação de resultados, e os protocolos correspondentes.

#### - Serviços ancilares

Face à possível participação dos PIEs em tarefas que anteriormente cabiam apenas à concessionária (v. 2.4.2), precisa ser revisada a regulamentação respectiva a fim de harmonizá-la às novas condições.

### 4.2.2. Questões tarifárias

#### - Diferenciação de preços em função da qualidade do suprimento

A legislação atual prevê a mesma qualidade de suprimento no atendimento a todos os consumidores. Com a geração distribuída, torna-se possível garantir em certos casos uma melhora dos parâmetros de qualidade, que em contrapartida deveria fazer jus a tarifa mais elevada.

#### - Remuneração do custo da interligação da geração distribuída à rede

Em princípio, esse custo fica a cargo do proprietário da geração distribuída a ser ligada. Deve ser definida a eventual remuneração desse investimento em função dos possíveis benefícios decorrentes para a concessionária e para outros consumidores.

#### - Remuneração de investimentos de concessionárias, decorrentes de ou afetados pela interconexão

Além da remuneração dos investimentos adicionais da concessionária, diretamente requeridos para realizar a interconexão, deve ser estudada a questão do investimento em

reforços no sistema feitos pela concessionária e que fiquem subutilizados com a entrada da geração distribuída.

- Variação de tarifa em função da utilização da interconexão

Do ponto de vista da concessionária, a interconexão com PIE pode ser vantajosa quando lhe permita adiar investimentos para reforço de sua rede, ou desvantajosa quando seu papel for apenas de transportar a energia do PIE para terceiros - e mais ainda se o PIE for produtor sazonal, com alto fator de carga só por alguns meses no ano. Parece razoável que a tarifa de transporte varie em função da taxa de utilização, um fator de capacidade anual mais baixo correspondendo a preço mais alto.

#### **4.3. VIABILIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM SUAS VÁRIAS FORMAS [a preparar]**

## APÊNDICE 1 - DETALHES TÉCNICOS DE INTERCONEXÃO

1. DETALHAMENTO DO ITEM 3.2.1. Condições técnicas prévias a serem atendidas pelo sistema do DGD e pela rede da concessionária

- Nível de curto-circuito [ref. Sato 2000], caso ainda não exista a interligação (considerações aplicáveis a qualquer tipo de fonte geradora)

Deve-se verificar se o nível de curto-circuito admissível no sistema do DGD (tanto nos equipamentos de manobra como nos barramentos, condutores etc.) é compatível com aquele que será atingido após a interconexão com a rede da concessionária; caso contrário, devem ser estudadas e definidas as medidas a serem tomadas para adequá-lo: inclusão de reator limitador de corrente ou "upgrading" das instalações.

Quanto à concessionária, é possível - embora menos provável - que a inserção da geração distribuída, sobretudo se houver vários DGDs na mesma área, eleve o nível de curto-circuito acima do valor admissível em sua rede. Caso isto ocorra, devem ser tomadas providências análogas às acima citadas.

- Aterramento do neutro, caso ainda não exista a interligação (considerações aplicáveis a qualquer tipo de fonte geradora)

Caso a interconexão seja feita em nível de tensão preexistente (i.e. sem adicionar transformação), deve-se verificar se o método de aterramento no sistema do DGD é compatível com aquele da rede; caso contrário, devem ser estudadas as alterações a serem feitas. Também cabe estudar a conveniência da interligação dos neutros.

- Proteção contra surtos externos, caso ainda não exista a interligação (considerações aplicáveis a qualquer tipo de fonte geradora)

Deve-se verificar se a tensão suportável de impulso atmosférico do sistema do DGD - em particular quando não possua instalação aérea - é compatível com a da rede e, em qualquer caso, fazer estudo da propagação de surtos provenientes da rede e providenciar pára-raios e outras proteções adequadas.

- Harmônicos (considerações relevantes para as fontes geradoras ligadas através de inversores: microturbinas, painéis fotovoltaicos e certos geradores eólicos)

Precisa ser avaliado o conteúdo de harmônicos no sistema do DGD, que não deve superar, no ponto de interconexão, o limite aceitável pela rede externa, que deveria ser normalizado. Por outro lado, deve ser verificado se aquela rede está obedecendo ao referido limite. Caso o limite seja excedido, por uma ou outra das partes, tornam-se obrigatórias medidas corretivas para redução daquele conteúdo, como instalação de filtros ou alteração nos equipamentos geradores de harmônicos.

- Características dos reguladores de velocidade e de tensão (considerações aplicáveis quando as fonte geradoras são máquinas rotativas síncronas)

Cabe verificar se os reguladores de velocidade dos motores primários que acionam os geradores do DGD, e os reguladores de tensão desses geradores, têm características adequadas para paralelismo com uma rede de maior potência, e se são aptos a manter respectivamente a frequência e a tensão dentro dos limites definidos para aquela operação. E ainda, se existem meios adequados para controle da transferência de reativos, como comutadores de derivações em carga nos transformadores.

- Segurança na manutenção

Deve ser verificado se qualquer trecho a ser desenergizado para manutenção é dotado de seccionamento e do equipamento de manobra adequado. Em particular, numa ligação existente entre concessionária e consumidor que operava com fluxo unidirecional daquela para este, e que passa a ter fluxo bidirecional quando a geração própria do consumidor é ligada em paralelo com a rede, será preciso acrescentar disjuntores e seccionadores para se obter a segurança necessária [ref. NARUC 2000, 2.B.2].

2. DETALHES COMPLEMENTARES DO ITEM 3.2.2. Requisitos gerais e específicos para o equipamento de interconexão

Para evitar propagação de faltas da rede para o sistema do DGD e vice-versa, devem ser providenciados pelo DGD sistemas de proteção apropriados, estudando-se cuidadosamente sua coordenação para as várias eventualidades de faltas.

Por sua vez, a concessionária deverá adequar o esquema de sua subestação de interconexão, provavelmente previsto para operação radial, para as novas condições de funcionamento com fluxo de energia nos dois sentidos da interconexão

(incluindo ajuste de valor ou eliminação de eventuais bloqueios do fluxo de energia do DGD para a concessionária, nas instalações desta ou daquele).

Nos casos de fontes de geração distribuída com geradores síncronos de pequeno porte e equipamento de proteção relativamente simples (sem incluir abertura automática do paralelismo pelo lado do DGD no caso de falta de tensão da concessionária) devem ser tomadas precauções quanto ao religamento automático da interconexão pelo lado da concessionária, evitando-o em princípio para que não venha a ocorrer fora de fase; cabe também analisar os efeitos de religamentos de outras linhas, que possam ocasionar perturbações ou danos ao sistema do DGD [ref. Vasconcellos 1999; Sato 2000; NARUC 2000 item 2.B.3.2].

## APÊNDICE 2 - POSSÍVEIS DESENVOLVIMENTOS TECNOLÓGICOS COM REFLEXOS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

TECNOLOGIA	EFEITO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)
<p><b>Carro Híbrido</b></p> <p>Veículo com acionamento elétrico suprido por célula de combustível ou por um gerador rotativo (que tanto pode ser acionado por motor veicular convencional ou por novas famílias de motores pouco usados hoje, como micro-turbinas, motores Wenkel, Stirling etc.)</p> <p>As vantagens do carro "híbrido" (assim chamado por não ser puramente elétrico nem mecânico) são a simplicidade e elevada eficiência.</p> <p>A Toyota já comercializa um modelo ("Prius") cujo consumo supera os 30 km/litro gasolina<sup>1</sup>. Outros fabricantes vêm intensificando as pesquisas e a Mercedes deve lançar em breve um modelo baseado no "Classe A".</p> <p>A pressão pelo desenvolvimento desta tecnologia atende sobretudo a busca de caminhos econômicos para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.</p>	<p><b>Carro Híbrido</b></p> <p>Esses carros podem ser preparados para injetar energia na rede através de tomadas especiais a serem instaladas nos estacionamentos. Os computadores de bordo (des)ligarão o gerador com base nos sinais econômicos de preço recebidos em tempo real.</p> <p>Para Amory B. Lovins<sup>2</sup> esta conexão pode ser muito importante no futuro pois:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) os veículos servem para transporte, em média, apenas 4% do tempo;</li> <li>2) eles serão assim geradores potenciais por mais tempo do que meio de transporte; a frota brasileira de hoje (~20x10<sup>6</sup> veículos), por exemplo, tem um potencial de 20x10<sup>6</sup>x35 kW = 700 GW !</li> <li>3) como são cogeneradores, poderão operar eventualmente com custos mais baixos quando o calor neles gerado for transmitido por um fluido, mediante conexão apropriada para produzir aquecimento ou resfriamento.</li> </ol> <p>Eles poderão ter um papel importante se o mercado "spot" evoluir para operar com sinalização de preço próxima ao consumidor (preço em tempo real em cada subestação).</p> <p>Este é um caso típico para estudo, em que a regulamentação pode e deve antecipar a tecnologia pois se trata de uma generalização da idéia de GD, mas perfeitamente possível em futuro não remoto ( 10 anos ou menos).</p>

<sup>1</sup> Ver mais dados em [www.biosfera.dir/hybrid.dir/prius.htm](http://www.biosfera.dir/hybrid.dir/prius.htm)

<sup>2</sup> Anais do Seminário Internacional "Ações para o Desenvolvimento da Geração Distribuída, Cogeração e Geração com Resíduos (INEE), Campinas 2000 ; Palestra "Negawatts, Hypercars and Distributed Utilities".

TECNOLOGIA	EFEITO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA
<p><b>Máquinas rotativas em alta tensão</b></p> <p>Mais uma vez, a evolução dos materiais tornou possível desenvolver novas tecnologias antes só idealizadas. Assim foi possível o advento do chamado <b>Powerformer</b>™ (1), que pode ser considerado a invenção do século na área de Engenharia Elétrica, mais especificamente na Geração</p> <p>Esta tecnologia permite a construção de geradores rotativos em alta tensão, em substituição aos de média tensão, diminuindo assim o seu tamanho e também as perdas no sistema, uma vez que não haverá mais necessidade da instalação do transformador de saída do gerador para elevar a tensão para transmissão.</p> <p>Esta tecnologia trouxe grande avanço para geração eólica já que, aplicada nos geradores de energia, pode aumentar significativamente a potência gerada e com maior eficiência.</p> <p>Há um salto de potência unitária permissível dos geradores eólicos para a faixa de 3 a 5 MW com a geração em alta tensão, além de permitir eliminar o multiplicador de velocidade (necessário nos geradores eólicos anteriores) e gerar em baixa frequência - o que significa uma redução do custo de 15%, além do aumento da eficiência. Estas características permitem que o gerador possa ser instalado afastado da carga, com menor prejuízo das perdas de transmissão, uma vez que sua transmissão, em geral subterrânea/submarina, se dará em corrente contínua, diminuindo também o impacto ao ambiente.</p> <p>Assim, grupos de geradores com potências de 40 MW são facilmente conseguidos, e a previsão é que usinas de até 200 MW logo serão realidades.</p> <p>A mesma tecnologia também é aplicável a motores elétricos, reduzindo seu tamanho da mesma forma que no caso dos geradores.</p>	<p><b>Máquinas rotativas em alta tensão</b></p> <p>Trata-se de mais um tipo de geração que, com a utilização do vento para gerar energia elétrica, veio suprir as necessidades de consumo nos mais distantes pontos do nosso planeta, onde não existem redes de transmissão/distribuição, beneficiando assim milhares de consumidores.</p> <p>Outrossim, onde houver possibilidade de interconectar com a rede, isto poderá ser feito sem maiores problemas.</p> <p>Para se ter uma idéia desta tecnologia, onde se encontram hoje instaladas mais de 20 turbinas eólicas convencionais, estas podem ser substituídas por apenas três com nova tecnologia, tendo ainda um acréscimo de potência de mais de 20%.</p> <p>Hoje existe instalada no mundo uma potência de geração eólica de 14 GW, equivalente aproximadamente a 20 grandes usinas térmicas de 700 MW cada.</p> <p>A previsão de instalações para geração de energia elétrica a partir de energia eólica no mundo é de mais 10 GW até 2005.</p>
(1) ABB	

TECNOLOGIA	EFEITO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA
<p><b>Mini-rede</b></p> <p>A gradual mudança da geração de energia elétrica centralizada para geração distribuída significa não só mudar o tipo de usina geradora com também o modo (caminho) da energia a ser transportada do ponto de produção até o ponto de consumo.</p> <p>No modelo antigo (modelo centralizado) o transporte de energia é feito usando extensas linhas de transmissão em alta tensão. Estas linhas são mais baratas do que linhas subterrâneas, porém tem impacto ao ambiente, além de significativas perdas, com pouca evolução em sua eficiência. A geração distribuída permite colocar o gerador mais próximo do consumidor final, reduzindo assim as perdas de transmissão.</p> <p>O novo conceito de mini-redes subterrâneas vem do fato de que podemos agrupar vários geradores próximos ao que chamamos de mini-rede. Esta mini-rede pode ser em corrente contínua, para depois ser ligada à rede geral de corrente alternada através de inversor.</p> <p>Uma mini-rede pode conter até 10 MW de equipamentos de geração.</p>	<p><b>Mini-rede</b></p> <p>Há dois pontos a considerar: primeiro, a potência que irá ser conectada à rede geral, e segundo, as potências geradas bem como os tipos de equipamentos das novas usinas de geração de energia elétrica.</p> <p>Com advento de novas tecnologias de materiais e equipamentos, haverá não só melhoria da qualidade da energia gerada (p.ex. pela aplicação de compensação estática) mas também a conexão da mini-rede com a rede geral poderá ser feita sem maiores problemas.</p> <p>Há uma forte tendência de queda dos custos destas tecnologias, que são inerentes às novas soluções mundiais na área de energia elétrica.</p>

## APÊNDICE 3 - Grupo de Trabalho

Nome	Empresa	Telefone	email
Jayme Buarque de Hollanda	INEE / Diretor	21 2532-1389	<a href="mailto:jbh@inee.org.br">jbh@inee.org.br</a>
Valério Mortada	INEE / Consultor		<a href="mailto:inee@inee.org.br">inee@inee.org.br</a>
Osório de Brito	INEE / Diretor	21 2532-1389	<a href="mailto:inee@inee.org.br">inee@inee.org.br</a>
José Américo de A. Costa	INEE / Consultor	21 3234-3816	<a href="mailto:jaac.jac@terra.com.br">jaac.jac@terra.com.br</a>
Wladimir Tadeu Mantovani	Woodward	19 3708-4738	<a href="mailto:wmanto@woodward.com">wmanto@woodward.com</a>
Cohen			
Lepecki			
Pietro Erber	INEE / Consultor		
Ricardo Souza			
Newton Figueiredo	NEWMAR		
Nelson Albuquerque	INEE / Consultor	21 2532-1389	<a href="mailto:nra@inee.org.br">nra@inee.org.br</a>

### Referências:

- ❑ Salter, Douglas W.: Castelaz; ENCORP, Inc.; Distributed generation - A case Study; EGSA Powerline Magazine Online - March/April 1998; cover story
- ❑ Cogeneration and On-Site Power production, Issue 6 (Nov-Dec 2000), pág. 29, COSPP, Inglaterra
- ❑ Cler, Gerald E.: Shepard, Michael; E SOURCE Tech Update; November 1996