



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
GGH 06  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO I**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH**

**CONFIABILIDADE E ECONOMIA NOS PROJETOS DOS SISTEMAS DE SERVIÇOS AUXILIARES ELÉTRICOS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS BUSCANDO A VIABILIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

**Jarbas Freitas Leal (\*)  
CEMIG**

**Álvaro Batista Cançado  
CEMIG**

**Tony Helder P. Cunha  
CEMIG**

**Gladstone Eugênio Ramos  
QUATER ENGENHARIA**

**RESUMO**

Os maiores custos de implantação de uma usina são atribuídos às obras civis, mas não se deve ignorar os custos associados aos sistemas eletromecânicos e conseqüentemente aos serviços auxiliares elétricos. Estes custos quando identificados corretamente podem contribuir significativamente para a viabilização do empreendimento. As alternativas estudadas neste trabalho apontam que é possível reduzir custos destes empreendimentos adotando critérios de projeto compatíveis ao grau de confiabilidade atribuído às pequenas centrais, contribuindo desta forma com a otimização de custos de projetos, equipamentos, O&M, dentre outros. Este trabalho tem como objetivo analisar este contexto, apontando propostas de otimizações aderentes às necessidades das PCHs.

**PALAVRAS-CHAVE**

Confiabilidade, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Sistema de Serviços Auxiliares Elétricos, Viabilidade

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A definição de um empreendimento hidrelétrico quanto ao enquadramento como PCH é definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como sendo aqueles que têm potência instalada entre 1 e 30 MW e área inundada até 3 km<sup>2</sup>, para a cheia centenária (1). O Brasil possui 314 pequenas centrais em operação (2,17% da matriz de energia elétrica brasileira) e 73 em construção, além de 163 outorgados entre 1998 e 2008. A energia hidroelétrica representa 70,12% da matriz de energia elétrica brasileira, e ainda existe um grande potencial a ser explorado (2).

A construção de PCHs ganha força no cenário brasileiro, principalmente por causarem menores impactos ambientais e apresentarem tempo de construção mais rápidos. Um exemplo deste cenário é o Programa Minas PCH, instituído recentemente pelo governo de Minas Gerais em parceria com a Cemig, com o objetivo de buscar parceiros para implantação destas usinas no estado. A primeira usina beneficiada por este programa é a PCH Cachoeirão, que iniciou a operação comercial (1ª unidade geradora) em dezembro de 2008 (3).

Para se ter uma definição da viabilidade do empreendimento, primeiro deve-se fazer o registro dos estudos de inventário na ANEEL. O inventário deve identificar o melhor ponto de aproveitamento da queda d' água de forma a evitar desembolsos não previstos em fases posteriores do empreendimento, o que pode inviabilizá-lo. Os procedimentos para o registro e aprovação do inventário devem ter como base a Resolução nº 393/01, resumidos assim (4): Inventário→Potencial da queda é definido→Estudos básicos (levantamento de dados e orçamento preliminar)→Registro na ANEEL→Projeto básico→Estudos (energéticos, ambientais, etc.) → Relatório de impacto ambiental→Licença prévia→ Aprovação do projeto básico→ Licença de instalação→ Projeto executivo→ Construção→ Licença de Operação→ Operação comercial.

È na fase do projeto básico que já define o número de unidades geradoras e os diagramas unifilares da usina, bem como o sistema de serviços auxiliares elétricos. Neste momento é importante entender que a confiabilidade dos serviços auxiliares não é determinada exclusivamente com redundâncias de fontes e equipamentos, mas depende também da qualidade dos componentes e equipamentos empregados.

A configuração do sistema de serviços auxiliares elétricos depende da natureza de cada empreendimento e deve considerar aspectos técnicos, facilidades de operação e manutenção, de segurança pessoal e da instalação (5). Portanto a filosofia adotada causará efeito sobre o custo global, o desempenho e a sua vida útil.

O grau de confiabilidade aderente a PCHs pode ser obtido com a definição de uma boa configuração do sistema e com o emprego de equipamentos com boa qualidade. É importante ressaltar que uma pequena central não é uma usina de grande porte em escala reduzida, portanto não se deve adotar os mesmos critérios de projeto, principalmente de confiabilidade aplicados a usinas maiores (5). Deve-se respeitar as regulamentações vigentes do setor elétrico, estabelecidas principalmente nos Procedimentos de Distribuição (Prodist) da ANEEL e nos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Os aspectos tecnológicos avançam em velocidade elevada a cada dia e devem ser considerados na prospecção do empreendimento, demandando revisões de critérios de projetos em função destas mudanças. É muito importante o estabelecimento de consenso mútuo com relação a estes critérios entre todos os profissionais envolvidos no processo da fase de viabilidade até a implantação do empreendimento. Este entendimento propicia ganhos extraordinários em horas de engenharia nas fases de estudos, projeto, montagem, comissionamento e implantação.

É importante ressaltar que não existe uma solução típica para a definição da configuração do sistema de auxiliares, devendo cada caso ser analisado separadamente (5). De acordo com a referência (7) a configuração do sistema de serviços auxiliares depende da configuração da rede, que determinará o número de fontes disponíveis para os serviços auxiliares, e em seguida, pela natureza e distribuição das cargas.

## 2.0 - SISTEMAS DE SERVIÇOS AUXILIARES ELÉTRICOS DE CA E CC

Entende-se como sendo serviços auxiliares elétricos todo o sistema de transformação, manobra e distribuição de energia para fornecimento de energia com qualidade e confiabilidade às cargas necessárias à operação segura das unidades geradoras, equipamentos e estruturas das instalações de uma usina e/ou subestação (7). Sendo constituídos por quadros de distribuição, transformadores, gerador diesel, cubículos de média tensão, banco de baterias, conversores ca/cc, inversores cc/ca para iluminação de emergência, motores elétricos e seu respectivo acionamento, etc. São compostos basicamente de um sistema de corrente alternada e outro de corrente contínua.

Estes sistemas são parte essencial de todo o escopo eletromecânico de uma usina, que é constituído pelos seguintes sistemas e equipamentos: turbinas hidráulicas, equipamentos hidromecânicos (comportas, grades e válvula de segurança), levantamento (ponte rolante e talhas), geradores, transformadores elevadores, sistema de proteção, sistema de supervisão e controle, subestação, interligação gerador-transformador, aterramento, linha de transmissão e sistemas de telecomunicações.

Observa-se em alguns projetos de sistemas de serviços auxiliares elétricos um conservadorismo desnecessário, onde muitas vezes é aplicado nestes sistemas um grau de confiabilidade exigido para grandes usinas.

É preciso utilizar critérios adequados e coerentes para a definição da filosofia do sistema de serviço auxiliar elétrico de uma usina, pois no caso de escolha inadequada pode-se elevar os custos do empreendimento inviabilizando o mesmo e também deve-se tomar cuidado para não adotar uma filosofia pobre que comprometa a confiabilidade da usina. Tais critérios são referenciados em diretrizes da Eletrobrás que foram elaboradas com base na legislação vigente e normas técnicas e devem ser de conhecimento de todos os profissionais envolvidos nas fases de viabilidade e implantação destas usinas (5, 6).

Os serviços auxiliares devem ser concebidos para se obter uma solução adequada, compatível com o grau de confiabilidade necessária à operação da usina sob os aspectos de continuidade de serviço e segurança da usina, de pessoal, de terceiros e do sistema elétrico. A confiabilidade do sistema de serviços auxiliares elétricos é requerida na fase de concepção do empreendimento, onde deve ser previsto os meios adequados para o suprimento confiável de energia elétrica de emergência para operação de equipamentos essenciais à segurança das instalações, tais como: bombas de drenagem e esgotamento, comportas dos extravasores, vertedouro, iluminação de emergência e sistema de telecomunicações. Além de suprir energia para permitir a partida de uma unidade geradora após o desligamento pleno da usina (6).

A otimização aderente a pequenas centrais já devem ser contempladas na fase de viabilidade do empreendimento

onde os são obtidos com base na análise de resultados de consultas efetuadas junto a fabricantes e também na comparação com custos de equipamentos similares adquiridos recentemente para outras instalações hidrelétricas (preços de mercado), conforme estabelecido na referência (6).

De acordo com a referência (6) na fase de viabilidade do empreendimento deverá ser elaborado um orçamento dos equipamentos eletromecânicos principais e componentes dos sistemas mecânicos e elétricos auxiliares, constantes da itemização preconizada no Orçamento Padrão da Eletrobrás.

Observa-se que os serviços auxiliares elétricos representam um custo de 3% a 5% em relação ao desembolso total do empreendimento, dependendo das características do empreendimento.

## 2.1 Sistema de Serviço Auxiliar de Corrente Alternada

O serviço auxiliar de corrente alternada é destinado a suprir energia as cargas como motores, iluminação e tomadas, conversores ca/cc, dentre outras. A configuração do sistema de serviço auxiliar de corrente alternada, talvez seja a mais difícil se obter uma padronização, uma vez que depende do número de unidades geradoras da usina e do sistema elétrico em que a mesma será implantada. Para os serviços auxiliares em corrente alternada é possível simplificar o escopo nos seguintes pontos: (i) Redução do número de fontes para o sistema; (ii) Utilização de barra simples ao invés de barra dupla; (iii) Otimização de equipamentos.

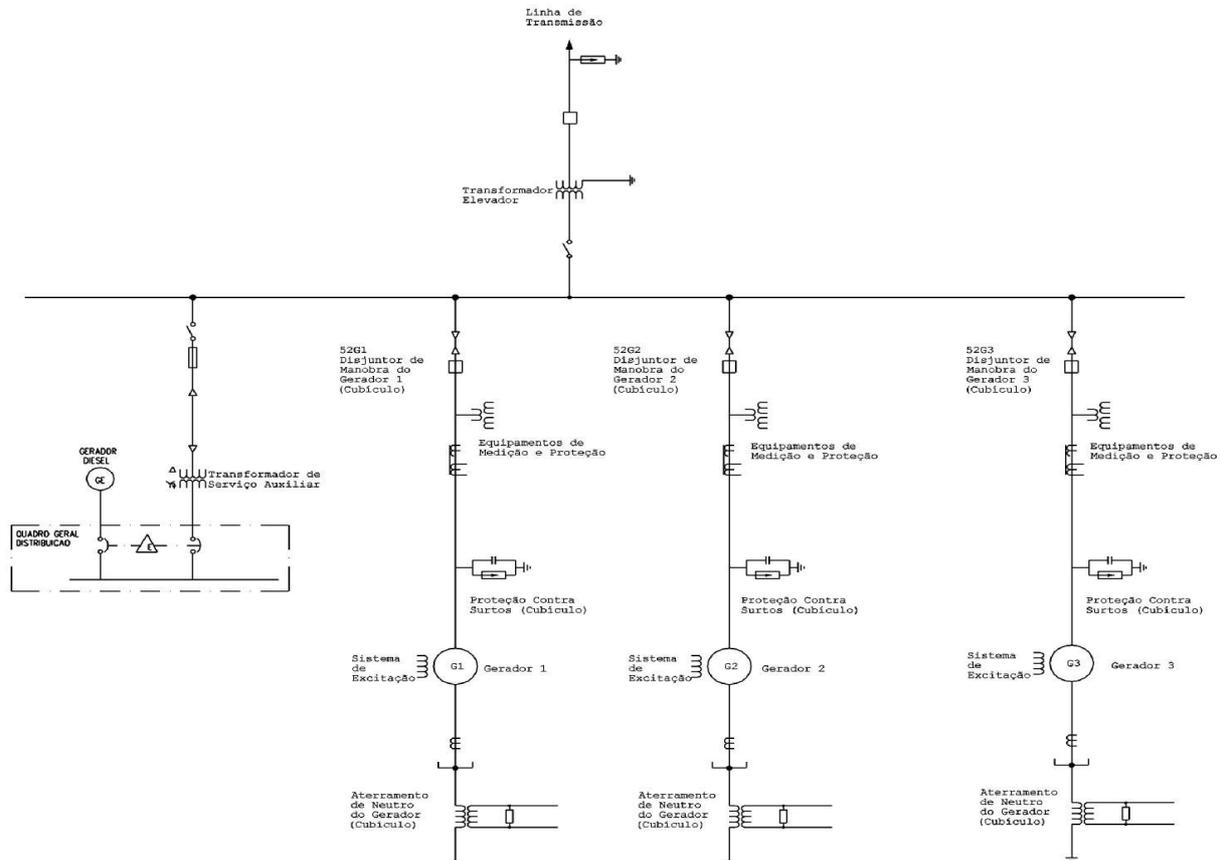


Figura 1 – Diagrama Unifilar de uma Pequena Central com 3 Unidades Geradoras

A referência (9) recomendada a utilização dos seguintes valores de tensão de alimentação 220/127 Vca (60 Hz, sistema trifásico a quatro fios com neutro solidamente aterrado, para as usinas menores) e 380/220 Vca para usinas maiores que requeiram transformador de serviços auxiliares com potência nominal  $\geq 500$  kVA.

### 2.1.1 Redução do número de fontes

Um dos pontos que mais oneram o custo deste sistema é o número de fontes, que podem ser constituídos assim: (i) fonte proveniente das próprias unidades geradoras, (ii) fonte proveniente de uma rede externa (normalmente do sistema de distribuição mais próximo) e (iii) fonte de emergência constituída por um grupo motor-diesel gerador.

Normalmente as fontes (i) e (iii) são suficientes na falta da fonte (i) pode-se suprir o serviço auxiliar elétrico com alimentação reversa pela linha de transmissão.

De maneira geral, podemos destacar alguns fatores que justificam o uso do grupo motor-diesel gerador como fonte de emergência para uma pequena central (8). Ressalta-se que os critérios não limitam-se a estes:

- a. Quando houver vertedouro controlado por comportas, e a falta de energia elétrica para as comportas resultar em risco de transbordamento do reservatório;
- b. Se a drenagem da casa de força da usina depender de bombas, pois a indisponibilidade destas pode ocasionar a inundação da casa de força;
- c. Quando, na parada de emergência da unidade geradora, for imprescindível o funcionamento de uma bomba de injeção de óleo no mancal de escora e/ou de uma bomba de circulação de óleo no mancal;
- d. Se a usina estiver conectada à rede básica, e for definida pelo ONS para o restabelecimento do sistema.

As otimizações propostas devem ser implementadas quando for conveniente para o projeto. Dependendo da configuração da usina e dos requisitos para o sistema, algumas otimizações não são aplicáveis (8). Esta simplificação pode ser implementada nas seguintes situações:

- a. Quando não houver fatores que justifiquem o uso de fonte de emergência, esta não deverá ser utilizada;
- b. Quando não for necessário alto grau de confiabilidade para o sistema, o uso da fonte externa poderá ser dispensado. Pequenas centrais conectadas em sistemas radiais geralmente não necessitam de fonte externa;
- c. Quando houver ligação entre as unidades geradoras (UGs) antes do transformador elevador. A única fonte interna será proveniente de mais de uma UG. As saídas dos geradores são conectados em uma barra antes de elevar-se a tensão, conforme Figura 1.

A redução das fontes do sistema traz diversos ganhos ao projeto, dentre eles podemos destacar (8):

- a. Redução dos custos dos alimentadores que não foram utilizados;
- b. Redução de custos da aquisição de grupo motor-diesel gerador;
- c. Redução de custos com fabricação do quadro de distribuição (mais compacto e menos disjuntores na entrada).

A simplificação através da utilização do sistema de barra simples ao invés de barra dupla traz a desvantagem de menor confiabilidade e disponibilidade do sistema. O sistema de barra simples pode ser adotado nas seguintes situações(8):

- a. Quando não houver duplicação das cargas do sistema. A vantagem do sistema de barra dupla é a condição de funcionamento de todas as unidades geradoras mesmo se um lado dos auxiliares estiver indisponível;
- b. Quando não há duplicação de cargas justificando a simplificação para barra simples;
- c. Quando a parada temporária de toda usina não causar grandes prejuízos para o SIN.

Como alternativa para aumentar a disponibilidade do sistema de barra simples, pode ser adotado um link extraível para a separação do barramento durante uma manutenção. Desta forma, caso uma parte da barra esteja defeituosa, o link é retirado e a outra parte do barramento fica disponível para a operação. Esta manobra terá de ser feita com todo o sistema desligado. Dentre os benefícios devido ao uso de barra simples, podemos destaca(8):

- a. O quadro de distribuição fica mais compacto, com custo de fabricação mais baixo;
- b. O número de disjuntores de entrada da barra de distribuição diminui;
- c. Também não há a necessidade de disjuntores de acoplamento reduzindo o custo do projeto.

Quando há um número reduzido de cargas e de fontes para o sistema, os centros de cargas podem ser incorporados nos quadros de distribuição. Para grandes sistemas, esta solução não é apropriada, uma vez que os centros de carga ficarão muito grandes. Somente os centros de cargas das estruturas mais distantes serão descentralizados. Esta solução traz os seguintes benefícios para o projeto do sistema(8):

- a. Menor número de quadros para o sistema, resultando em menores custos;
- b. Menor número de disjuntores de entrada e saída dos quadros. Para a solução dos quadros de distribuição e centros de cargas descentralizados, haverá, no mínimo, 2 disjuntores adicionais para cada centro de carga.

Outro aspecto importante a ser considerado é que sempre existe a necessidade de construir uma rede de distribuição de média tensão para fornecer energia ao canteiro de obras para a construção da usina. Logo o projetista pode aproveitar esta rede e concebe-la para alimentar o serviço auxiliar da usina.

Deve-se ter cuidado para a definição da configuração de usinas com uma unidade geradora, pois o número de fontes internas para alimentar as cargas do serviço auxiliar é limitado. Neste caso propor apenas o gerador diesel

de emergência pode ser perigoso, pois se a usina parar por algum defeito crônico e ficar sem alimentação reversa, o diesel precisaria de operar por longos períodos.

### 2.1.2 Emprego de Único Transformador de Serviço Auxiliar

Os transformadores de alimentação dos serviços auxiliares (incluindo cabeamento, proteção, cubículos, projeto, etc) possuem um custo significativo, pode-se optar por uma configuração mais simples utilizando apenas um transformador de distribuição para alimentação do sistema de serviços auxiliares de ca, conforme Figura 1. Para tanto é necessário a aquisição de uma peça sobressalente deste transformador para substituição em caso avaria grave, neste caso a usina ficaria indisponível por poucas horas até a substituição do equipamento.

### 2.1.3 Aplicação de Chaves de Transferência Automáticas

A transferência automática de fontes é uma das maneiras de aumentar a disponibilidade e a confiabilidade no fornecimento de energia as cargas essenciais da usina, sendo feita através de fontes de alimentação independentes. A falta de uma delas não influi as demais, mantendo alimentação para as cargas essenciais.

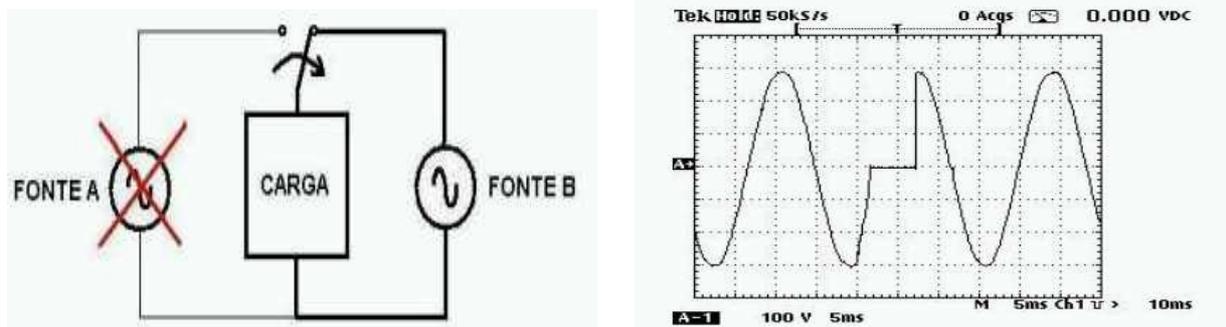


Figura 2 – Transferência de Fontes Utilizando Chaves Automáticas (10)

Têm-se utilizado nos projetos atuais de usinas, disjuntores motorizados para a transferência de fontes, tais equipamentos são de custo elevado e se não for concebido e instalado adequadamente pode tornar-se um problema. O emprego de chave de transferência pode ser adotada em substituição aos disjuntores motorizados, utilizados até então para se transferir a carga da fonte faltosa para a fonte sã. A Figura 2 mostra a transferência de fontes com chave estática, observa-se na tensão (vista pela carga) que a interrupção foi cerca de 5 ms (10).

As chaves de transferência são largamente empregadas em comércios e indústrias de pequeno porte, principalmente com a finalidade de suprir energia as cargas do estabelecimento a partir de uma fonte própria (gerador diesel) em horário de consumo de ponta do sistema elétrico, onde o custo da energia é elevado.

Estas chaves são possuem um custo inferior aos disjuntores motorizados e possuem um projeto de transferência de fonte bem mais simples que a lógica empregada atualmente, contribuindo para a redução de custos.

Deve-se garantir um perfeito intertravamento entre as chaves das duas fontes, de forma que apenas uma conduza de cada vez, eliminando a possibilidade de conexão de duas fontes com as tensões fora de sincronismo. Um erro de comutação poderia provocar a atuação dos dispositivos de proteção do sistema. Esta transferência pode ser feita através de chave estática ou com contatores intertravados mecanicamente e eletricamente (Figura 2).



Figura 3 – Diagrama de Transferência de Fontes a Contatores (11)

### 2.1.4 Otimização em Equipamentos

Demais otimizações devem sempre ser realizadas, desde que não comprometa a segurança da usina, de seus sistemas equipamentos e também de pessoas.

As cargas de corrente alternada da usina podem ser instaladas em um único quadro de alimentação constituído de um único barramento e dotados de demarradores e gavetas fixas, não havendo necessidade de gavetas extraíveis. Observando-se critérios de capacidade de condução de corrente e queda de tensão, se possível, deve-se priorizar a alimentação das cargas da tomada d' água/vertedouro também pelo quadro de alimentação da casa de força, evitando desta forma um centro de cargas exclusivo para estes sistemas. Com relação a disjuntores de potência pode-se utilizar do tipo fixo ao invés de extraíveis, para baixa tensão. Poderão ser empregados multimedidores que agrupem as medições requeridas no circuito onde aplicados, e interligados com o sistema digital de supervisão e controle da usina, permitindo a supervisão a distância do sistema.

Pode-se ainda implementar o circuito de força e controle em um único quadro, como por exemplo constituir o circuito de força dos motores e demais cargas na parte frontal do quadro e o controle na parte traseira do mesmo, atendendo desta forma a segregação de circuitos exigido pela NR-10. Levando para campo apenas cabos para comandos de partida local dos motores. Esta proposta traz ganhos em cabos de força e painéis elétricos.

## 2.2 Sistema de Serviço Auxiliar Elétrico de Corrente Contínua

O sistema de cc é utilizado para suprir energia segura e confiável para circuitos de comando, controle e proteção, sinalização, transdutores e alarme. Como primícia básica para definição do arranjo e projeto do sistema de corrente contínua de pequenas centrais deve-se utilizar sistemas de corrente contínua não aterrados, uma vez que esta configuração apresenta elevado grau de continuidade, outro critério básico é o emprego de equipamentos com boa qualidade (1). Considerando estas condições atendidas pode-se utilizar apenas um único retificador (conversor ca/cc) com um banco de baterias operando em paralelo, conforme configuração sugerida na Figura 2, uma vez que estes conversores ca/cc apresentam custo elevado.

Utilizava-se em projetos de sistemas de cc antigos a tensão nominal de 250 V e com a evolução tecnológica quase todos os equipamentos que requerem alimentação em corrente contínua estão disponíveis em 125 V, permitindo a utilização de apenas nível de tensão de corrente contínua na usina. Atualmente, praticamente todos os equipamentos que requerem alimentação em corrente contínua estão disponíveis para alimentação nesta tensão, o que possibilita a utilização de apenas um nível de tensão de cc na usina (10).

A operação seletiva dos dispositivos de proteção é fundamental para a operação do sistema de corrente contínua. Embora a utilização de um sistema isolado de terra permita a continuidade de operação para defeitos para terra envolvendo apenas um dos pólos, a probabilidade de ocorrência de um curto circuito sempre está presente. Os disjuntores para aplicação em corrente contínua disponíveis atualmente, no mercado, não possuem características adequadas que possibilitem ajustes para uma operação seletiva da proteção entre disjuntores. Devido a este fato, recomenda-se que os circuitos de corrente contínua sejam protegidos por fusíveis do tipo Diazed ou NH (5, 10).

### 2.2.1 Conversores ca/cc e Banco de Baterias

Existem sistemas de serviço auxiliar de pequenas centrais que são concebidos com 2 conversores ca/cc e 2 bancos de baterias, que realmente mostra-se desnecessário conforme veremos a seguir. Atualmente os conversores ca/cc possuem alta tecnologia de diagnósticos de falhas e monitoramento dos seus componentes e do banco de baterias, dando subsídios para intervenções programadas para reparos, além de possibilitar plena integração com o sistema supervisor da usina.

A configuração sugerida na Figura 4 é plenamente aderente ao grau de confiabilidade exigido para pequenas centrais e também apresenta excelente flexibilidade operativa para as equipes de O&M, pois isolar o banco para manutenção, sem comprometer a operação da usina.

O banco de baterias pode ser dimensionado para suprir toda a carga da usina em até 10 horas, o que no caso de defeito do conversor ca/cc dá ao mantenedor tempo hábil para reparo do equipamento, que é constituído de módulos de fácil substituição. Para o dimensionamento adequado da bateria, deve ser elaborado um ciclo de descarga que atenda às condições mais desfavoráveis de operação durante uma falta de alimentação de corrente alternada para o retificado. As baterias de 125 Vcc deverão ser do tipo chumbo-ácido, dimensionadas para atender, em caso de emergência, a um ciclo de descarga de 10 (dez) horas, para a tensão final de 105 V.

De acordo com a referência (5) o dimensionamento deve ser feito seguindo a Norma ANSI/IEEE Std 485. É recomendado o emprego de baterias do tipo chumbo – ácido com placas positivas tubulares, em virtude de suas características e desempenho.

### 2.2.2 Quadro de Distribuição cc

O emprego adequado de apenas um único conversor ca/cc leva também a utilização de um único quadro de cc com apenas um barramento para alimentação das cargas cc da usina, conforme Figura 4. O emprego de equipamentos de boa qualidade e com dimensionamento adequado na fase de projeto tornam esta configuração aceitável para pequenas usinas. A título de exemplo podemos citar uma coordenação da proteção bem realizada, que isola apenas o circuito defeituoso não permitindo o defeito propagar para os demais circuitos. Com isto reduz-se os custos com barramentos, sinalizações e disjuntores de transferência de fontes.

Para sinalização local pode-se utilizar um voltímetro e um amperímetro convencionais e sem necessidade de utilizar qualquer transdutor para disponibilizar estes dados no sistema supervisorio, uma vez que os conversores ca/cc atuais já possuem tecnologia de medição que permitem integrar este sistema ao supervisorio na usina.

### 2.2.3 Conversor 48 Vcc (Telecomunicação)

É empregado para suprir energia ao sistema de comunicações da usina, que tem como objetivo para atender a toda demanda de comunicação de dados, voz e imagens da usina, tendo em conta a premissa de operação não assistida. Sendo necessário instalar pelo menos alguns equipamentos como: central privada de comutação telefônica (tipo PABX CPA-T) e rádio UHF/ FM.

É comum encontrar pequenas usinas empregando conversor de 48 Vcc, completamente independente das demais cargas da usina, com sua alimentação proveniente de carga essencial do sistema de corrente alternada. Atualmente já é possível encontrar equipamentos de telecomunicações empregados em pequenas centrais com alimentação em 125 Vcc, tornando desnecessário o conversor 48 Vcc exclusivo para estes equipamentos.

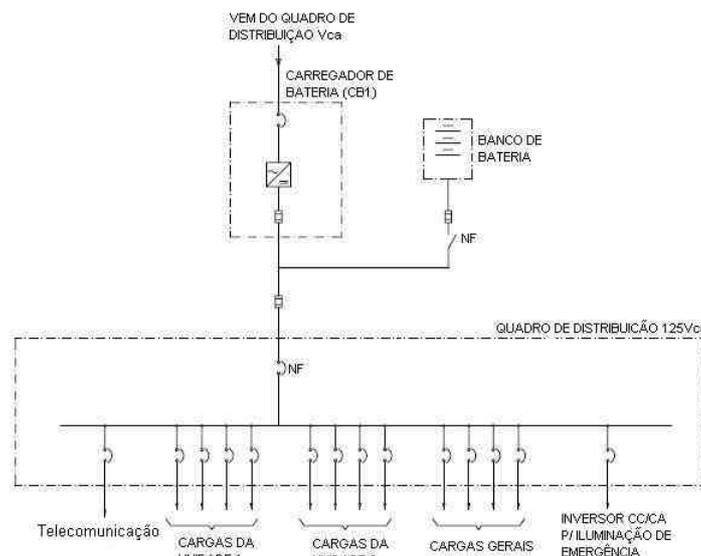


Figura 4 – Configuração Sugerida para um Sistema de CC

## 3.0 - CONCLUSÃO

É possível reduzir custos de implantação de pequenas centrais com a otimização dos sistemas auxiliares elétricos de corrente alternada e corrente contínua. Esta redução de custos não significa necessariamente a perda de confiabilidade e de disponibilidade da usina, mas sim trazer o sistema ao grau de confiabilidade aderente ao tipo de empreendimentos desta natureza.

Algumas orientações sobre critérios de projeto alinhadas com otimizações são orientadas pela própria Eletrobrás através das diretrizes para elaboração de projeto básico e de estudo de viabilidade. É de suma importância considerar estas otimizações já na fase de estudo de viabilidade, considerando estes custos na planilha OPE.

Observa-se ainda o emprego de critérios de projetos antigos, que devem ser revisados considerando as evoluções tecnológicas ocorridas nos últimos tempos, e que tais critérios demandarão revisões permanentes em função do rápido avanço tecnológico.

As soluções de engenharia propostas não prejudicam a confiabilidade do empreendimento nos aspectos técnicos e de segurança. Além das vantagens citadas ao longo do trabalho relacionamos adicionalmente os seguintes pontos:

- a. Redução de gastos com manutenção, pois os equipamentos foram reduzidos pela metade, contendo um conversor ca/cc e um banco de baterias.
- b. Redução de custos de engenharia como projetos, memórias de cálculo, documentação, dentre outros.
- c. Redução de custos de aquisição de equipamentos com a compra de apenas 1 carregador, 1 banco de baterias. Economizando desta forma também em custos indiretos como testes de fábrica, transporte, além de infraestrutura (mão-de-obra para instalação, cabeamento, obras civis, espaço físico, dentre outros).
- d. Redução de tempo de comissionamento.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Resolução nº. 394, de 04 de dezembro de 1998. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 23 de fev. 2009.
- (2) Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 23 de fev. 2009.
- (3) Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acesso em: 23 de fev. 2009.
- (4) Resolução nº. 393 de 2001. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 23 de fev. 2009.
- (5) CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas. Eletrobrás, Rio de Janeiro, jan. 2000. Disponível em: <<http://www.eletrabras.com.br>>. Acesso em: 21 fev. 2009.
- (6) CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Instruções para estudos de viabilidade de aproveitamentos hidrelétricos. Eletrobrás, Rio de Janeiro, mar. 1983. Disponível em: <<http://www.eletrabras.com.br>>. Acesso em: 21 fev. 2009.
- (7) NIXSON, J. M. Confiabilidade e economia nos projetos dos sistemas auxiliares para usinas hidrelétricas e subestações de E.A.T. Anais do V Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNTPEE. Recife, 1979.
- (8) CUNHA, T. H. P. Filosofia de serviços auxiliares elétricos: Concepção para pequenas centrais hidrelétricas. Trabalho de conclusão de curso II. Departamento de Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 109 p. Belo Horizonte. 2008.
- (9) LIMA, R. dos S. Padronização de projetos elétricos de pequenas centrais hidrelétricas. Dissertação de mestrado. Pós-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia de Energia. Universidade Federal de Itajubá. 209 p. Itajubá. 2002.
- (10) LORENÇATO, A. de A.; GABIATTI, G. Conhecendo a chave de transferência automática. Artigo Técnico. Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento. CP Eletrônica S.A. 09 p. Porto Alegre. 2008. Disponível em: <<http://www.cp.com.br>>. Acesso em: 21 fev. 2009.
- (11) PEREIRA, J. C. Chaves de transferência automática - Sistemas de baixa tensão. Artigo Técnico. 12 p. 2002. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br>>. Acesso em: 21 fev. 2009.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Jarbas Freitas Leal

Nascido em Cel. Fabriciano, MG em 15 de junho de 1979.

Mestrando (previsto 2009) em Engenharia Elétrica na UFMG, Especialista (2005) em Sistemas de Energia Elétrica com Ênfase na Qualidade da Energia na UFMG e Graduado (2003) em Engenharia Industrial Elétrica no Unilestemg.

Empresa: Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais, desde 2002.

Atua na Gerência de Engenharia da Expansão da Geração.