

MERCOFRIO 2008 - CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL

DEPURAÇÃO ISOENTÁLPICA – SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS EM AMBIENTE INDUSTRIAL

Domenico Capulli – domenico-diva@uol.com.br

Vanessa Novello - vava_cpil@bol.com.br

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química

A2901 – Ventilação do Ambiente Industrial

Resumo: *As instalações abrigadas de utilidades elétricas de suporte à plataformas “off shore”, usinas de álcool e açúcar, plantas petroquímicas, siderúrgicas, cimenteiras e de papel e celulose tem como adversário a qualidade do ar ambiente externo com contaminantes em concentrações de elementos alheios a composição natural do ar nos aspectos químico(gases, vapores, odores) e físico(material particulado) tais como sais de sódio e potássio, enxofre, cloro, COV(compostos orgânicos voláteis) e coque, óxidos ferrosos, fuligem de combustão, óxidos de ferro, sal; que ao serem admitidos no sistema de pressurização dessas instalações causam danos em sistemas obstrutivos de filtração, incremento das ações de manutenção, redução da confiabilidade operacional, redução da vida útil de equipamentos e componentes elétricos e elevação do custo operacional, bem como a poluição secundária gerada no descarte dos elementos filtrantes saturados. Como característica funcional dessas instalações temos a elevada taxa de fluxo de calor sensível dissipado por equipamentos elétricos que afetam a sua performance, sendo requerido a disponibilização de um sistema de ventilação que assegure qualidade do ar insuflado e capacidade de remover a energia dissipada por resfriamento convectivo. Nosso trabalho consiste numa comparação dentre as três modalidades de pressurização das subestações elétricas a saber: sistema de insuflação do ar externo com filtração mecânica, insuflação de ar resfriado com a aplicação da tecnologia de centrifugação líquida multiventuri e a climatização do ar interno da subestação. Através de resultados de aplicações e estudos, bem como constatações de ensaios e análises da qualidade do ar de interiores em sistemas de ventilação para Tomada de Ar Externo(T.A.E.), foi constatado os problemas e vantagens de cada tecnologia nos aspectos de qualidade físico-química do ar, consumo de energia global, geração de rejeitos e resíduos, manutenção operacional, confiabilidade operacional e preservação patrimonial, destacando-se a tecnologia de depuração e resfriamento por centrifugação líquida que apresenta performance estável, expurgo automático e cíclico dos contaminantes por extração não acumulativa, independentemente da qualidade do ar no ambiente industrial externo, inclusive em situações de acidentes de processo com elevada emissão de poluentes.*

Palavras Chave: *Resfriamento Isoentálpico, Descontaminação do ar, Pressurização de subestação elétrica, Dessalinização do ar, Despoluição e Insuflação.*

1. INTRODUÇÃO:

Este estudo aborda a questão da qualidade do ar interno de instalações técnicas abrigadas, sob o foco de poluentes quimicamente agressivos, em detrimento dos biologicamente ativos já abordados em outros trabalhos e que tornaram-se evidentes a partir de ocorrências graves de insalubridade e doenças em edificações climatizadas que culminaram com diferentes legislações estabelecidas pela ANVISA/M.S. e órgãos estaduais.

Este trabalho aborda questões de ventilação de instalações técnicas de subestações elétricas implantadas em plantas industriais cuja atmosfera reinante seja quimicamente agressiva ao ponto de comprometer a confiabilidade operacional e/ou a preservação patrimonial e/ou ações de manutenção operacional de ciclos curtos. Esta condição torna imperativo a pressurização da subestação com ar depurado, de forma a impedir o ingresso de contaminantes, isto posto temos como consequência que nas instalações de potência há relevante dissipação térmica das perdas geradas pelo fluxo de elétrons nos circuitos de transformadores, capacitores e variadores de frequência.

Desenvolve-se um comparativo dentre as três modalidades de pressurização de subestações elétricas, nos aspectos de qualificação físico-química e termodinâmica do ar, consumo de energia do sistema e manutenção operacional:

- Sistema de insuflação do ar externo com filtragem mecânica e/ou química no qual o limite teórico da temperatura de insuflação é a temperatura de bulbo seco (Tbs) externa a sombra, sendo, portanto requerido um elevado número de renovações horárias para remover o calor dissipado pelos equipamentos elétricos;
- Sistema de insuflação de ar resfriado à temperatura de bulbo úmido (Tbu) da região, com aplicação da tecnologia de centrifugação líquida multiventuri, disponibilizando desta forma uma maior taxa de fluxo de calor, sendo requerido um menor número de renovações horárias do volume interno da subestação ou sala de máquinas, com vazão e qualidade do ar insuflado constante;
- Sistema de climatização do ar interno da subestação com uso mais intensivo de energia no ciclo de refrigeração e na ventilação com filtragem para assegurar a pressão positiva interna, apesar do reduzido número de renovações internas requerido, indicado para climatização de ambientes como salas de controle e instrumentos com circuitos eletrônicos de baixa dissipação térmica, sendo possível aplicar a tecnologia de ar resfriado na Tomada de Ar Externo (T.A.E.).

O estudo irá demonstrar também os benefícios pelo uso do depurador via líquida frente a via seca no que concerne ao controle de poluentes, eliminação dos requerimentos dos ciclos de manutenção pela purga autônoma de fluido saturado, preservação patrimonial com confiabilidade operacional e o impacto na redução da carga térmica com a consequente redução no consumo de energia.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA:

Para contextualizar a análise estabeleceu-se o estudo de um caso, o da Subestação Pituba da COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) em Salvador, na qual será simulado um estudo fundamentado na Pressurização de Subestações Elétricas de Potência em região com atmosfera salina, visando controlar a concentração de íons salinos e grãos de sal em suspensão dissolvidos e poluentes de poeiras urbanas. Trata-se de instalação efetiva operando a mais de 20 anos onde os ganhos de confiabilidade operacional e eliminação de corrosão salina por pite, consagram a tecnologia de depuração do ar. Esta injeção de ar isento de salinidade e resfriado na Subestação Elétrica promovem a eficaz remoção do calor dissipado pelos transformadores, variadores de frequência e capacitores. Serão demonstradas as características de aplicação, custo operacional e energético e gasto com manutenção de cada tecnologia, de forma a gerar uma conclusão acerca da melhor tecnologia aplicável na obtenção da redução da temperatura interna da subestação e na sua preservação patrimonial e confiabilidade funcional pela ausência de poluentes corrosivos no ar interno.

Para materializar essa demonstração será caracterizado o ambiente beneficiado relatando seus dados de dissipação térmica, vazão de ar a ser processada e equipamentos instalados. Após a caracterização, será feita a aplicação das três tecnologias propostas e suas performances técnico-econômicas.

I- Caracterização da Subestação Pituba da COELBA:

A elevada frequência de panes nos contatos de chaves conversoras por corrosão salina e subsequentes substituições de onerosas, obrigou o enclausuramento dos componentes elétricos com vistas a sua preservação diante do ataque salino da atmosfera local. Trata-se de construção de 1986 em alvenaria com bloquetes de concreto e cobertura com laje e telhas fibrocimento, com dimensional de 25 x 10 x 3 m, totalizando 750 m³ para abrigar casa de celas de 11,9 kV, dispondo de capacitores, chaves de transferência e transformadores como fontes dissipadoras de calor.



Foto1: Aspecto interno das celas com linha de dutos, no eixo longitudinal, de insuflação de ar resfriado e dessalinizado por centrifugação líquida, mantendo a subestação em pressão positiva.

a) Condições locais admitidas para o projeto: Cidade Salvador – Bahia.

BA	Salvador	Latitude	Longitude	Altitude	Pr.atm	Período Medição	Extremos.anuais						
							TBU	TBSmx	s	TBSmn	s		
		12,90S	38,33W	6m	101,25	1982/2001	31,8	34,8	2,2	18,6	1,1		
Mês> Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação Baixa umidade						Mês>Frio	Freq.anual	Aquec. Umidificação			
Fev	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Ago	TBS	TPO	w	TBSc
		32,7	26,7	27,2	31,1	26,1	21,5	29,6	99,6%	20,2	17,8	12,8	23,5
ΔTmd	1%	32,0	26,3	26,8	30,6	25,9	21,2	29,4	99%	21,1	18,2	13,1	23,6
5,9	2%	31,2	25,9	26,5	30,2	25,2	20,4	29,0					

Fonte: NBR6401 rev.1, TBS,TBU,TPO,w,s – Temperatura de bulbo seco, úmido, temperatura de ponto de orvalho, umidade e desvio padrão respectivamente.

b) Cálculo da Carga Térmica Dissipada

A operação de equipamentos e dispositivos elétricos tem como característica a dissipação térmica como escoadouro da ineficiência do dispositivo, ou seja, a diferença para 100% do rendimento da instalação elétrica em operação é dissipada para o ambiente sob a forma de calor sensível.

A difusão do uso de variadores de frequência tem sido um contraponto nos ganhos de eficiência energética das últimas duas décadas pelo uso de controladores lógicos programáveis (CLP).

A título de estabelecer o fluxo de calor dissipado pelos distintos equipamentos e instalações elétricas temos a registrar o valor calculado pelo projeto do usuário:

Potência dissipada = 30 kW/ h – referentes à presença de transformadores, variadores de frequência, capacitores e tiristores.

A título de referencia tem-se os valores médios como parâmetros para dispositivos elétricos estáticos:

b.1) Painéis Elétricos de 13,8kV:

Dissipação: 700W / coluna, considerando-se as colunas de entrada com dissipação térmica irrisória.

b.2) Centros de Distribuição de Cargas-CDC de 2,4kV:

Dissipação: 1200W / coluna

b.3) Centros de Distribuição de Cargas-CDC de 480V:

Dissipação: 1200W / coluna

b.4) Centros de controle de Motores-CCM de 480V:

Dissipação: 210W / coluna considerando fator de demanda de 0,7

Dissipação: 300W / coluna considerando fator de demanda de 1,0

b.5) Carregadores de Bateria:

Potência: $1 \times 25\text{kVA} (\cos \phi = 0,8) = 2500\text{W}$

b.6) Variadores de frequência:

$\eta = 98\%$ perdas térmicas de 2% da potência do variador

b.7) Transformadores:

$\eta = 95\%$ perdas térmicas de 5% da potência do transformador

b.8) Capacitores de potência:

$\eta = 93\%$ perdas térmicas de 7% da potência do capacitor

➤ Cálculo de vazão de ar exaurido pela carga térmica dissipada versus número de renovações:

Premissa: Elevação máxima de temperatura interna admitida = 10 °C (máx.).

• Carga Térmica: $30 \text{ kW} \times 860 = 25.800 \text{ kcal/hora}$

Massa de ar: $(25.800\text{kcal/h} / 0,24\text{kg/kcal} \times 10^\circ\text{C}) = 10.750 \text{ kg/h}$

Vazão: $Q = 10.750 \times (29,29 (273 + 32) / 104) = 9.600 \text{ m}^3/\text{h} (5.649 \text{ cfm})$

• Renovação horária do ar:

Volume: $v = 25 \times 10 \times 3 = 750 \text{ m}^3$

Nº de renovações/hora: $9.600/750 = 13/\text{hora} > 12$ (recomendado para cabinas elétricas)(ref.01)

3. TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS:

Para insuflação de ar com qualidade controlada, deve-se tratá-lo qualitativamente e termodinamicamente para injeção na Subestação Elétrica, e já que atmosferas industriais provocam corrosão potencializada pela temperatura interna desse tipo de instalação abrigam equipamentos dispersores de energia, como os transformadores, variadores de frequência e capacitores relatados acima.

Abaixo se caracteriza as três rotas de tecnologia disponíveis, suas vantagens e desvantagens quanto ao custo, desempenho e de manutenção operacional, sendo o gradiente de temperatura um dos parâmetros determinante para selecionar a rota tecnológica a adotar haja visto que as tecnologias disponíveis são limitadas por suas performances termodinâmicas que expressam seus limites, a saber :

- **Sistema de insuflação de ar externo**
- **Sistema de insuflação de ar resfriado e depurado**
- **Sistema de climatização do ar interno**

I- Sistema de insuflação de ar externo com filtragem mecânica à seco

Historicamente mais empregada, utiliza-se de sistemas de insuflação compostos por exaustores e gabinetes de filtragem que promovem a captação do ar externo, filtragem em níveis de eficiência gravimétrica em função do tipo de filtro e da distribuição granulométrica dos poluentes do ambiente, sendo um padrão típico empregado é de 15 renovações /hora do volume interno, com filtragem grau G3 a F5 certificados pela EN779, com performance prevista na NBR6401, para contaminantes particulados sólidos e filtros químicos como carvão ativado para atmosferas de solventes, permanganato de potássio ou carbonato de cálcio para atmosferas ácidas, dentre outros

A insuflação de ar externo filtrado tem como limite teórico de performance a temperatura externa à sombra; o funcionamento deste tipo de tecnologia se depara com o problema de não alcançar temperaturas limites reduzindo a performance dos componentes elétricos que tem queda de rendimento em temperaturas mais elevadas, provoca o acúmulo e impregnação rápida de filtros quando a subestação elétrica esta inserida em região da planta com atmosfera externa mais contaminada, típica de pátios de manipulação de matérias-primas reduzindo a vazão do sistema e impondo temperaturas internas maiores e em ações de trocas e limpeza de elevada periodicidade, resultando em elevados custos operacionais de manutenção, substituição e/ou de expurgo de elementos descartáveis. A presença de atmosferas com contaminantes mistos requer muitas vezes o uso, em série, de filtros seqüenciais para material particulado e filtros químicos para gases e vapores. com incremento da perda de carga do sistema. Nesta rota a seco de ventilação de subestações elétricas, e exemplo de todo sistema de ventilação e adequação térmica, tem-se que a vazão e determinada pela carga térmica e a perda de carga pela filtragem mecânica e/ou química requerida, sendo valores de perda de carga típicas destes módulos alcançam valores médios de 50 mm.c.a. a depender da eficiência preconizada podendo alcançar 110 mm.c.a, que quando montados em serie recebem perdas adicionais acima destes valores podendo atingir 120 mm.c.a. para filtros químicos aptos a operar em ambientes industriais com concentrações mais elevadas de poluentes, isto é miligramas ao invés de microgramas, estes típicos de áreas urbanas dissimuladas. Além do exposto sabemos que a distribuição granulométrica típica dos particulados que contaminam uma atmosfera é determinante para assegurar-se a eficiência do sistema de filtragem, que nunca será 100% por tratar-se de técnica de restrição obstrutiva á passagem em trama de tecido ou células e filamentos de não tecido, sempre haverá material particulado ingressando no ambiente beneficiado. A título de referencia temos como padrão urbano de qualidade do ar (SEMA 0231/76) o limite de 240 microgramas /m³ (2400 ppm) que numa instalação como da Coelba implica na retenção de 2,16 kg/1000 horas(≈ 41 dias) considerando uma eficiência de 90% de retenção de partículas, trata-se de um valor razoável para expectativa de ciclos de manutenção, entretanto na realidade de plantas industriais por exemplo pátios de coque temos casos de ciclos de 3 dias para saturação, ou seja 13 vezes menor. Concentrações industriais de 3,5 mg/m³(35.000 ppm) de negro de fumo e 5 mg/m³(50.000 ppm) para óxidos de ferro são limite de exposição laboral para citarmos dois contaminantes.

Na aplicação em análise temos que o poluente, cloreto de sódio da atmosfera marinha, tem propriedades deliqüescentes que tendem a umectar o filtro provocando grave queda operacional não sendo recomendável sua aplicação, há de se considerar que por ser solúvel em água parte do poluente esta dissolvido na umidade do ar e poderá cristalizar-se após filtro na condição térmica mais elevada.



Foto2: Aspecto externo mostra, de dentro do duto para fora, corrosão por pite em aço inoxidável AISI304 em Copacabana no Rio de Janeiro.



Foto3: Aspecto superficial com a formação de estalactite no leito de cabos mesmo na posição vertical, superfície aquecida, numa subestação elétrica de bombeamento em Copacabana no Rio de Janeiro.

O consumo de energia desta modalidade de pressurização de subestação elétrica esta restrito ao ventilador que responde ao cálculo de potência consumida pela equação:

$$\text{BHP} = Q * \Delta p / (75 * 3600 * \eta) \quad (1a)$$

onde Q é a vazão(m³/h), Δp e a pressão requerida (mm.c.a.) e η é a eficiência do ventilador(≈ 60 a 78 %)

Na instalação em foco, considerando uma perda de 60 mm.c.a. nos filtros colméia+filtro grosso (G3) + filtro bolsa (F5) tem-se uma potencia na ponta do eixo de:

$$\boxed{\text{BHP} = 9600 * 60 / (75 * 3600 * 0,70) = 3,1 \text{ CV} \approx 2,31 \text{ kW}} \quad (1b)$$

Este valor é realmente bastante aceitável não fosse a inviabilidade operacional da saturação dos filtros e ao fato de que no verão tem-se temperatura interna de 42°C, valor que impede a presença de operador e gera perdas operacionais aos componentes elétricos inclusive de segurança de isolação nos circuitos de potência, além dos custos dos filtros tanto no descarte quanto na reposição.

II- Sistema de climatização do ar interno com ciclo de refrigeração

Trata-se do uso de uma tecnologia antagônica ao estado de calor dissipado, ou seja adota-se um sistema intensivo de energia, pois o ciclo frigorífico apresenta um dos menores índices de eficiência de conversão de energia em trabalho apesar de maravilhosos benefícios térmicos e até criogênicos nas áreas de saúde alimentação, conforto laboral e doméstico, técnicas como poluição por vapores de querosene, gases de combustão e particulados de borracha em T.A.E. de aeroportos, a até de processos como condensação criogênica de poluentes de COV - compostos orgânicos voláteis (VOC volatile organic compounds) permitindo recuperação de hidrocarbonetos com até controle ambiental de odores, á condensação de frações de produtos por gradiente de densidades.

Por tratar-se de uma forma com taxas geométrica de remoção de energia a maximização e a viabilização de seus limites dá-se ao custo do emprego intensivo de energia; desta maneira seu critério de adoção deve ser pautado por determinação imperiosa de prioridades de custo do conforto ou impedimentos técnicos de processo, na aplicação em epígrafe temos que a temperatura máxima aceitável historicamente era de 10°C acima da ambiente á sombra, sendo no Brasil o limite o agreste de Pernambuco ou Cuiabá no verão com temperatura máxima oficial na NBR 6401, de 40,2°C em Teresina no Piauí.

A tecnologia de refrigeração do ar interno de subestações elétricas compreende a insuflação de ar refrigerado num ambiente dissipador de calor aquecendo esse ar que retorna a unidade evaporativa para troca térmica, as perdas são sempre repostas pela T.A.E.(tomada de ar externo) que requer uma unidade semelhante a descrita no sistema de ventilação com filtragem mecânica á seco. Esta operação antagônica consome muita energia além de expor a unidade condensadora á atmosfera agressiva passível de panes mais freqüentes com redução da confiabilidade operacional e da vida útil dos equipamentos do sistema de climatização. A rota de refrigeração é indicada quando a temperatura operacional do ambiente beneficiado é inferior a de bulbo úmido do local.

Esta tecnologia além do elevado consumo energético acumula as desvantagens de trocas e limpeza de elevada periodicidade, resultando em custos operacionais e de expurgo de elementos descartáveis representativos.

O consumo de energia desta modalidade de pressurização de subestação elétrica é o somatório do consumo do ventilador da T.A.E. e do refrigerador, adicionada da maior parcela da energia do compressor que responde ao cálculo de potência consumida pela equação:

$$\text{BHP} = Q * \Delta p / (75 * 3600 * \eta) + \Delta H(\text{carga de refrigeração}) \quad (2)$$

onde Q é a vazão (m³/h), Δp é a pressão requerida(mm.c.a.) e η é a eficiência do ventilador (≈ 60 a 78%). A vazão de ar, para aplicação em foco é bem menor que no caso I apresentado anteriormente, pois o ar condicionado se caracteriza pela reutilização do ar interno.

Na instalação em foco tem-se:

Carga térmica dissipada: 25.800 kcal/h ≈ 8,53 TR

Vazão de ar : 6120 m³/h

Energia do sistema de tomada de ar externo de compensação, considerando 60 mm.c.a da filtragem colméia +filtro G3+filtro F5:

$$\text{BHP} = 918 * 60 / (75 * 3600 * 0,70) = 0,29 \text{ CV para o ar de compensação}$$

A Energia da Unidade de Climatização (ventiladores do evaporador e do condensador + compressor), que é dada por:

Potência dissipada no ambiente de 30 kW/h = 25.800kcal/h, selecionamos uma unidade self contained operando com dois compressores scroll de 5TR, que totalizam um consumo nominal de energia resultante do somatório:

Condensador 2,94 kW

Evaporador 2,26kW

Compressor 2 x 4,77 kW

Consumo total no sistema de climatização por refrigeração é de: 0,22kW + 14,74 = 14,96 kW.

III-Sistema de insuflação de ar resfriado e depurado com tecnologia de centrifugação multiventuri

O sistema de insuflação de ar tratado com a tecnologia de centrifugação multiventuri tem a função de insuflar ar despoluído e resfriado a fim de preservar a qualidade ambiental interna isenta de agentes corrosivos e/ou hidrocarbonetos quer possam gerar atmosfera explosiva. Em plantas petroquímicas e refinarias de petróleo as subestações elétricas são pressurizadas, incluindo-se o porão de cabos e as manilhas de passagem dos cabos elétricos até os equipamentos na planta, ou seja temos o centro de controle de motores -CCM remoto e centralizado, de forma a impedir a formação de zonas ou bolsões de gases inflamáveis. A proximidade com as unidades de recuperação de enxofre, pátio de coque, caldeiras de processo implicam em atmosferas agressivas que atacam as ligas de cobre e alumínio inclusive de condensadores de sistemas de climatização, como o caso de gás sulfídrico capaz de corroer as soldas das serpentinas de condensadores externos comprometendo o patrimônio e de segurança operacional.

O emprego da tecnologia é fundamentada nos princípios da mecânica dos fluidos, transferência de massa e energia e dos fenômenos de adsorção e condensação, promovidos através da centrifugação líquida multiventuri com eficaz depuração do ar aspirado do ambiente externo com o objetivo de atender a necessidade de assegurar o condicionamento do ar nos aspectos qualitativos e quantitativos, no que concerne a concentração e tipificação da população biológica e de agentes físico-químicos como contaminantes presentes na atmosfera ambiental da planta industrial.

No uso da tecnologia centrifugação líquida multiventuri deve-se operar em circuito aberto com o conceito de varredura longitudinal, sendo o ar externo aspirado pelo próprio equipamento através de rotor tipo limit load com perímetro multiventuri, onde temos a função auto-aspirante presente ("booster"), sendo promovida na sequência o processo de depuração através da centrifugação simultânea e sinérgica, em regime bifásico, que favorece as transferências de poluentes para o meio líquido. A água centrifugada com o ar vaporiza-se e absorve calor, resfriando o ar. Na sequência o ar depurado e resfriado, que teve incorporado no seu equilíbrio ar-vapor a água vaporizada ao seu limite de equilíbrio na fronteira da temperatura de bulbo úmido da região. Com a umidade elevada, é insuflado no ambiente interno da subestação que contém distintas fontes de calor dissipado; é esse calor o responsável pelo aquecimento e expansão do ar insuflado, fenômeno que implica na sua expansão e queda da umidade relativa. Esse fenômeno assegura uma atmosfera interna semelhante a externa no verão desde que tenhamos na face oposta registros de sobre-pressão que permitam o expurgo do ar. Neste resfriamento evaporativo, temos que quando analisamos o sistema como um bloco em que o calor sensível do ar externo é absorvido pela entalpia de vaporização (calor latente) do líquido na centrifugação multiventuri, temos na sequência a re-incorporação pela remoção do

calor sensível dissipado pelos equipamentos elétricos de potência, havendo nesse sentido uma troca isoentálpica pois os valores de campo demonstram que a temperatura e umidade de expurgo estão equivalentes tendo-se utilizada as características psicrométricas do ar como veículo gasoso de transporte e transferência de energia, sendo a água um coadjuvante pelo uso de suas propriedades de absorver 540,5 kcal/kg de água vaporizada, energia suficiente para resfriar 10°C cerca de 210 m³ de ar.

Quando aplicado em salas de controle e de instrumentos, onde tem-se o uso intensivo de controladores lógicos programáveis (CLP) com reduzidos valores de calor sensível dissipado, opera-se, a tecnologia de centrifugação líquida multiventuri, em conjunto com o sistema de climatização do ar em ciclo frigorífico, de forma a garantirmos qualidade ambiental com controle de umidade e temperatura em valores abaixo dos alcançáveis pelo resfriamento evaporativo. Nesta versão processa-se cerca de 20% da vazão de ar do retorno do sistema, podendo-se adicionalmente incluir a tomada de ar externo, de forma a promover o expurgo dos contaminantes de forma contínua ao longo da recirculação do ar e reduzindo a carga térmica do ar externo, de forma a otimizar a performance de sistemas que estejam no limite operacional no verão. A depuração do ar está apoiada nos princípios fundamentais de seqüestro líquido contínuo dos agentes físicos e biológicos por encharcamento e arraste hidráulico e dos agentes químicos por solubilização ou condensação dos contaminantes, sendo estes expurgados ciclicamente do líquido saturado através da drenagem de purga. A água em recirculação experimenta um processo progressivo de enriquecimento com os contaminantes extraídos do fluxo que serão expurgados do sistema por dreno cíclico.

Portanto, as substâncias alheias a composição natural do ar, sendo algumas nocivas à saúde, são extraídas do circuito assegurando-se concentrações abaixo dos padrões estabelecidos para qualidade do ar interno de forma permanente e garantindo-se controle de poluentes que possam provocar corrosão. Nesta versão refrigerada o depurador centrífugo multiventuri opera com circuito de água gelada em serpentina imersa que refrigera a água re-circulante, de forma a podermos controlar a incorporação de umidade no ar por evaporação de líquido, ou seja, temos um processo de depuração físico-químico-biológico com simultânea refrigeração para impedir fluxos indesejáveis de energia que provoquem a vaporização da água elevando a umidade

Em síntese temos uma tecnologia sinérgica de extração simultânea de contaminantes do ar que apresenta performance estável e não obstrutiva, com expurgo automático e cíclico dos contaminantes. A confiabilidade da qualidade do ar esta garantida pela atuação permanente da extração dos contaminantes, independentemente do estado da bandeja, da rede de dutos, de retorno pelo forro e até por contaminações acidentais ou ocasionais.

O consumo de energia desta modalidade de pressurização de subestação elétrica esta vinculado à potência do equipamento de que utiliza a tecnologia de centrifugação multiventuri que na aplicação na subestação da Coelba na Pituba-BA, corresponde à 8,25 CV= 6,15 kW de potência, ou seja um consumo muito inferior ao da refrigeração.

Como resultados empíricos tem-se os valores a seguir que demonstram um controle adequado da carga térmica dissipada com uma temperatura interna equivalente á externa a despeito da elevada dissipação térmica

TERMÔMETRO DIGITAL				
DATA	HORAS	LOCAL	TEMP	UMIDADE
27-06-2008	09:36	EXTERNO	27,7°	78,4%
27-06-2008	09:45	INTERNO MEIO SUBES- TAÇÃO	27,9°	79,0%

27-06-2008	09:47	INTERNO FUNDO DA SUBESTAÇÃO	27,7°	79,1%
TERMÔMETRO ANALÓGICO				
27-06-2008	09:37	Tbs- EXTERNO	27,0°	
27-06-2008	09:44	Tbu- EXTERNO	25,0°	
27-06-2008	09:51	Tbs- INTERNO MEIO SUBESTAÇÃO	27,3°	
27-06-2008	09:56	Tbu- INTERNO MEIO SUBESTAÇÃO	25,2°	
27-06-2008	09:50	Tbs- INTERNO FUNDO SUBESTAÇÃO	27,3°	
27-06-2008	09:58	Tbu- INTERNO – FUNDO SUBESTAÇÃO	25,0°	
TERMÔMETRO DIGITAL				
DATA	HORAS	LOCAL	TEMP	UMIDADE
30-06-2008	09:38	EXTERNO	27,7°	79,2%
30-06-2008	09:39	INTERNO MEIO	26,9°	79,4%
30-06-2008	09:40	INTERNO FUNDO	26,8°	79,8%
TERMÔMETRO ANALÓGICO				
30-06-2008	09:42	Tbs- EXTERNO	26,4°	
30-06-2008	09:47	Tbu- EXTERNO	25,0°	
30-06-2008	09:50	Tbs- INTERNO MEIO SUBESTAÇÃO	26,6°	
30-06-2008	09:54	Tbu-INTERNO MEIO SUBESTAÇÃO	23,8°	
30-06-2008	10:00	Tbs- INTERNO FUNDO SUBESTAÇÃO	27,1°	
30-06-2008	10:03	Tbu- INTERNO FUNDO SUBESTAÇÃO	24,6°	

Após mais de quinze anos de operação a tecnologia de centrifugação líquida multiventuri se consolida como a de melhor equilíbrio energético apresentando um consumo intermediário entre as duas outras rotas que apresentam um consumo dispare em 547% , estando a tecnologia de resfriamento isoentálpico com um consumo 166% acima da ventilação convencional, porém com resulta-

do térmico interno confortável face aos 42°C quando do uso do sistema de ventilação á seco com filtros.

O importante diferencial da tecnologia é sua capacidade para operar como depurador do ar multimodal de atuação simultânea nos agentes físicos sólidos e em forma de névoa, vapores químicos e microorganismos biológicos, de forma extrativa autônoma não gerando filtrado acumulativo com queda progressiva de performance dinâmica.

4. CONCLUSÃO

Dentre as matizes tecnológicas disponíveis temos que o antagonismo energético de ciclos de refrigeração em pressurização de subestações de potencia com expressivas taxas de calor dissipado é inviável, restando seu uso consorciado para centros de controle e instrumentos onde temperaturas inferiores a de bulbo úmido sejam requeridas ou na ausência de carga térmica dissipada apta provocar a expansão do ar em níveis que adéqüem a umidade relativa. Isto posto a seleção se concentra entre as duas rotas, e é determinada pelos requerimentos de depuração que viabilizam operacionalmente e em termos de eficiência a de filtragem mecânica ou química á seco versus extração e neutralização líquida por centrifugação multiventuri, sendo que o balanço de energia do gradiente de temperatura á alcançar em relação a externa e pela temperatura mínima de processo que estabelecem os limites termodinâmicos do sistema, ou seja a ventilação a seco não é capaz de assegurar temperaturas internas próximas a externa a sombra quando temos elevadas cargas térmicas dissipadas.

5. AGRADECIMENTOS

Registramos nossos agradecimentos aos setores de EMS da Coelba pela coleta de dados de campo, ao engenheiro da WEG acionamentos pelo suporte de dados de dissipação de equipamentos elétricos, e em especial ao Eng. Luis Paulo Caldeira, da Petrobras pela participação nas discussões de conceitos e realidades de ciclos operacionais

6. BIBLIOGRAFIA:

- NBR6401 rev. 1
- Engenharia de Ar Condicionado, Jones W. P (ed. Campus-1983)
- Ventilação Industrial, Archibald Joseph Macintyre (Ed. LTC-1990)
- ACGIH-2007
- Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 1986, 19th edition, Lansing, Michigan, 48901 U.S.A.

ISOENTALPIC DEBUGGING - PRESSURIZATION SYSTEM OF ELECTRICAL SUBSTATIONS IN INDUSTRIAL ENVIRONMENT

Abstract: *The sheltered facilities for electric utility of platforms will support "offshore" means sugar and alcohol plants, petrochemical plants, steel, cement, pulp and paper and has the opponent the quality of ambient air contaminants in concentrations with foreign elements from outside the natural composition of air in chemical aspects (gases, vapors, smells) and Co-physics (PM) salts such as sodium and potassium, sulfur, chlorine, VOCs (volatile organic compounds) and coke, ferrous oxides, soot combustion, oxides of iron, salt, which on being admitted to the system, pressurization these facilities cause panes in obstructive filtering systems, increase the shares of maintenance, reduction of operational reliability, reducing the useful life of equipment and electrical components and the elevation operational cost and the pollution generated in the disposal of secondary filter elements saturated. As function of these facilities we have high rate of flow of heat sensitive dis-*

pelled by electric equipment that affect their performance and is required by a provision of ventilation system to ensure quality of air blown and ability to remove energy dissipated by cooling convection. Our work is a comparison among the three methods of electrical substations pressurization namely inflation system air filter with outside mechanics, air-cooled inflation will with the implementation of centrifuge technology and multiventuri net cooling air internal substation. Through results of studies and applications as well as findings of tests and analyses of the quality of indoor air in ventilation systems for Making Air External (TAE), was found problems and advantages of each technology on the quality aspects of physical chemistry air, global consumption of energy, generation of waste and tailings, operational maintenance, operational reliability and preserving heritage, is highlighting the technology for cleaning and cooling by liquid centrifuge that presents performance stable, automatic and cyclical contamination by extracting not accumulative Regardless of the quality of air in the industrial environment outside, even in situations of casualties process with high emissions of pollutants.

Keywords: *Cooling Isenthalpic, decontamination air, Pressurization, electrical substation, Desalination air, and Despiliation Insufflations.*