10ª Coteq 2009 SALVADOR BAHIA
Conferência Sobre Tecnologia de Equipamentos
12 a 15 de maio de 2009 • Bahia Othon Palace

# COTEQ - 231
# SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE AGENTES CORROSIVOS ATMOSFÉRICOS EM AMBIENTES CONFINADOS

Domenico Capulli[1], Cintia Oliveira[2], Lívia Araújo[3]

*Copyright 2009, ABENDE, ABRACO e IBP*
*Trabalho apresentado durante a 10ª. COTEQ – Conferência Sobre Tecnologia de Equipamentos*
*As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).*

## Sinopse

A corrosão atmosférica em ambientes marinhos ou industriais agressivos gera redução da confiabilidade operacional e principalmente, redução da vida útil de equipamentos e componentes elétricos, responsável por grande parcela dos custos advindos da deterioração de materiais metálicos por oxidação química. Nosso trabalho consiste numa comparação dentre as três modalidades de pressurização das subestações elétricas: sistema de insuflação do ar externo com filtragem mecânica, insuflação de ar resfriado com a aplicação de Precipitadores Hidrodinâmicos com a 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 descartáveis, manutenção operacional, confiabilidade operacional e preservação patrimonial, destacando-se a tecnologia de depuração e resfriamento por centrifugação líquida multiventuri, que apresenta performance estável com expurgo automático de agentes corrosivos presentes na atmosfera preservando a integridade de equipamentos e instalações abrigadas em ambientes confinados.

**Palavras Chave:** Extração de agentes corrosivos atmosféricos, Descontaminação do ar, Pressurização de subestação elétrica, Dessalinização do ar, Corrosão atmosférica em ambiente confinado, Tomada de ar externo em ambiente industrial corrosivos

1 Engenheiro Químico Sênior, Capmetal Tecnologia Ambiental
2 Graduanda em Engenharia Química, UFRJ
3 Graduanda em Engenharia Química, UERJ

## 1. Introdução

Diversos fatores ambientais influenciam a composição atmosférica, como por exemplo, a umidade, temperatura, latitude, proximidade com o mar, pólos industriais ou centros urbanos. Considerando que muitas vezes é intangível o controle das variáveis que afetam a atmosfera de uma região, resta-nos confinar a instalação dos equipamentos com vistas a sua preservação funcional. Logo, o objetivo deste trabalho é abordar modelos de ventilação em instalações técnicas abrigadas de utilidades elétricas, construídas 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 necessária a pressurização da subestação com ar depurado, de forma a interromper o ingresso de sais contaminantes presentes no ar.

## 2. A Corrosão Atmosférica

A corrosão como fenômeno químico exerce um fascínio intrigante pela complexidade das potentes trocas iônicas capazes de destruir as mais tenazes ligas metálicas formuladas pelo homem, um quinto da produção mundial de aço é destinado a repor perdas causadas pela corrosão representando, só nos EUA, 3% do PIB todos os anos, algo em torno de US$ 400 bilhões, no Brasil, os gastos podem chegar a cerca de US$ 10 bilhões, grande parte na indústria petrolífera. Além disso, tem-se a grave ocorrência de quebra da confiabilidade operacional em sistemas funcionais com paralisação e interrupção funcional de sistemas provocados pela corrosão atmosférica em ambientes de maresia salina ou de atmosferas típicas de indústrias siderúrgicas. [(1)]

O procedimento de confinamento é empregado em equipamentos e sistemas nos quais a selagem é inviável ou demasiadamente onerosa como compressores nos quais o ar é um insumo funcional e de resfriamento, ou arranjos de modulação energética compreendendo transformadores, bancos de capacitores, variadores de freqüência e painéis e de qualquer forma temos elevadas taxas de calor dissipado em função da potência elétrica processada, estas instalações requerem a implantação de sistemas periféricos capazes de gerar artificialmente um fluxo de ar isento de contaminantes capaz de remover o calor dissipado.

Tem-se desenvolvido um comparativo dentre as três modalidades de pressurização de utilidades 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 gráfico 1 demonstra a diferença na redução nas taxas de corrosão entre uma instalação abrigada e uma não abrigada.

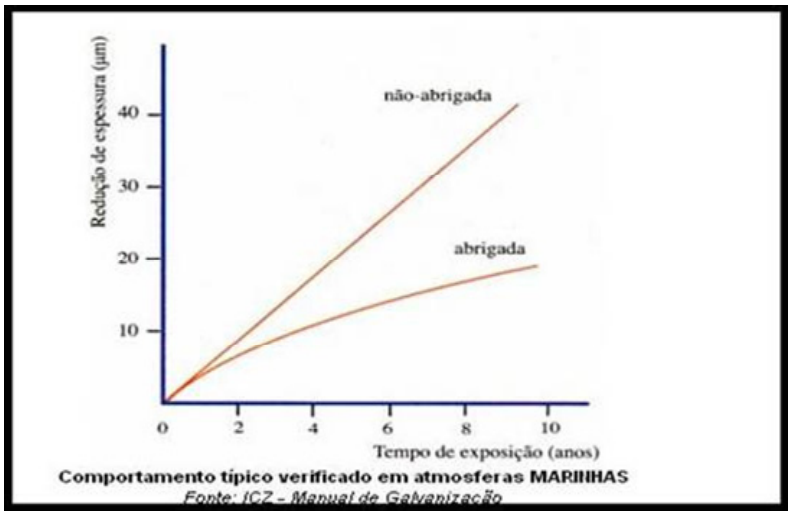



**Gráfico 1:** Diferença entre a técnica abrigada e não-abrigada através de um comportamento típico verificado em atmosferas marinhas.[(2)]

*2.1. Estudo de Caso*

Para contextualizar a análise foi estabelecido o estudo de um caso da Subestação Pituba da COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) em Salvador, simulando 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 isenta de salinidade e resfriada na Subestação Elétrica promovem a eficaz remoção do calor dissipado pelos transformadores, variadores de freqüência e capacitores.

A elevada freqüência de panes nos contatos de chaves conversoras por corrosão salina e subseqüentes 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 blocos 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. (conforme foto 1)



**Foto 1**: 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.

Tabela 1: Dados climáticos de projeto em Salvador [3]

| **Estado Bahia** | **Salvador** | | | Latitude | Longitude | Altitude | Pr. Atm | Período |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 12,90S | 38,33W | 6m | 101,25 | 82/01 |
| Mês>Qt | Freq. Anual | Resfriamento e desumidificação | | | | Baixa umidade | | |
| **Fev** | | **TBS** | TBUc | **TBU** | TBSc | **TPO** | **w** | TBSc |
| | 0,4% | **32,7** | 26,7 | **27,2** | 31,1 | **26,1** | **21,5** | 29,6 |
| ΔTmd | 1% | **32,0** | 26,3 | **26,8** | 30,6 | **25,9** | **21,2** | 29,4 |
| 5,9 | 2% | **31,2** | 25,9 | **26,5** | 30,2 | **25,2** | **20,4** | 29,0 |
| | | | | | | | | |
| Etrem. anuais | TBU | TBSmx | s | TBSmn | s | | | |
| | 31,8 | 34,8 | 2,2 | 18,6 | 1,1 | | | |
| Mês>Fr | Freq. Anual | Aquec. | Umidificação | | | | | |
| **Ago** | | **TBS** | **TPO** | **w** | **TBSc** | | | |
| | 99,60% | **20,2** | **17,8** | **12,8** | 23,5 | | | |
| | 99% | **21,1** | **18,2** | **13,1** | 23,6 | | | |

| **LEGENDA** | |
|---|---|
| Pr atm | Pressão atmosférica padrão no local (kPa) |
| Período | Período das observações meteorológicas (ano inicial / ano final) |
| Extrm. Anuais | Média das temperaturas extremas anuais e desvio padrão (s) |
| Mês> Q | Mês no período com a maior média das temperaturas máximas |
| ΔTmd | Variação média da temperatura diária no mês mais quente |

| | |
|---|---|
| Mês> F | Mês no período com a menor média das temperaturas mínimas |
| Freqüência anual | Porcentagem do total das horas do ano em que as temp. de projeto indicadas serão provavelmente ultrapassadas |
| TBS, TBU, TPO | Temperaturas (máx. ou mín.) de projeto, de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho |
| TBSc, TBUc | Temperaturas de projeto coincidentes, de bulbo seco, bulbo úmido |
| W | Umidade absoluta (g/kg de ar seco) |

Fonte: ASHRAE Fundamentals *Handbook* 2005 chap. 28 - *Climatic design information*

b) 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 freqüência tem sido um contraponto nos ganhos de eficiência energética das ultimas duas décadas pelo uso de controladores lógicos programáveis (CLP). (conforme gráfico 2)

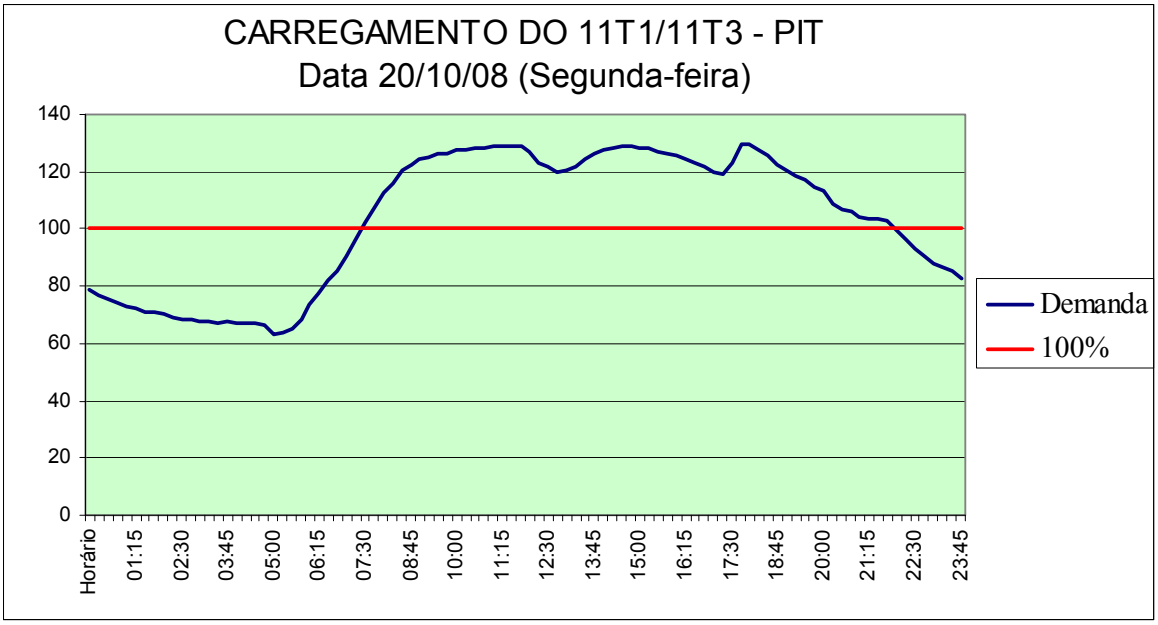



**Gráfico 2:** Perfil de carga operacional [(4)]

A título de estabelecer o fluxo de calor dissipado pelos distintos equipamentos e instalações elétricas fez-se o registro do perfil de carga operacional da subestação.

*2.2 Tecnologias Disponíveis*

Foram caracterizadas três rotas de tecnologia disponíveis, suas vantagens e desvantagens quanto ao custo, desempenho e de manutenção operacional,

*2.2.1 Sistema de insuflação de ar externo com filtragem mecânica a seco*

Historicamente é a 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 que o padrão típico empregado é de 15 renovações /hora do volume interno, com filtragem grau G3 a F5 certificados pela EN779, com performance prevista na [3]NBR16401, 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.[4, 5]

A insuflação de ar externo filtrado tem como limite teórico de performance a temperatura externa a 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, provocando o acúmulo e impregnação rápida de filtros quando a subestação elétrica estiver inserida em região da planta com atmosfera externa mais contaminada, típica de pátios de manipulação de matérias-primas, no qual poderá estar 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 (como pode observar nas fotos 2 e 3) 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, tem-se que a vazão é determinada pela carga térmica e a perda de carga pela filtragem mecânica e/ou química requerida. Além do exposto, sabe-se 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 a passagem em trama de tecido ou células e filamentos de não tecido, sempre haverá material particulado ingressando no ambiente beneficiado.

A título de referência tem-se 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, nos pátios de coque tem casos de ciclos de 3 dias para saturação, ou seja 13 vezes menor. [6]

| | |
|---|---|
|  |  |
| **Foto 2**: Corrosão por pite em aço inoxidável AISI304 em Copacabana no Rio de Janeiro. | **Foto 3:** Formação de estalactite no leito de cabos em uma subestação elétrica de bombeamento em Copacabana no Rio de Janeiro. |

O consumo de energia desta modalidade de pressurização de subestação elétrica está restrito ao ventilador que responde ao cálculo de potência, representando um valor de 3,1 CV ≅ 2,31 kW. Este valor é realmente bastante palatável, se não fosse à inviabilidade operacional da saturação dos filtros e ao fato de que no verão estaríamos com temperatura interna de 42ºC, valor que impede a presença de operador e imputa 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.

### *2.2.2 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 controle ambiental de odores, a condensação de frações de produtos por gradiente de densidades.

Por tratar-se de uma forma com taxas geométricas 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 impe-

dimentos técnicos de processo, na aplicação em epígrafe tem-se que a temperatura máxima aceitável historicamente era de 10ºC acima da ambiente a sombra.
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 à descrita no sistema de ventilação com filtragem mecânica á seco. Esta operação antagônica consome muita energia além de expor à unidade condensadora a 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. [(5)]

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 que corresponde a 14,96 kW. Neste caso, a vazão de ar, para aplicação em foco é bem menor que no caso apresentado anteriormente, pois o ar condicionado se caracteriza pela reutilização do ar interno.

### *2.2.3 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 que possam gerar atmosfera explosiva. Como pode ser visto na foto 4.



**Foto 4:** Layout típico da Unidade de Dessalinização aplicado e tomada de ar externo (T.A.E.) em planta de marítima de regaseificação de GNL da Petrobras.

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, tem-se 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 fundamentado nos princípios da mecânica dos fluidos, transferência de massa e energia 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. **(7)**

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 se tem a função auto-aspirante presente ("booster"), sendo promovida na seqüencia 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 seqüência o ar depurado é 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 à externa no verão desde que tenhamos na face oposta registros de sobre-pressão que permitam o expurgo do ar. **(8)**

Neste resfriamento evaporativo, tem-se que quando analisado 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, tem-se na seqüencia 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 psicométricas do ar como veiculo gasoso de transporte e transferência de energia.

Quando aplicado em salas de controle e de instrumentos, onde se tem 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.

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 satu-

rado 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 recirculante, 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 tem-se 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 a 8,25 CV= 6,15 kW de potência, ou seja, um consumo muito inferior ao da refrigeração.

Após mais de quinze anos de operação, a tecnologia de centrifugação liquida 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 à tecnologia de resfriamento isoentálpico com um consumo 166% acima da ventilação convencional, porém com resultado térmico interno confortável face aos 42ºC 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.

A tabela a seguir (tabela 2) demonstra um controle adequado da carga térmica dissipada com uma temperatura interna equivalente á externa a despeito da elevada dissipação térmica.

**Tabela 2:** Dados Climáticos obtidos com o uso de Depuração Isoentálpica [9]

| TERMOMETRO DIGITAL | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DATA | HORA | LOCAL | TEMP | UMIDADE |
| 17 / 10/2008 | 15:01 | EXTERNO | 32,0°C | 57,2% |
| 17 / 10/2008 | 15:03 | INTERNO MEIO | 32,1°C | 56,5% |
| 17 / 10/2008 | 15:05 | INTERNO FUNDO | 32,1°C | 56,1% |
| TERMOMETRO ANALOGICO | | | | |
| 17 / 10/2008 | 14:03 | EXTERNO SECO | 30,0°C | |
| 17 / 10/2008 | 14:07 | EXTERNO ÚMIDO | 26,1°C | |
| 17 / 10/2008 | 14:11 | INTERNO SECO MEIO | 31,0°C | |
| 17 / 10/2008 | 14:15 | INTERNO ÚMIDO MEIO | 27,2°C | |
| 17 / 10/2008 | 14:20 | INTERNO SECO FUNDO | 31,2°C | |
| 17 / 10/2008 | 14:24 | INTERNO ÚMIDO FUNDO | 26,5°C | |
| TERMOMETRO DIGITAL | | | | |
| DATA | HORA | LOCAL | TEMP | UMIDADE |
| 20 / 10 / 2008 | 14:59 | EXTERNO | 32,8°C | 55,6% |
| 20 / 10 / 2008 | 15:01 | INTERNO MEIO | 32,8°C | 55,9% |
| 20 / 10 / 2008 | 15:02 | INTERNO FUNDO | 32,8°C | 57,6% |
| TERMOMETRO ANALOGICO | | | | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:04 | EXTERNO SECO | 30,9ºC | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:07 | EXTERNO ÚMIDO | 28,0°C | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:09 | INTERNO SECO MEIO | 31,8°C | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:12 | INTERNO ÚMIDO MEIO | 29,5°C | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:14 | INTERNO SECO FUNDO | 32,4°C | |
| 20 / 10 / 2008 | 15:17 | INTERNO ÚMIDO FUNDO | 30,2°C | |

## 3. Conclusão

Dentre as matizes tecnológicas disponíveis, o antagonismo energético de ciclos de refrigeração em pressurização de subestações de potência 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 à umidade relativa. Com isso, 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 a alcançar em relação à 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 à sombra quando temos elevadas cargas térmicas dissipadas.

## 4. Bibliografia

(1) (www.redetec.org.br) - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – (Jornal do Comércio – 26/03/2008).

(2) www.portaldagalvanizacao.com.br (Manual da Galvanização – Taxa de corrosão do zinco em função de exposição em condições abrigadas e não-abrigadas);

(3) NBR 16401 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários

(4) Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 1986, 19th edition, Lansing, Michi;

(5) Ventilação Industrial, Archibald Joseph Macintyre (Ed. LTC-1990);

(6) Resolução Técnica SEMA 0231/76

(7) PERRY, R.H. CHILTON. Manual de Engenharia Química. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980;

(8) Catalogo Capmetal Indústria e Comércio Ltda (www.capmetal.com.br) - edição 2005;

(9) Dados fornecidos pela COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) / SEM-SEM-EMRM e EOS/EOST;

## 5. Agradecimento in memorium:

Registramos nossos agradecimentos em memória do cientista Giuseppe Capulli pelo legado de perseverança, obstinação e criatividade para perseverar na inovação tecnológica para o bem estar da humanidade, através da preservação do meio ambiente e melhorias da qualidade de vida.