



**AS DECISÕES DE PROJETO E OS
PROBLEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL
EM GALPÕES INDUSTRIAIS**

ANÉSIA BARROS FROTA

A.R.FROTA Arquitetura

arfrota@uol.com.br

São Paulo



GALPÕES INDUSTRIAIS

- **GERALMENTE, ABRIGAM ATIVIDADES QUE GERAM MÉDIAS OU GRANDES CARGAS TÉRMICAS, POEIRAS, ODORES, FUMAÇAS, GASES, VAPORES...**
- **ESTÃO SUJEITOS A INSALUBRIDADE – DESCONFORTO, PROBLEMAS DE SAÚDE FÍSICA E/OU PSÍQUICA, RISCO DE PERDA PERMANENTE DE SAÚDE, ACIDENTES DE TRABALHO E ATÉ PERIGO DE MORTE**
- **ESTÃO SUJEITOS A PRESENÇA DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS INFLAMÁVEIS – COM RISCO DE FOGO E DE EXPLOÇÃO**
- **PODEM SER DIVIDIDOS EM GALPÕES COM MÉDIAS OU GRANDES CARGAS TÉRMICAS**



VENTILAÇÃO NATURAL EM GALPÕES INDUSTRIAIS

- **VENTILAÇÃO – RENOVAÇÃO DO AR – CONSTANTE SUBSTITUIÇÃO DO AR SOBREAQUECIDO, E MUITAS VEZES SOBRECARREGADO DE UMIDADE, PELO AR EXTERNO**
- **O CALOR GERADO NUM GALPÃO PODE SER APROVEITADO COMO O “MOTOR” DA VENTILAÇÃO: O AR QUENTE SOBE E, SE HOVER ABERTURAS ALTAS, SAI E É REPOSTO PELO AR EXTERNO SE HOVER ABERTURAS BAIXAS – EFEITO CHAMINÉ. O VENTO PODE AJUDAR...**



O PROBLEMA DO CALOR RADIANTE

- **MÁQUINAS INJETORAS, FORNOS, LINHAS DE LINGOTAMENTO, LAMINAÇÃO A QUENTE, PROCESSOS DE GALVANIZAÇÃO – GRANDES SUPERFÍCIES AQUECIDAS A EMITIR CALOR RADIANTE**
- **A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE É FATOR FUNDAMENTAL NA EMISSÃO DO CALOR RADIANTE ASSIM COMO A EMISSIDADE SUPERFÍCIE – (EXEMPLO CALDEIRÕES DE FÁBRICA DE CERVEJA)**
- **OUTRO MEIO DE MINIMIZAR O CALOR RADIANTE É REDUZIR A TEMPERATURA SUPERFICIAL COM ISOLAMENTO TÉRMICO**
- **UM TERCEIRO RECURSO ESTÁ NOS ESCUDOS TÉRMICOS, QUE PODEM SER: REFLEXIVOS, ABSORVENTES (ÁGUA ENTRE 2 PLACAS DE METAL), TRANSPARENTES (REFLETIVOS)**



VENTILAÇÃO PARA CONTROLE DE CONCENTRAÇÃO DE CONTAMINANTES

- **NESTES CASOS A VENTILAÇÃO FICA LIMITADA POR 4 FATORES:**
 - ✓ **QUANTIDADE DE CONTAMINANTES NÃO DEVE SER GRANDE (OU O VOLUME PARA DILUIÇÃO SERÁ IMPRATICÁVEL)**
 - ✓ **USUÁRIO DEVE FICAR LONGE DA FONTE**
 - ✓ **CONTAMINANTE DEVE SER DE BAIXA TOXIDADE**
 - ✓ **O PROCESSO DE CONTAMINAÇÃO DEVE SER UNIFORME.**
- **A VENTILAÇÃO GERAL DILUIDORA POUCO SE APLICA A AMBIENTES COM FUMAÇA E POEIRA, POIS A VELOCIDADE DO AR AGRAVA O PROBLEMA E É DIFÍCIL OBTER DADOS QUANTO AOS MONTANTES**
- **AGENTES BIOLÓGICOS – MUITOS AGENTES NÃO PODEM SER LANÇADOS NA ATMOSFERA**



VENTILAÇÃO E SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

LEI Nº 6.514 (22/12/1977) – CLT:

- ✓ **NR 6 – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**
- ✓ **NR 7 – EXAME MÉDICO/SAÚDE OCUPACIONAL**
- ✓ **NR 9 – RISCOS AMBIENTAIS**
- ✓ **NR 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES/LIMITES DE TOLERÂNCIA – ANEXOS 3 EXPOSIÇÃO AO CALOR, 11 AGENTES QUÍMICOS, 12 POEIRAS MINERAIS, 13 AGENTES QUÍMICOS (outros) e 14 AGENTES BIOLÓGICOS**
 - **NR 15, ANEXO 3 – EXPOSIÇÃO AO CALOR: IBUTG, QUE REGULAMENTA O REGIME DE TRABALHO, POSTO QUE NEM SEMPRE SE PODE PRETENDER CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM ALGUNS AMBIENTES INDUSTRIAIS**



OS RECURSOS DA VENTILAÇÃO

- **SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL POR EFEITO CHAMINÉ – INCORPORAÇÃO AO EDIFÍCIO DE ABERTURAS PARA ENTRADA E PARA SAÍDA DE AR, DIMENSIONADAS E POSICIONADAS PARA PROPORCIONAR ADEQUADA RENOVAÇÃO DO AR DO RECINTO:**
 - ✓ **ABERTURAS BAIXAS PARA ENTRADA DE AR (PISO)**
 - ✓ **ABERTURAS ALTAS PARA SAÍDA DE AR (TETO)**
- **O VENTO COMO COADJUVANTE DO EFEITO CHAMINÉ**
- **OUTRAS DECISÕES IMPORTANTES E QUE DEVEM FAZER PARTE DAS PREMISSAS DE PROJETO: ORIENTAÇÃO, MATERIAIS E ACABAMENTOS DA ENVOLTÓRIA, DISPOSIÇÕES DE LAY-OUT**



GALPÕES COM MÉDIA GERAÇÃO DE CALOR

CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO – CDS

- **FRAS-LE, Sorocaba, SP, MKM Engenharia, 1991, depois, comprado pela General Motors e ampliado pela IESA em 1998**
- **NESTLÉ, Ribeirão Preto, SP, PROMON, 1992**
- **GENERAL MOTORS, Mogi das Cruzes, IESA Engenharia, 1998**
- **AVON BAHIA, Polo Petroquímico de Camaçari, ENGINEERING, 2002**
- **ALPARGATAS, Campina Grande, PB, Camargo Corrêa, 2003**

HANGARES

- **EMBRAER, São José dos Campos, SETEPLA Engenharia, 2000**
- **EMBRAER, Polo de Gavião Peixoto, SP, PROMON Engenharia, 2001**

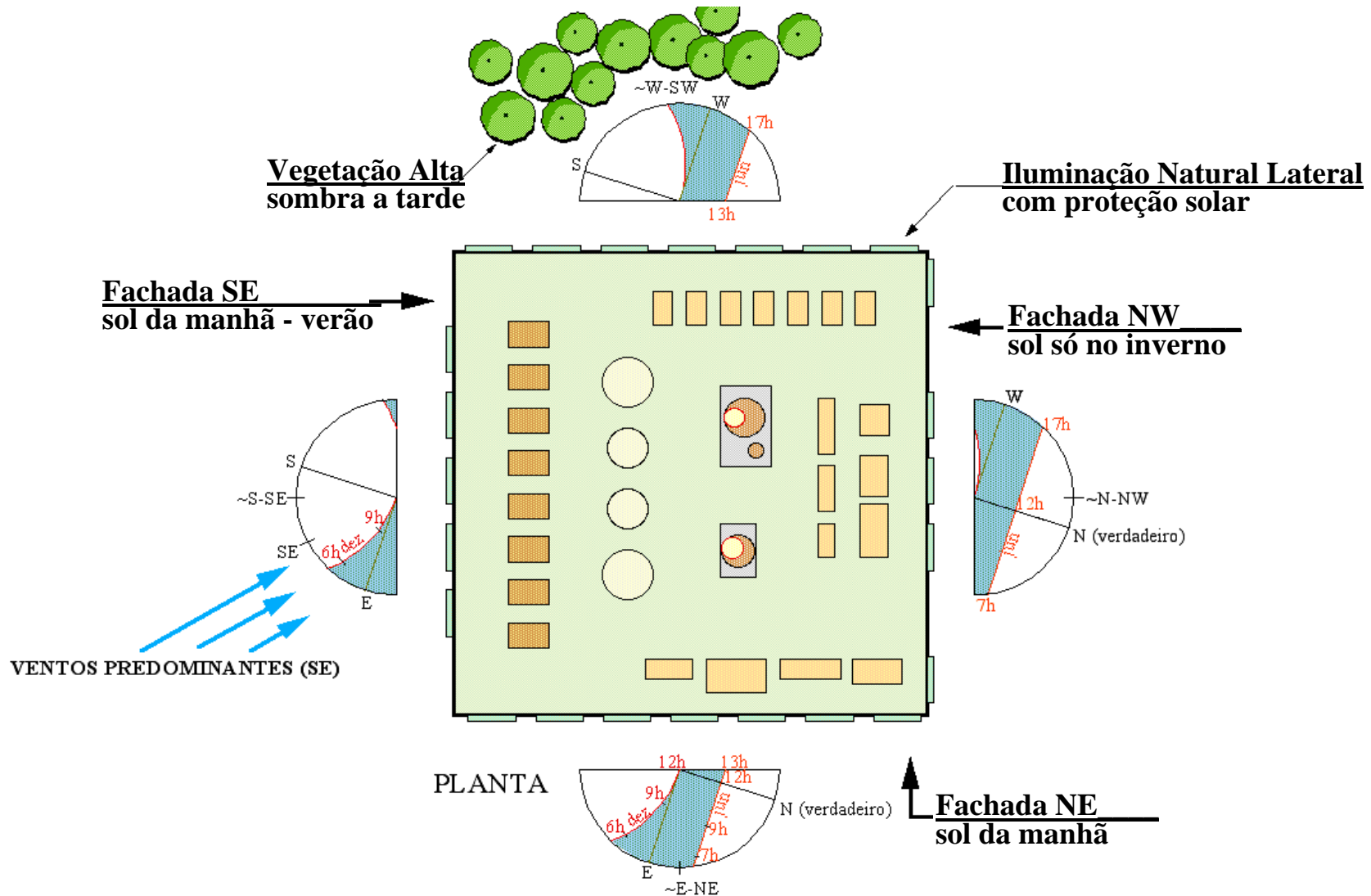
GRÁFICAS

- **COCHRANE, Indaiatuba, SP, 1999**
- **FTD, Guarulhos, SP, 2001**

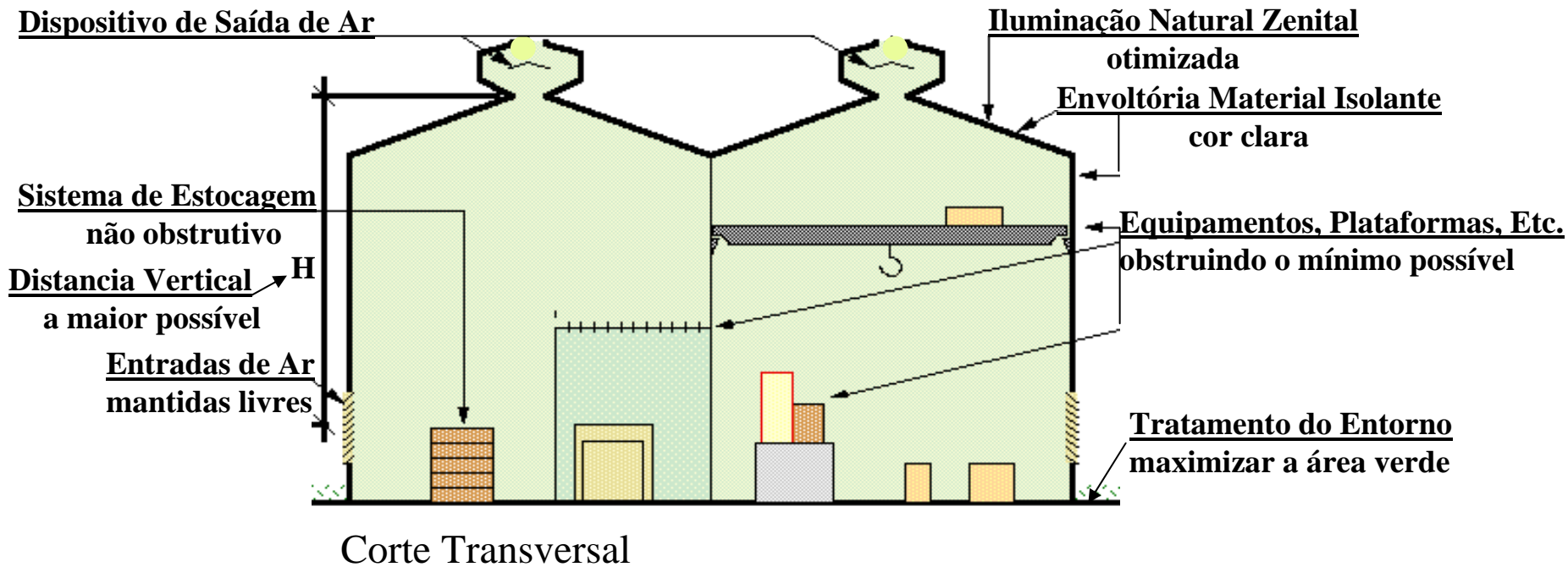
CERVEJARIAS

- **BRAHMA, Santa Cruz, RJ, PROMON Engenharia, 1994**
- **KAISER, Unidade Pacatuba, Fortaleza, Ceará, PROMON Engenharia, 1997**

GALPÕES COM MÉDIA GERAÇÃO DE CALOR



GALPÕES COM MÉDIA GERAÇÃO DE CALOR





GALPÕES COM GRANDE GERAÇÃO DE CALOR

SIDERÚRGICAS

- **COSIPA, Cubatão, SP, Aciaria 1, Figueiredo Ferraz, 1980 (Reforma não foi feita)**
- **AÇOS VILARES, Usina Anhanguera, Pindamonhangaba, SP, Galpões de Lingotamento Contínuo e de Resfriamento de Tarugos, PEC Engenharia, 1995**
- **BELGO ARCELOR, Piracicaba, SP, Ala de Lingotamento, ICEC, 2004**
- **GERDAU/COSIGUA, Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Fábrica de Pregos, 2004**
- **CST, Vitória, ES, Galpão de Lingotamento Contínuo 3, CST, 2005**
- **GERDAU, Ouro Branco, MG, Galpões de Lingotamento Contínuo e de Forno de Reaquecimento, ICEC Indústria de Construção, 2005**



GALPÕES COM GRANDE GERAÇÃO DE CALOR

GALVANIZAÇÕES

- **B. BOSCH, Jundiaí, SP, Tecconin Engenharia, 2000**
- **GALVASUD, Porto Real, RJ, GC,P e ICEC, 1999**
- **USINOR – Unidade Vega, São Francisco do Sul, SC, PROMON Engenharia/ ICEC, 2002**

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

- **SALGEMA, Galpão de Eletrólise, Maceió, AL, NATRON Engenharia, 1987**
- **CARBOCLORO, Sala de Células de Mercúrio, Cubatão, SP, 1990**
- **PAN-AMERICANA, Galpão de Eletrólise, Fábrica de Honório Gurgel, RJ, 1992.**

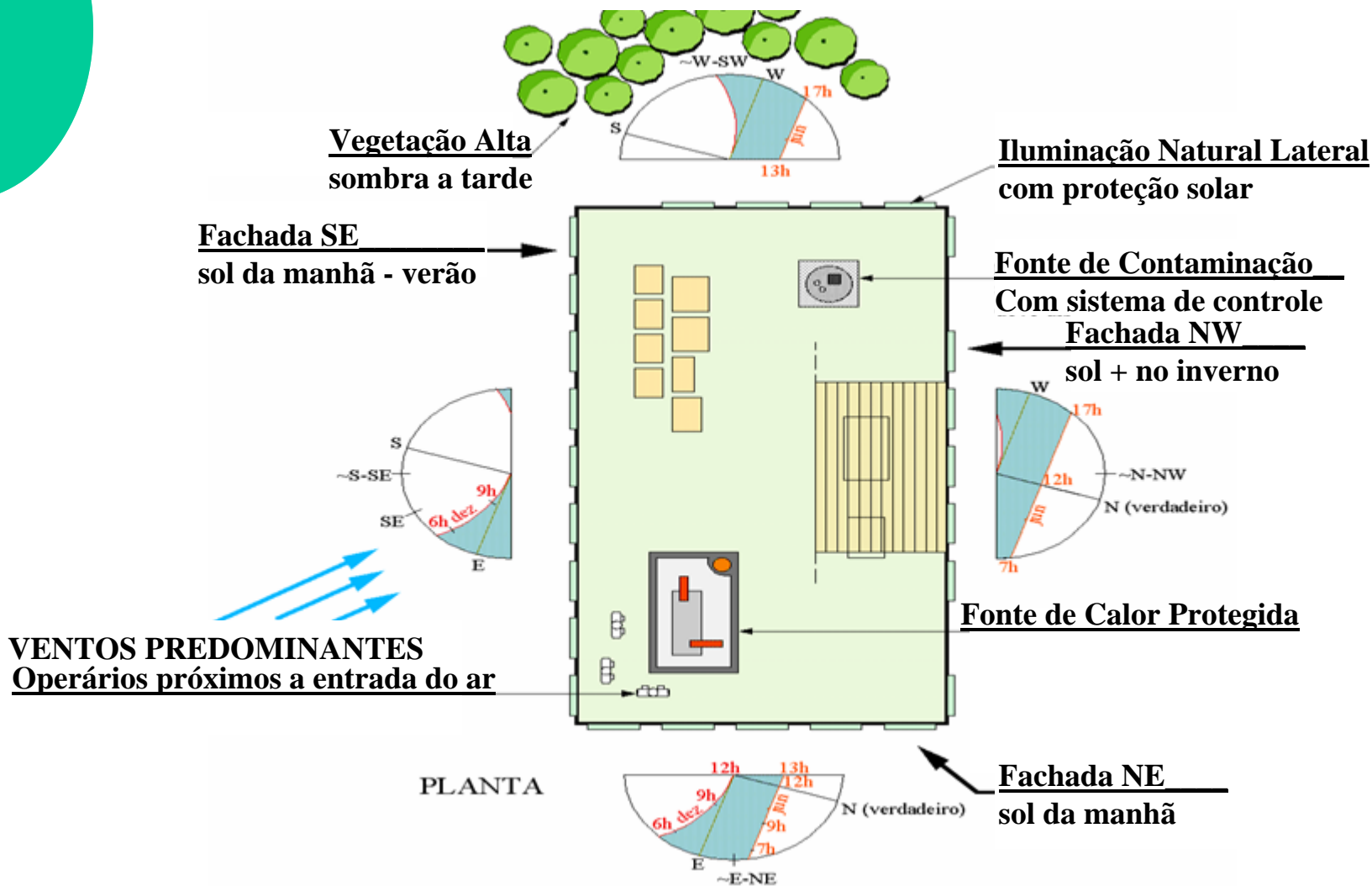


GALPÕES COM GRANDE GERAÇÃO DE CALOR

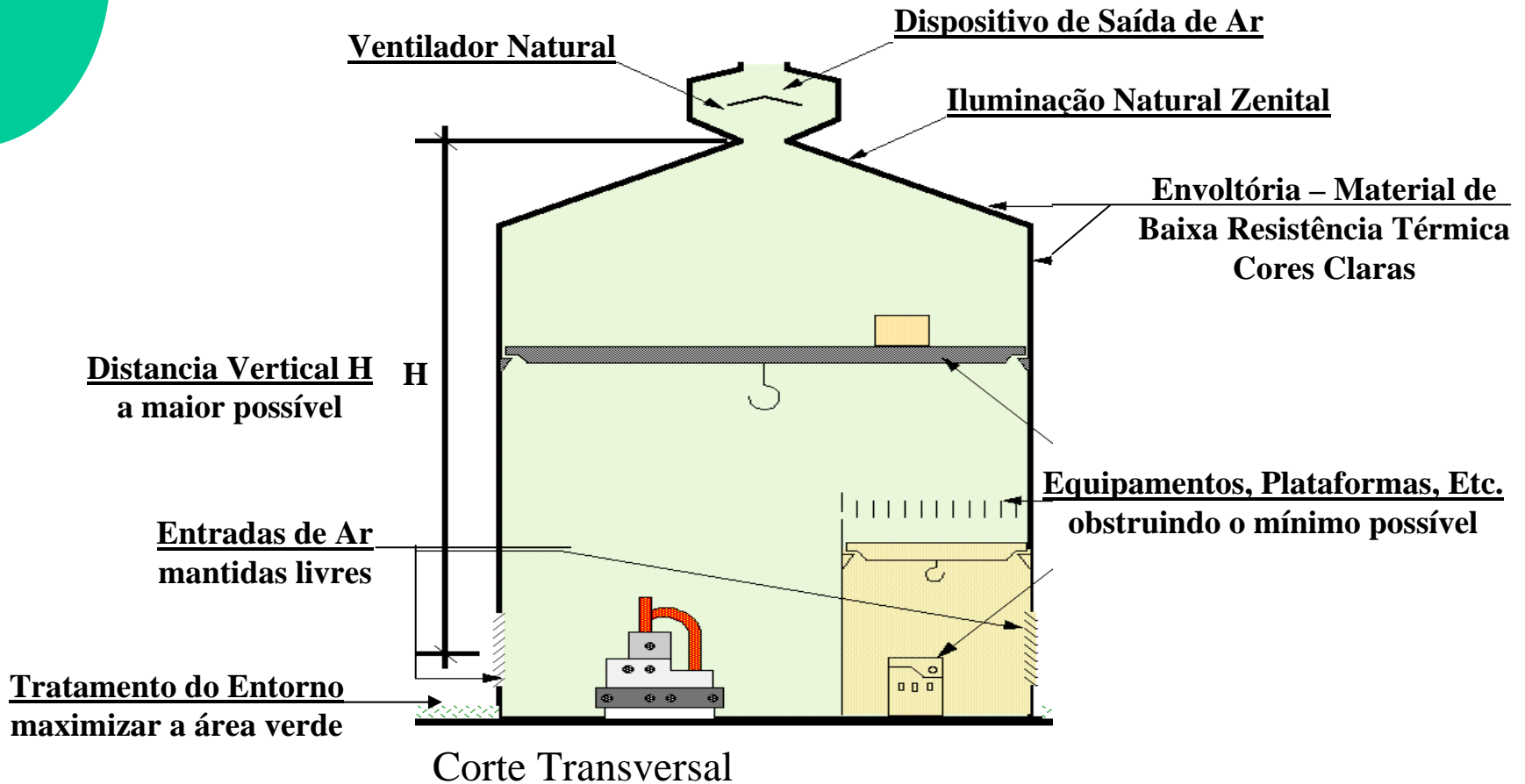
FÁBRICAS DE AUTOMÓVEIS

- **FORD DO BRASIL - Prédio da Montagem Final, São Bernardo do Campo, SP. Figueiredo Ferraz, 1981**
- **VOLKSWAGEN – Fábrica de Caminhões, Resende, SP, PROMON Engenharia, 1996**
- **VOLKSWAGEN, Fábrica de São Carlos, SP, PROMON Engenharia, 1996**
- **GENERAL MOTORS – Estamparia e Ferramentaria, Mogi das Cruzes, SP, Setepla Engenharia, 1997**
- **RENAULT DO Brasil, Galpões Industriais, Área Metropolitana de Curitiba, PROMON Engenharia, 1997**
- **PEUGEOT/CITRÖEN, Fábrica de Resende, RJ, PROMON Engenharia, 1999**

GALPÕES COM GRANDE GERAÇÃO DE CALOR



GALPÕES COM GRANDE GERAÇÃO DE CALOR





A VENTILAÇÃO NATURAL E A PLANTA DO GALPÃO INDUSTRIAL

■ GALPÃO ESTREITO E LONGO

- ✓ FONTES DE CALOR DISTRIBUÍDAS SENTIDO LONGITUDINAL
- ✓ ENTRADAS DE AR – FACHADA MAIS EXTENSA E EXPOSTA AO VENTO
- ✓ PÉ-DIREITO ALTO, CUIDADO COM ILUMINAÇÃO NATURAL LATERAL

■ GALPÃO PLANTA GRANDES DIMENSÕES E PÉ-DIREITO BAIXO

- ✓ FACHADAS POUCO IMPORTANTES COM RELAÇÃO À COBERTURA
- ✓ USUÁRIO PRÓXIMO A PAREDE EXTERNA – ISOLAMENTO TÉRMICO

■ PLANTA COM 2 NAVES

- ✓ NAVE MAIS QUENTE TENDE A ATRAIR CALOR DA MENOS QUENTE – LOCALIZAR NAVE MENOS QUENTE A MONTANTE DO VENTO
- ✓ SE NAVES COM DIFERENTES ALTURAS, ABERTURAS NO TETO DA NAVE BAIXA PODEM FUNCIONAR COMO ENTRADA DE AR...

■ PLANTA MUITO GRANDE, QUADRADA

- ✓ PÉ-DIREITO BAIXO CHEGA A INVIABILIZAR A VENTILAÇÃO NATURAL
- ✓ REGIÕES CENTRAIS SEMPRE PREJUDICADAS



A VENTILAÇÃO NATURAL E A PLANTA DO GALPÃO INDUSTRIAL (CONT.)

▪ PARA QUALQUER TIPO DE GALPÃO

- ✓ NÃO UTILIZAR PERÍMETRO P/ INSTALAR – ESCRITÓRIOS, VESTIÁRIOS
- ✓ NÃO INSTALAR ENTRADAS DE AR ACIMA DA FAIXA OCUPADA POR PESSOAS E FONTES DE CALOR
- ✓ NÃO INSTALAR SAÍDAS (OU ENTRADAS) DE AR SEM AS CORRESPONDENTES ENTRADAS (OU SAÍDAS)
- ✓ POSSÍVEIS ALTERAÇÕES DE LAY-OUT PODEM COLABORAR EM MELHORIAS
- ✓ ANÁLISAR CADA CASO, EM FUNÇÃO DE CLIMA, CALOR GERADO NO GALPÃO, CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E DE MATERIAIS DA ENVOLTÓRIA, EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS E HUMANAS E DIMENSIONAR O SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL A SER INCORPORADO AO EDIFÍCIO
- ✓ NOS GALPÕES COM MENORES CARGAS TÉRMICAS É POSSÍVEL OBTER CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO
- ✓ NOS GALPÕES COM GRANDES CARGAS TÉRMICAS PODEM SER OBTIDAS SIGNIFICATIVAS MELHORIAS TÉRMICAS AMBIENTAIS



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **A VENTILAÇÃO NATURAL PODE PROPORCIONAR GRANDES VAZÕES E RESOLVER OU PROMOVER GRANDES MELHORIAS NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS**
- **UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL DEVE TER ABERTURAS BEM DISTRIBUÍDAS PARA EVITAR ÁREAS DE AR ESTAGNADO**
- **TENTATIVAS DE TABELAR TAXAS – REFERÊNCIA APENAS**
- **AMBIENTES COM POEIRA E FUMAÇA – DIFÍCIL SOLUÇÃO**
- **ALGUMAS FONTES DE CALOR PODEM FICAR FORA**
- **O PERÍMETRO DO GALPÃO DEVE SER LIVRE PARA ABERTURAS**
- **VENEZIANAS E ELEMENTOS VAZADOS – CUIDADOS ESPECIAIS COM O REAL RENDIMENTO**



CONSIDERAÇÕES FINAIS (CONT)

- **ALGUMAS FONTES DE CALOR PODEM RECEBER ISOLAMENTO TÉRMICO, BAIXA EMISSIVIDADE**
- **RECURSOS: SISTEMAS DE DESPOEIRAMENTO, DE LAVAGEM DE GASES, VENTILAÇÃO MECÂNICA LOCALIZADA ...**
- **REGIÕES ALTAS DO EDIFÍCIO SÃO SEMPRE MAIS QUENTES**
- **PLANTAS MUITO GRANDES – ZONAS PREJUDICADAS**
- **TOMADAS DE AR DEVEM BENEFICIAR DIRETAMENTE AS PESSOAS E OS EQUIPAMENTOS**
- **DADOS DE CALOR DISSIPADO POR MÁQUINAS, MOTORES, EQUIPAMENTOS DEVEM SER DISPONIBILIZADOS**
- **ILUMINAÇÃO NATURAL DOSADA**

• **FIM**