



XVIII ENCONTRO NACIONAL  
DE EMPRESAS PROJETISTAS  
E CONSULTORES DA ABRVA

28, 29 E 30 DE NOVEMBRO DE 2018

A EXCELÊNCIA DO PROJETO  
DE CLIMATIZAÇÃO E SEU  
REFLEXO NO CONFORTO  
E CUSTO OPERACIONAL.



# Isolamento Térmico - Custos na Operação e Manutenção

Antonio Borsatti

Armacell

Data 29/11/2019



armacell®

MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD

# Agenda

- **Absorção de umidade e a perda de eficiência do isolamento**
- **Impacto da perda de eficiência do isolamento na eficiência da instalação**
- **LEI N° 13.589 (PMOC) e a umidade no isolamento térmico**
- **Dificuldades e custos “colaterais” com a manutenção corretiva devido ao encharcamento do isolamento térmico**
- **Especificação e dimensionamento para máxima eficiência e mitigação de riscos de condensação**

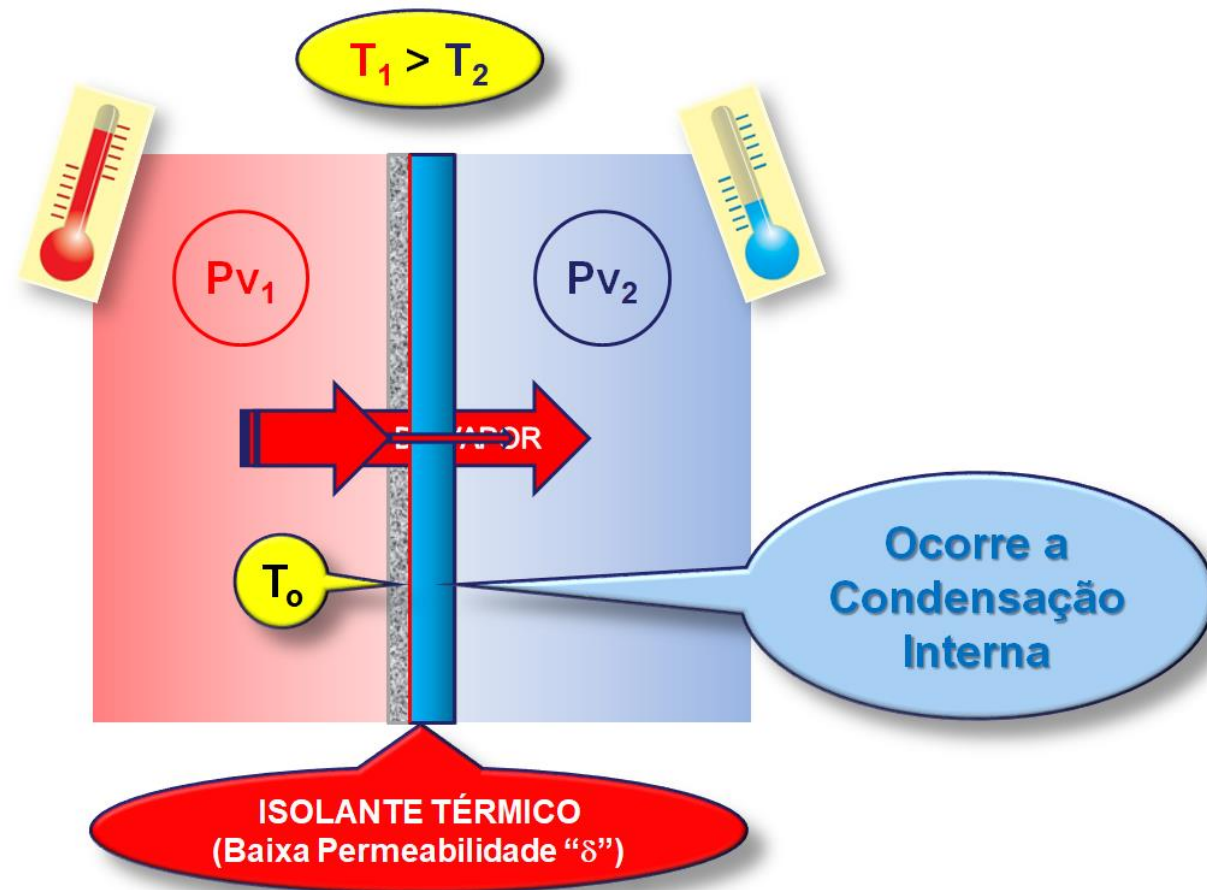
# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

A eficiência do sistema pode ser alterada por seu ponto fraco



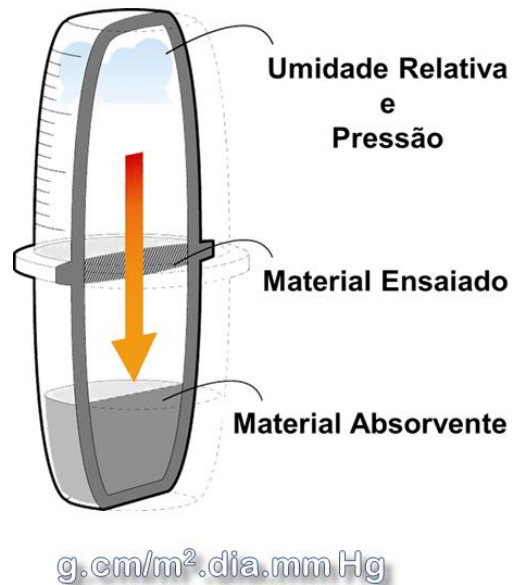
# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Absorção de umidade e a perda de eficiência do isolamento



# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Absorção de umidade e a perda de eficiência do isolamento



$224 \frac{g.cm}{m^2.dia.mmHg}$

$\mu = \frac{\text{PERMEABILIDADE DO AR}}{\text{PERMEABILIDADE DO MATERIAL}}$

$\mu \geq 2500$

Dispensa barreira de vapor adicional  
(ABN NBR 16401)



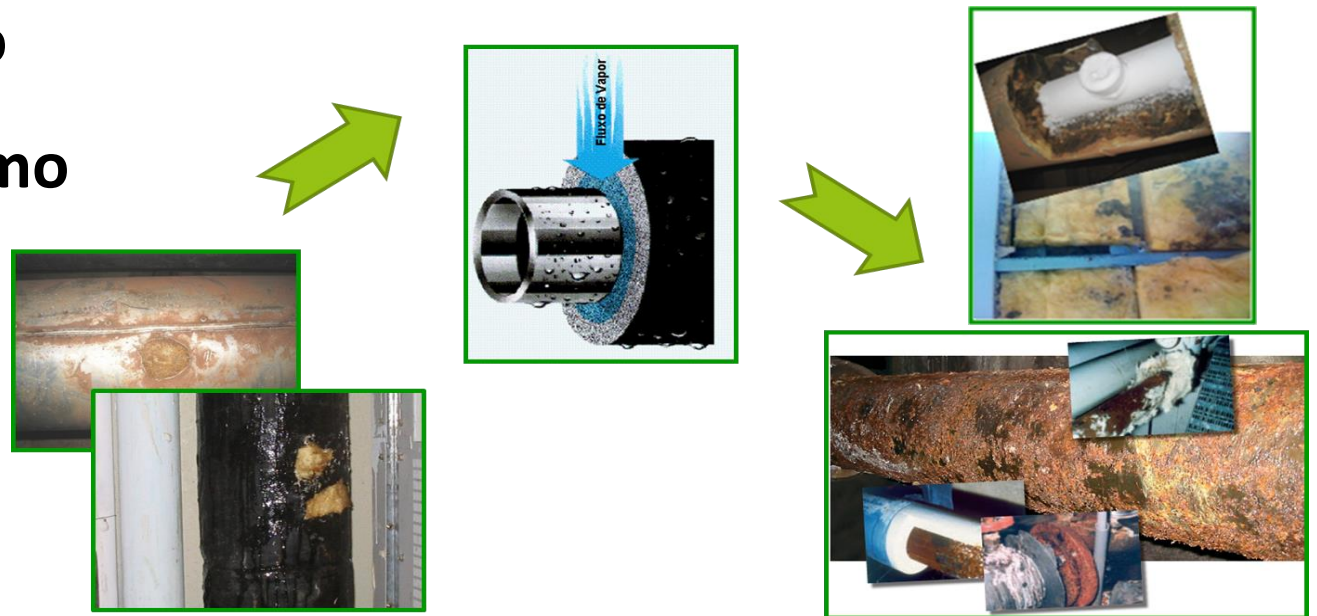
# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Absorção de umidade e a perda de eficiência do isolamento

Trabalho e sujeira na instalação

Risco de falhas que levam a:

- Encharcamento do isolamento
- Proliferação de micro-organismo
- Corrosão sob o isolamento



# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Ganho de temperatura por fluxo de calor nas tubulações

Instalação hipotética

Diâmetro médio das tubulações:  $\varnothing 4''$

Temp. da água (T1) : 6 °C

Comprimento total do circuito: 5500 m

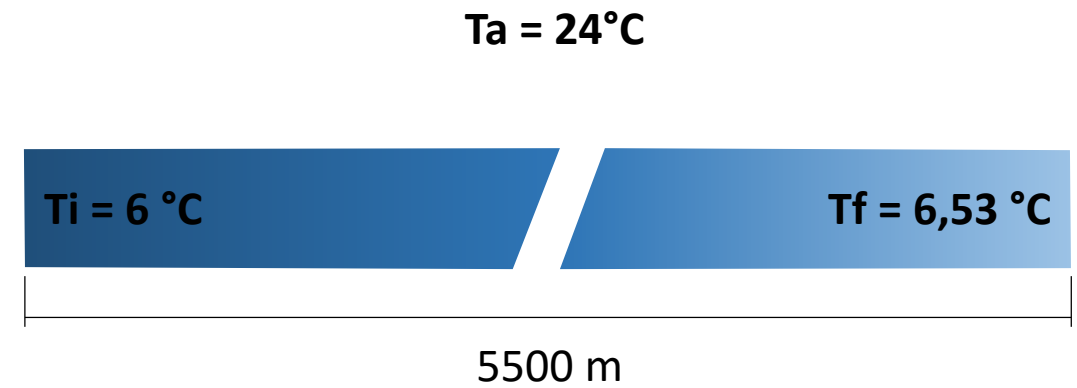
Velocidade média da água: 1,6 m/s

Temp. média do ambiente: 24 °C

K do isolamento seco: 0,025 W/(m.K)

q com 36 mm de isolamento seco: 5,1 W/m

Temp. final da água com isolamento seco: 6,53 °C





# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Ganho de temperatura por fluxo de calor nas tubulações

Instalação hipotética

Diâmetro médio das tubulações:  $\varnothing 4''$

Temp. da água (T1) : 6 °C

Comprimento total do circuito: 5500 m

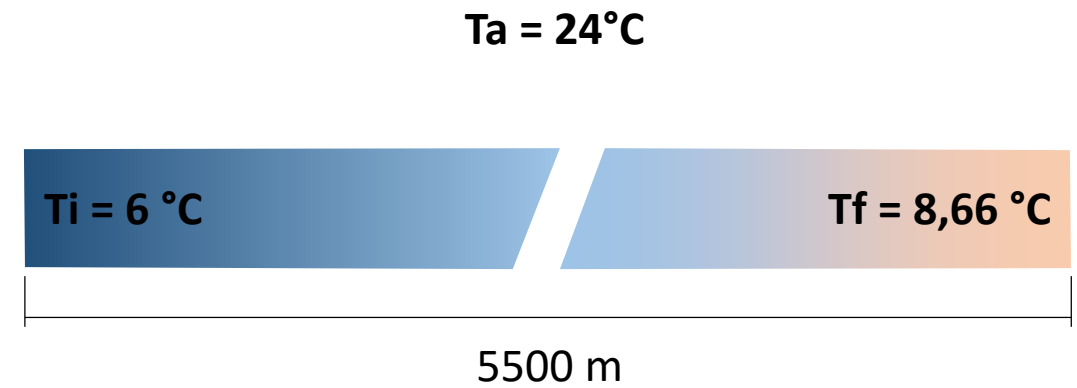
Velocidade média da água: 1,6 m/s

Temp. média do ambiente: 24 °C

K do isolamento seco: 0,25 W/(m.K)

q com 36 mm de isolamento molhado: 27,6 W/m

Temp. final da água com isolamento molhado: 8,66 °C

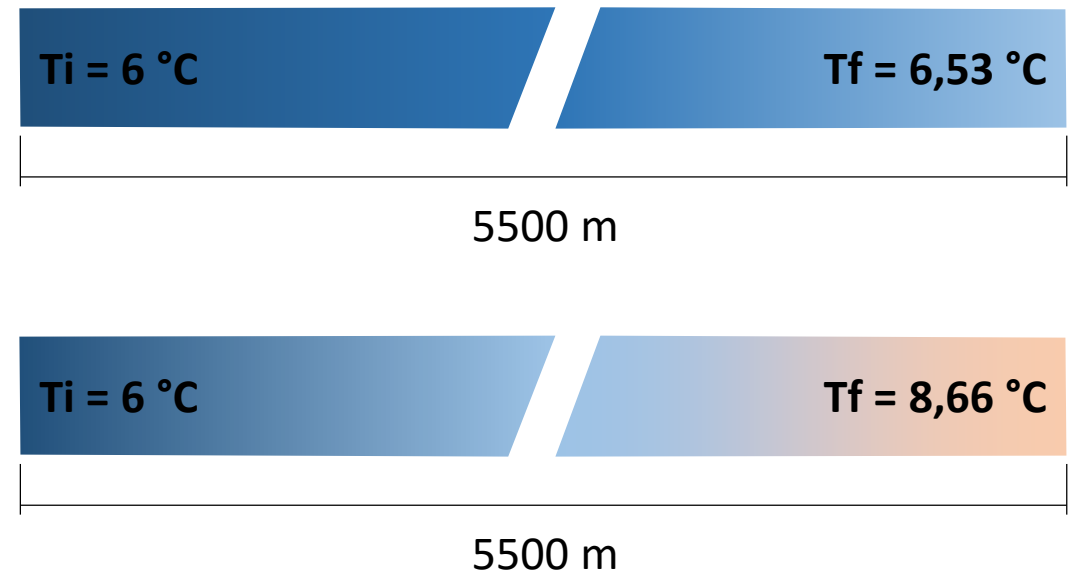


# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

## Ganho de temperatura por fluxo de calor nas tubulações

$$T_a = 24^\circ\text{C}$$

Isolantes térmicos encharcados podem significar ganhos de temperatura da ordem de  $2^\circ\text{C}$  em uma instalação de grande porte.



$$\Delta = 2,13^\circ\text{C}$$

# PMOC e a umidade no isolamento térmico

## LEI Nº 13.589 de 4 de Janeiro de 2018 - Manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes.

Art. 3º Os sistemas de climatização e seus Planos de Manutenção, Operação e Controle - PMOC devem obedecer a parâmetros de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente, em especial no que diz respeito a poluentes de natureza física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, assim como obedecer aos requisitos estabelecidos nos projetos de sua instalação.

Parágrafo único. Os padrões, valores, parâmetros, normas e **procedimentos necessários à garantia da boa qualidade do ar interior**, inclusive de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza, **são os regulamentados pela Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**, e posteriores alterações, assim como as **normas técnicas da ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

# PMOC e a umidade no isolamento térmico

O que o PMOC diz sobre o isolamento térmico?

**Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**

V – Fontes de poluentes

Quadro 1 – Possíveis fontes de poluentes biológicos

**Problema: Fungos**

**Fonte: Isolamentos úmidos**

**Ação: Controle rígido de condensação / Eliminar materiais porosos contaminados**

# PMOC e a umidade no isolamento térmico

O que o PMOC diz sobre o isolamento térmico?

**Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**

V – Fontes de poluentes

Quadro 2 – Possíveis fontes de poluentes químicos

**Problema: Material particulado**

**Fonte: Poeira e fibras**

**Ação: Evitar isolamento termo-acústico que possa emitir fibras**

# PMOC e a umidade no isolamento térmico

O que o PMOC diz sobre o isolamento térmico?

## Implicações da ABNT NBR 13.971

5 – Manutenção corretiva

6 – Atividades de manutenção programada

Está descrito na norma inspeção periódica do isolamento térmico em várias partes da instalação (tubulações, dutos, tanques, etc...). A norma não especifica o que fazer caso problemas sejam encontrados, porém a resolução da ANVISA manda remover materiais porosos contaminados com fungos.



# PMOC e a umidade no isolamento térmico

O que o PMOC diz sobre o isolamento térmico?

## Implicações da ABNT NBR 14.679

6.2.2.7 – Elementos de isolamento acústico ou térmico...

Quadro 2 – Possíveis fontes de poluentes químicos

**No item 6.2.2.7 há uma recomendação de substituição do isolamento acústico ou térmico de qualquer parte da rede de dutos que estiver úmido.**

# PMOC e a umidade no isolamento térmico

## Conclusões

1. A Lei 13.589 obriga todos os edifícios de uso público e coletivo a terem um PMOC e seguir as recomendações da Resolução no 9, de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA e das normas da ABNT aplicáveis.
2. A resolução da ANVISA recomenda:
  1. Controle rígido de condensação e eliminação de materiais porosos contaminados;
  2. Evitar isolamento termo-acústicos que possa emitir fibra no ambiente;
1. A norma ABNT NBR 13971:2014 recomenda a inspeção periódica do isolamento térmico de todos os componentes do sistemas de HVAC-R, identificando danos.

# Custos na Operação e Manutenção

## Danos causados pela umidade oriunda da condensação e a proliferação de micro-organismos

- Deterioração de elementos de acabamento
- Alergias e outros problemas de saúde
- Mau cheiro



# Custos na Operação e Manutenção

**Custos e problemas com manutenções corretivas devido ao encharcamento dos isolantes térmicos**

- Dificuldades
- Custos indiretos
- Paradas no sistema

# Custos na Operação e Manutenção

## Dificuldades

- Acesso difícil após instalação do forro e outros elementos de acabamento
- Remoção do isolamento encharcado
- Limpeza da tubulação

# Custos na Operação e Manutenção

## Custos indiretos

- Remoção e recolocação de elementos de acabamento
- Substituição de elementos de acabamento afetados pela proliferação de micro-organismos
- Restrições de horário em função do funcionamento do estabelecimento
- Interrupção no funcionamento do estabelecimento



# Custos na Operação e Manutenção

## Parada no sistema

- A instalação correta do sistema deve ser feita com a tubulação à temperatura ambiente
- Muitos estabelecimentos não permitem a parada obrigando a instalação do isolamento na linha a baixa temperatura

# Especificação e dimensionamento

## Máxima eficiência na operação e mitigação de riscos na operação

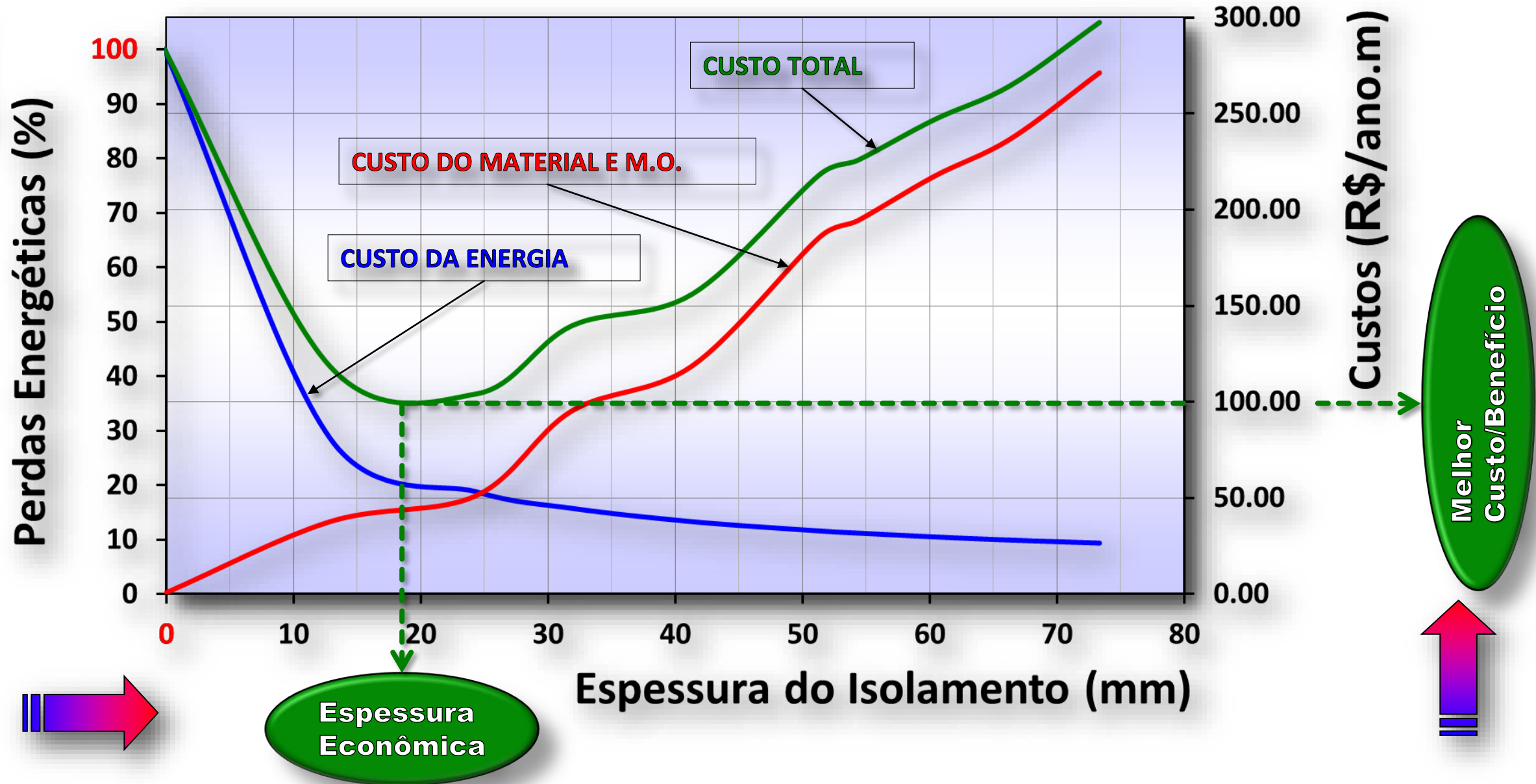
- Espessura econômica
- Controle de condensação
- Regulamentações

# Especificação e dimensionamento

## Espessura econômica

**A espessura econômica é aquela determinada para proporcionar o menor custo para o proprietário da instalação, considerando o custo de instalação e a economia gerada pelo isolamento durante um período preestabelecido.**

A espessura econômica não leva em consideração, exigências de regulamentações e nem o controle da condensação.



# **Especificação e dimensionamento**

## **Controle da condensação**

**O Controle de condensação tem como objetivo, determinar uma espessura para o isolamento, tal que a temperatura superficial fique sempre acima do ponto de orvalho**

O calculo para controle de condensação não considera questões normativas ou de espessura econômica

# Especificação e dimensionamento

## Emissividade

- **A emissividade é a característica dos materiais relativa à capacidade de emitir radiação a partir de sua superfície.**
- **A emissividade altera a temperatura superficial dos objetos.**
- **Materiais de revestimento plásticos levam grande vantagem sobre materiais metálicos quando o objetivo é controlar a condensação**



Sem Revestimento Metálico ( $\epsilon = 0,93$ )

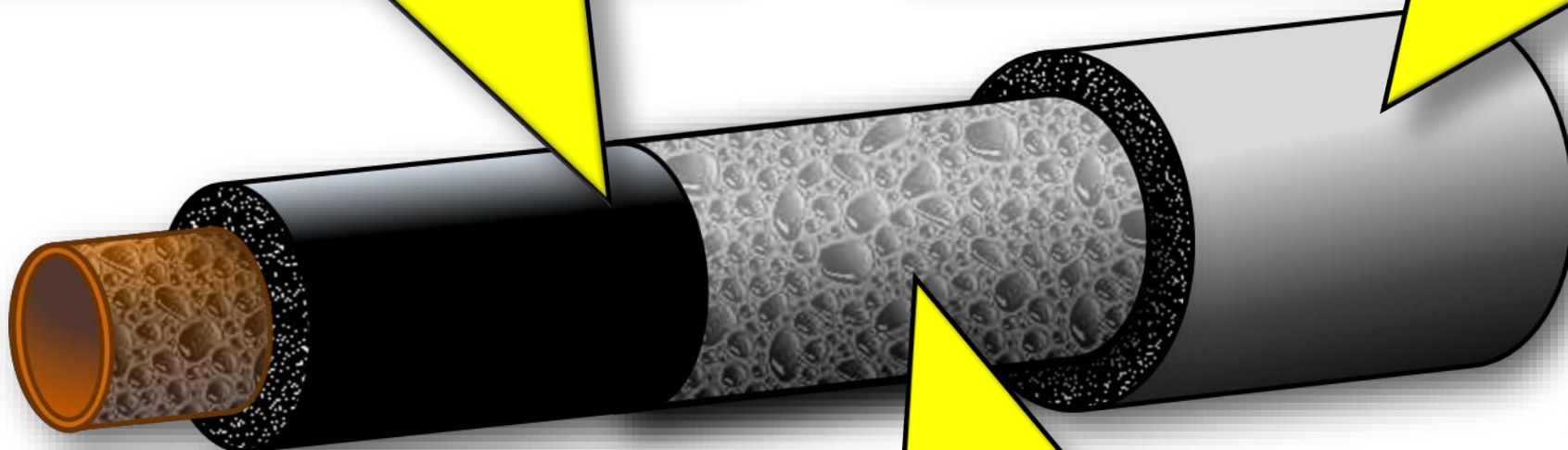
Para  $T_{se} = T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

**Espessura Mínima = 20 mm**

Com Revestimento Metálico ( $\epsilon = 0,13$ )

Para  $T_{se} = T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

**Espessura Mínima = 41,6 mm**



Com Revestimento Metálico ( $\epsilon = 0,13$ )

Espessura do Isolamento = 20 mm

$T_{se} = 22,4 \text{ }^\circ\text{C} < T_o$

**OCORRE CONDENSAÇÃO SUPERFICIAL**

$\phi = 3''$

$T_i = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

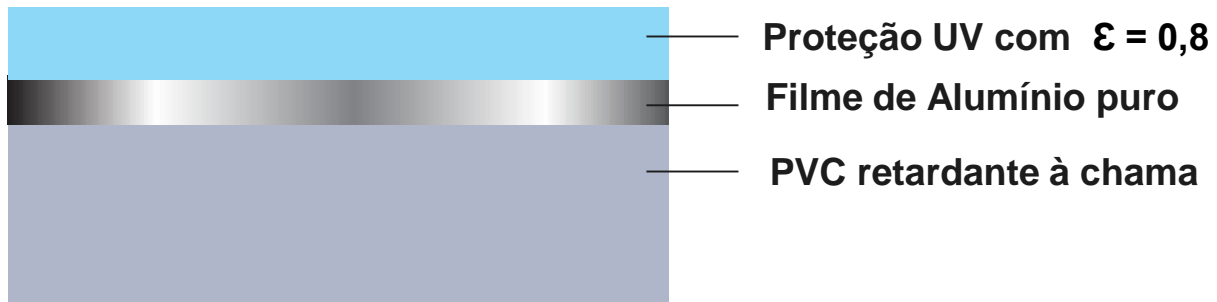
UR = 80%

$T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

Isolado com  
Espuma  
Elastomérica

# Especificação e dimensionamento

## Revestimentos plásticos VS revestimentos metálicos



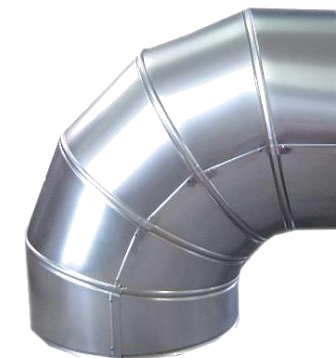
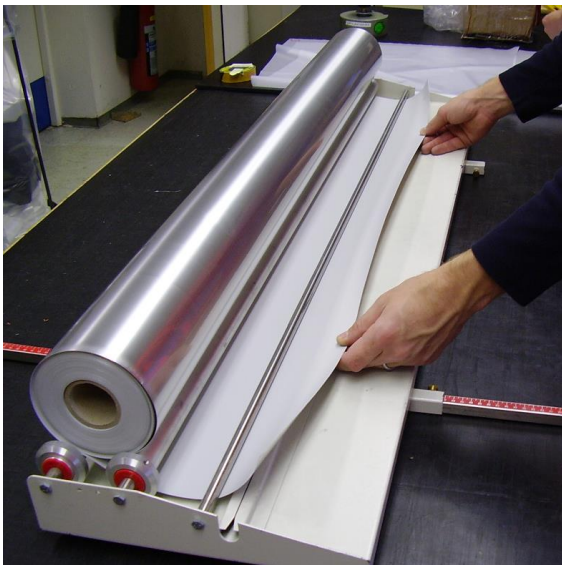
### PLASTICIDADE E RESILIÊNCIA



# Especificação e dimensionamento

## Revestimentos plásticos VS revestimentos metálicos

### Praticidade



**Sem Revestimento Metálico ( $\epsilon = 0,93$ )**

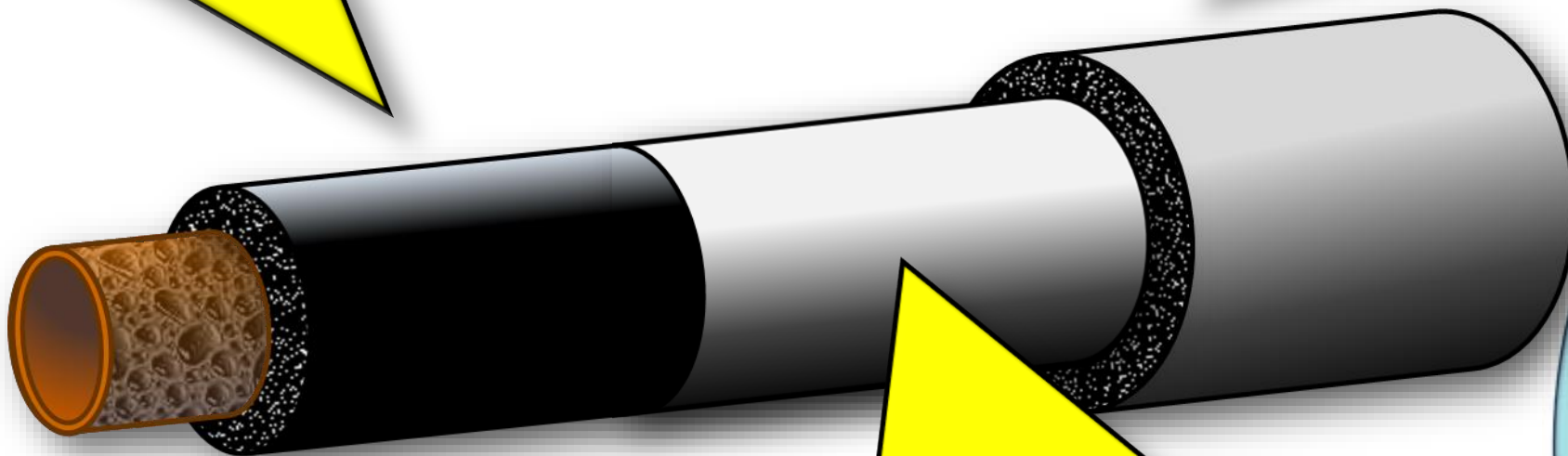
Para  $T_{se} = T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

**Espessura Mínima = 20 mm**

**Com Revestimento Metálico ( $\epsilon = 0,13$ )**

Para  $T_{se} = T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

**Espessura Mínima = 41,6 mm**



**Revestido com revestimento plástico ( $\epsilon = 0,8$ )**

Para  $T_{se} = T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$

**Espessura Mínima = 21,4 mm**

$\emptyset = 3''$   
 $T_i = 5 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}$   
UR = 80%  
 $T_o = 26,2 \text{ }^\circ\text{C}$   
Isolado com  
Espuma  
Elastomérica



# Especificação e dimensionamento

## Regulamentações

**Na execução do projeto, as regulamentações aplicáveis devem ser levadas em consideração. Por exemplo: obras que objetivam a certificação LEED, devem atender à ASHRAE 90.1 que determina espessuras mínimas para o isolamento térmico.**

As regulamentações nem sempre consideram todas as funções que o isolamento deve cumprir. A ASHRAE 90.1, por exemplo, diz que espessuras maiores podem ser necessárias para o controle de condensação.

# Isolamento Térmico e a Eficiência do Sistema

A eficiência do sistema depende de todos os elos da corrente





XVIII ENCONTRO NACIONAL  
DE EMPRESAS PROJETISTAS  
E CONSULTORES DA ABRAVA



28, 29 E 30 DE NOVEMBRO DE 2018

A EXCELÊNCIA DO PROJETO  
DE CLIMATIZAÇÃO E SEU  
REFLEXO NO CONFORTO  
E CUSTO OPERACIONAL.



Antonio Borsatti

(11)98409-6411

[antonio.borsatti@armacell.com](mailto:antonio.borsatti@armacell.com)