

Painel Setorial – Isolamento para a Linha Branca – refrigeradores e fogões

**INMETRO – XERÉM
22/AGO/2012**

SUMÁRIO

- 1. Sistemas de Isolamento Refrigeradores**
- 2. Sistemas de Isolamento Fogões**

1. Sistemas de Isolamento Refrigeradores

INTRODUÇÃO



- o isolamento térmico nos refrigeradores e freezers tem a função evitar/minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior dos produtos, com o objetivo de manter as baixas temperaturas internas necessárias para preservação dos alimentos;
- Atualmente, o isolamento térmico largamente utilizado na indústria de refrigeradores domésticos é o poliuretano (PU). No passado, a lã de vidro teve larga aplicação;
- o PU também tem uma função secundária, porém não menos importante, que é a de prover estrutura mecânica e rigidez ao produto, com relevante contribuição estrutural e estética;

Isolamento térmico cumpre relevante papel tanto na performance energética quanto na função estrutural dos produtos.

O QUE É O POLIURETANO?

POLYOL + ADITIVOS
 $R' - O - H$

AGENTE DE EXPANSÃO
CFCs (R11), HCFCs (R141b), HCs (cicloisopentano)

ISOCIANATO (MDI)
 $R - N = C = O$

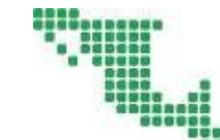


Processabilidade:
Velocidade de reação (tempo de gel e de creme), tempo de desmoldagem, etc.

Funções chave:
Isolamento
Estrutura

A formulação da espuma de PU deve ter balanceamento tal que permita atingir os requisitos de processo e de produto ao mesmo tempo. Interdependência dos parâmetros, um impacta o outro.

CENÁRIO GLOBAL ENERGIA X MEIO AMBIENTE – REFRIGERAÇÃO



- Metas de consumo de energia cada vez mais desafiadoras, em contraste com requisitos ambientais e regulamentações crescentes em relação as espumas de poliuretano, mais especificamente em relação aos agentes de expansão comumente utilizados;
- Período de maiores alterações durante os últimos 20 anos, com impactos econômicos significativos para os negócios (Protocolos de Montreal e Kyoto, regulamentações locais, classificação energética);
- Cenário é global e, com algumas diferenças e particularidades, vem ocorrendo na grande maioria dos países e regiões do mundo (EUA, Europa, Índia, Austrália, China, América Latina, México, etc.);

Decisões sobre isolamento térmico fortemente impactadas pelo cenário de metas de energia e de regulamentações.

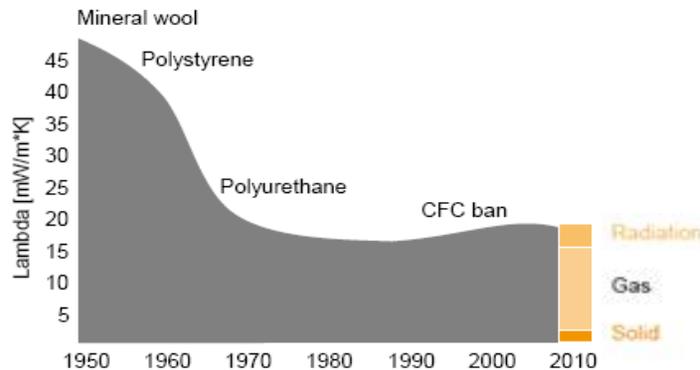
HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DO ISOLAMENTO TÉRMICO / DESEMPENHO DA ESPUMA

$$\lambda_{total} [mW/mK] : \lambda_{solid} + \lambda_{gas} + \lambda_{radiation} + \lambda_{convection}$$

(Foam Thermal Conductivity)

Contribution	Cell Matrix	Blowing Agent	Cell Size	Negligible
Range [mW/mK]	2-5	8-26	1-4	-

Fonte: Basf



Fonte: BASF

Comparativo fator K entre diferentes tipos de espuma PU				
Tipo espuma	CFC	HCFC	HFC	HC
	R-11	141b	245fa	C-pentano
Fator K (*)	Ref	+ 6 / 8%	+ 9 / 12%	+ 13 / 17%

(*) Valores típicos

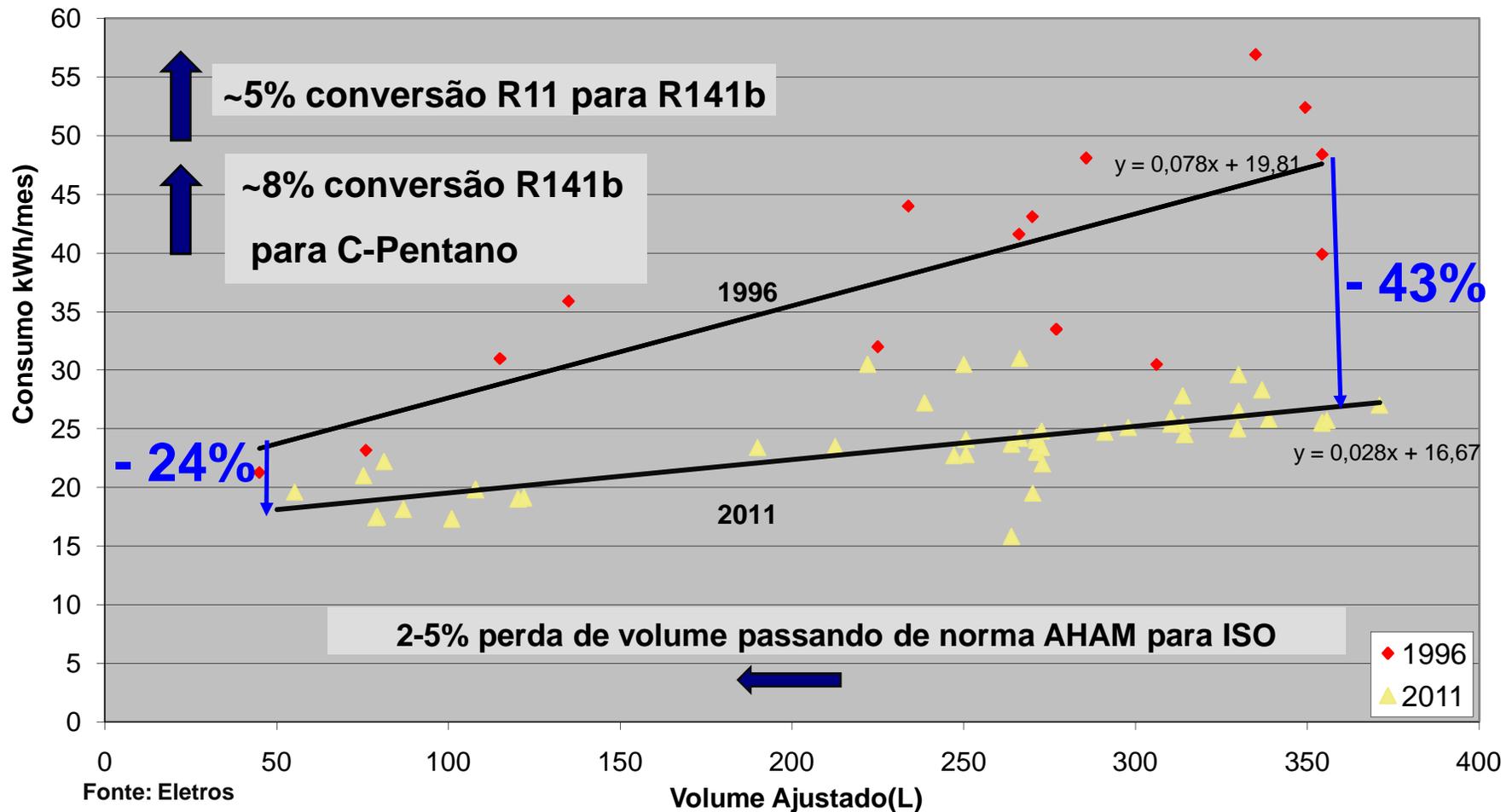
- ✓ regulamentações ambientais vêm restringindo o uso de agentes de expansão mais eficientes;
- ✓ com o agente de expansão definido, reduz-se significativamente oportunidades para melhorias de performance de isolamento;
- ✓ melhorias incrementais importantes vêm sendo desenvolvidas junto aos fornecedores para as famílias de poliuretano utilizadas pela indústria de refrigeradores domésticos;

ODP = Ozone Depletion Potential

GWP = Global Warming Potential

EVOLUÇÃO HISTÓRICA NO BRASIL

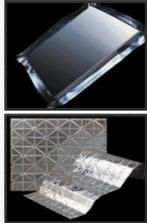
REFRIGERADOR 1 PORTA



Melhoria de performance obtida através otimização dos trocadores de calor, melhoria no fluxo de ar, eficiência de compressores, etc.

MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO TÍPICOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DE ELETRODOMÉSTICOS

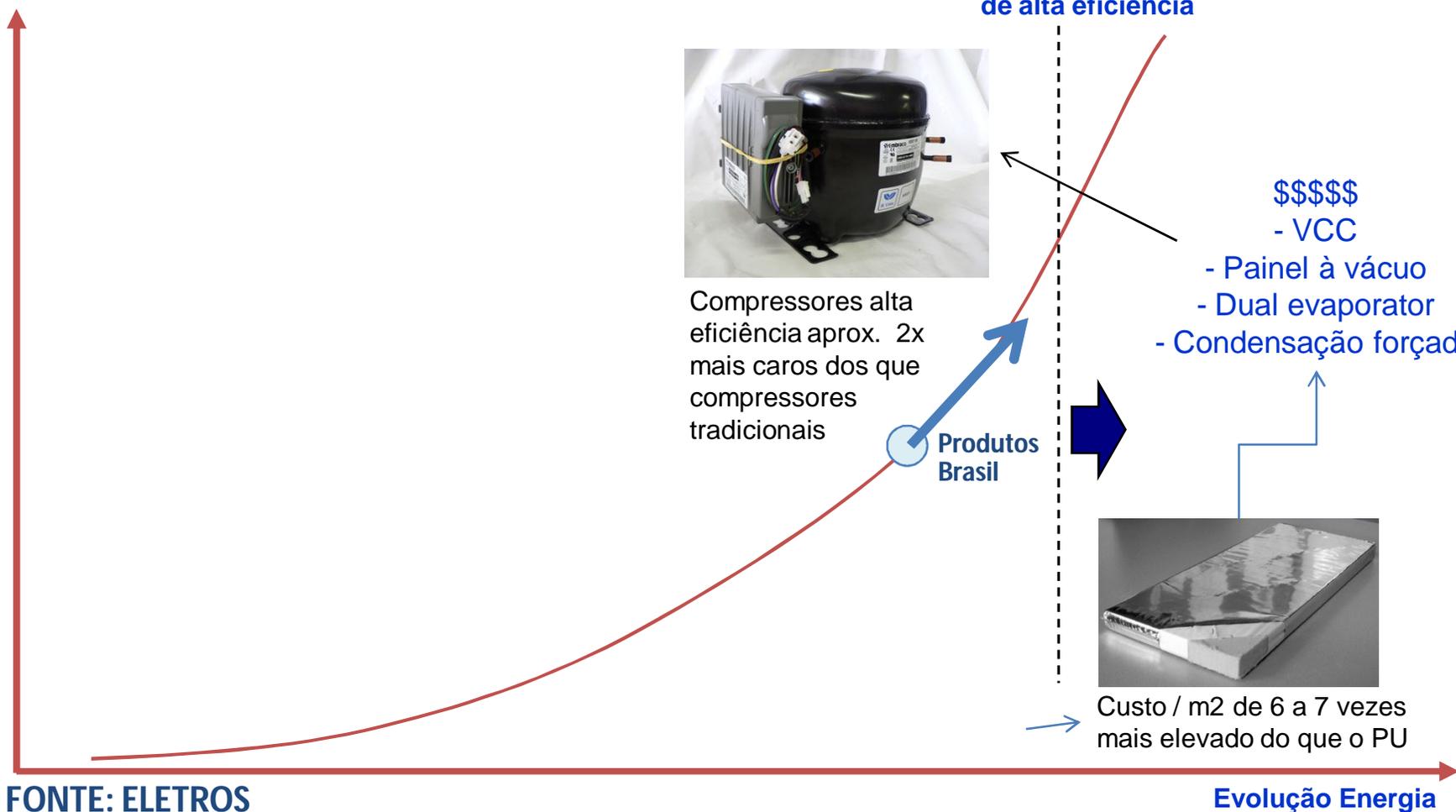
Comparação entre materiais de isolamento

Conductividade térmica	Material	Pros	Cons
0.003	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Painel Isolamento à Vácuo (VIP) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhor perform. de isolamento; ▪ Parede fina; ▪ Versatilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ maior custo; ▪ perdas laterais;
0.010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espuma com Sílica - Aerogel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aplicabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ custo elevado; ▪ estrutura;
0.020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orgânicos - espuma de PU - EPS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bom isolamento comparado com inorgânico; ▪ Tipo prancha. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ limite de isolamento; ▪ deformação.
0.040	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inorgânico - Lã de vidro; - Lã de rocha; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ baixo custo; ▪ não inflamável; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ resistência à baixa umidade ▪ baixa tensão; ▪ baixo isolamento; ▪ poeira.
0.100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perlite. 		

Alto custo das novas alternativas/tecnologias de isolamento são uma barreira à sua implementação, bem como os requisitos estruturais associados.

CUSTO E EVOLUÇÃO ENERGÉTICA

Custo/Dificuldade



FONTE: ELETROS

Custo energia é exponencial: quanto mais desafiadoras as metas à serem atingidas, maiores os custos das tecnologias envolvidas.

FORÇAS CHAVE DEMANDANDO DECISÕES



O balanço adequado entre as 3 forças chave definem a melhor escolha do isolamento térmico. O impacto das decisões afeta o longo prazo...

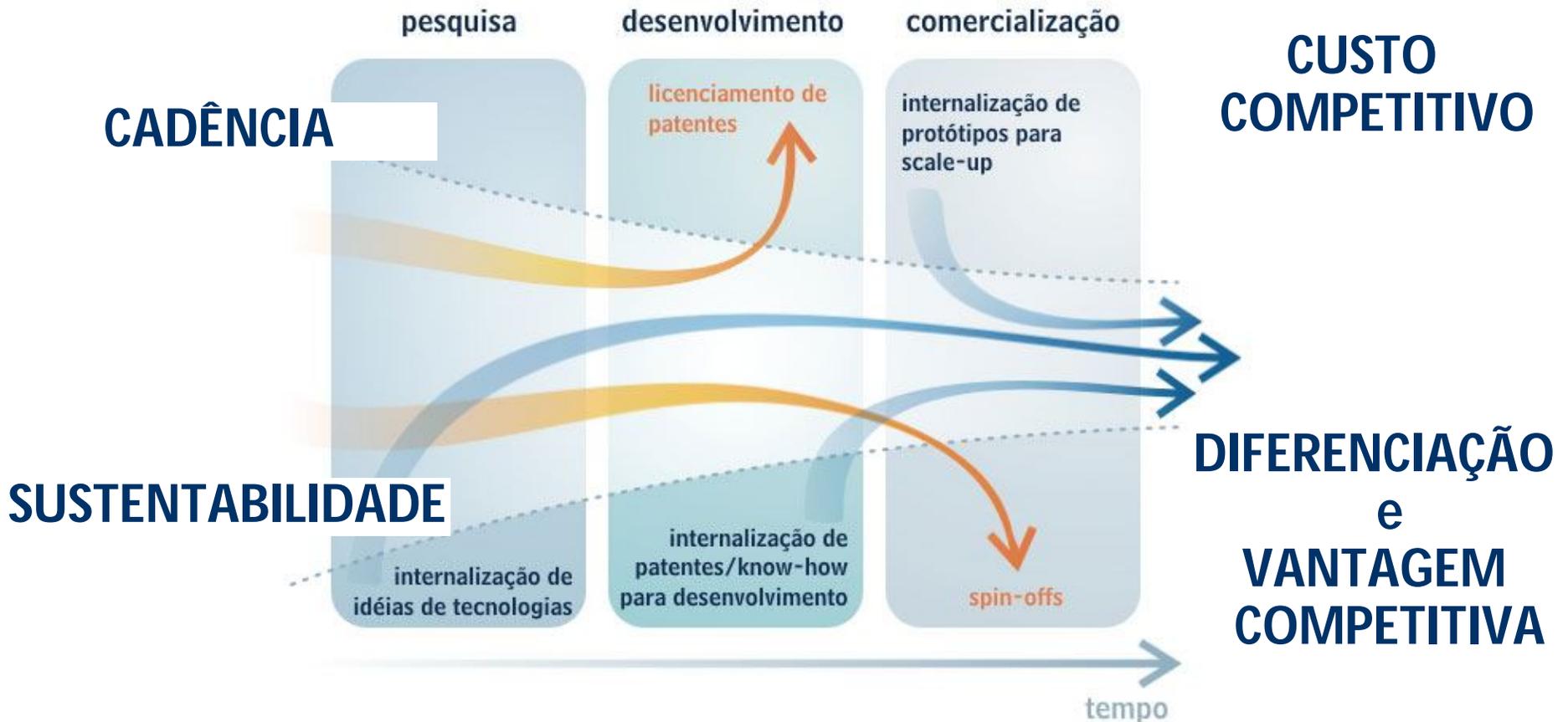
PERSPECTIVAS PARA OS PRÓXIMOS ANOS

- Curto Prazo (próximos 2 anos)
 - melhoria de formulação / novas tecnologias de Polióis / MDI;
 - melhoria do processo de injeção da espuma através de:
 - ✓ menor tamanho de célula;
 - ✓ melhoria de distribuição do fator K;
 - ✓ Simulação de injeção PU.

- Médio a longo prazo (\geq a 2 anos)
 - processos de injeção e/ou isolamento à vácuo;
 - materiais: novos agentes de expansão (HFOs);
 - desenvolvimento de novas tecnologias de isolamento.

Curto Prazo: menor risco/custo e ganho incremental de energia ~ 2 a 3%
Médio/longo prazo: maior risco/custo com maior ganho em energia ~ 3 a 7%

ISOLAMENTO TÉRMICO É UM COMPONENTE ESTRATÉGICO E FUNDAMENTAL PARA A PERFORMANCE DOS REFRIGERADORES



Inovação é a chave para o sucesso em todas as dimensões do produto, inclusive em relação a melhoria de Eficiência Energética/Isolamento Térmico.

2. Sistemas de Isolamento Fogões

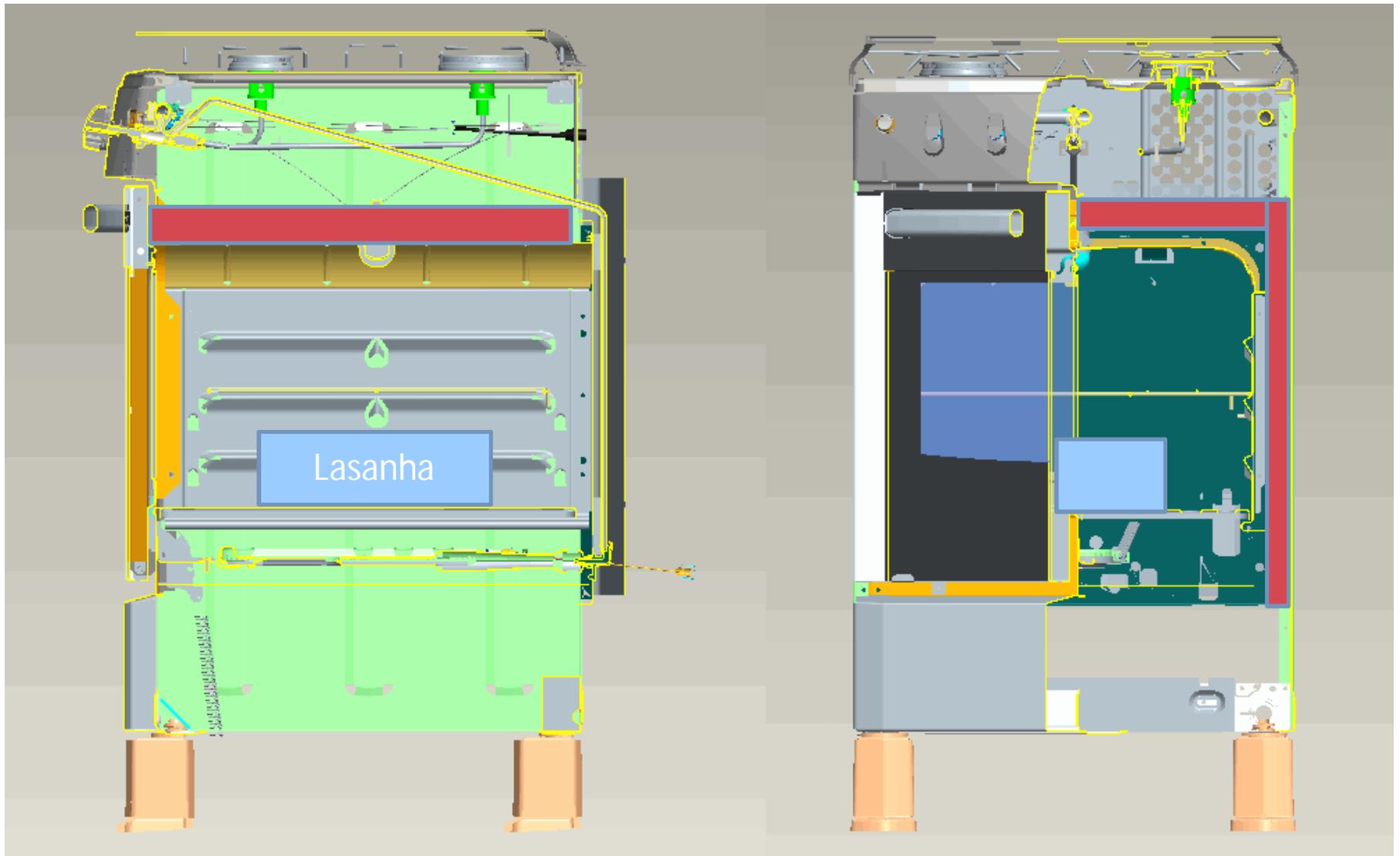
INTRODUÇÃO



- Fogões têm utilizado no Brasil nos últimos 50 anos lã de vidro ou lã de rocha;
- Globalmente utiliza-se, além das lãs citadas, a fibra cerâmica.
- São materiais porosos e o que provê isolamento é o ar armazenado em seu interior. O coeficiente de isolação térmica varia em função da espessura, densidade e temperatura de operação, sendo em média $0,08\text{W/m.K}$ a 260°C ;

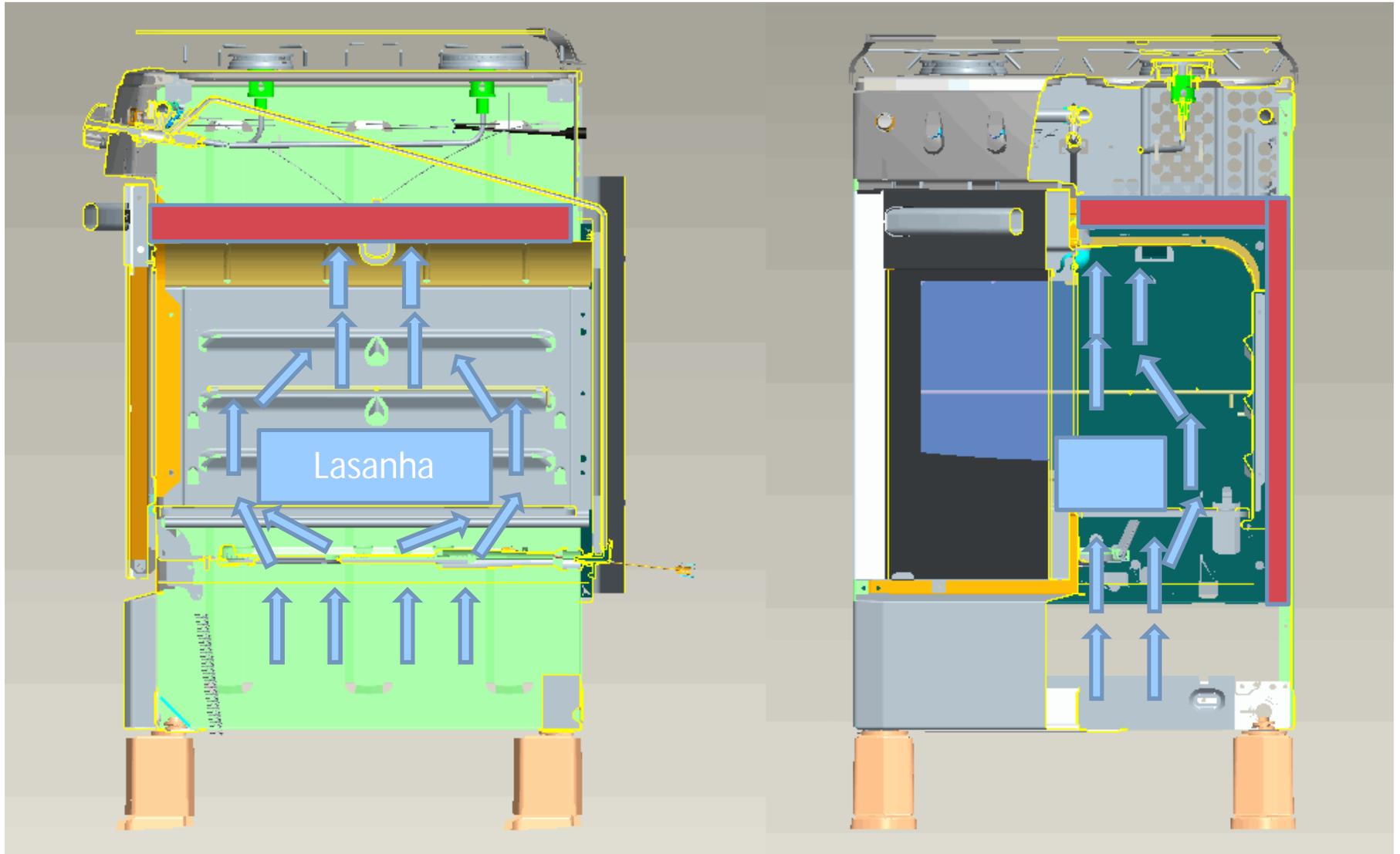
Escolha do material de isolamento está associada ao desempenho do produto e equilíbrio de custo.

APLICAÇÃO



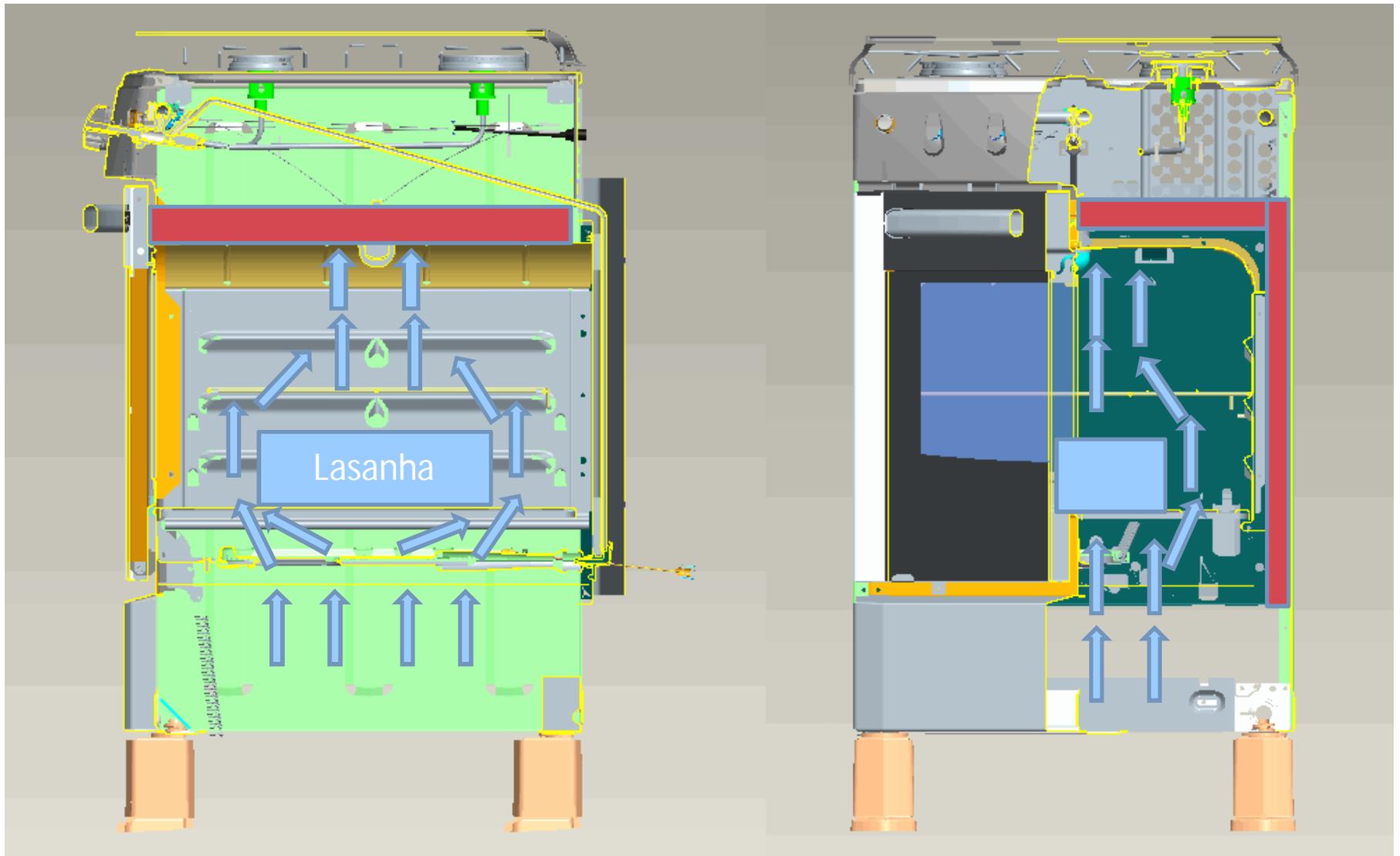
Assamento = temperatura + convecção!

APLICAÇÃO



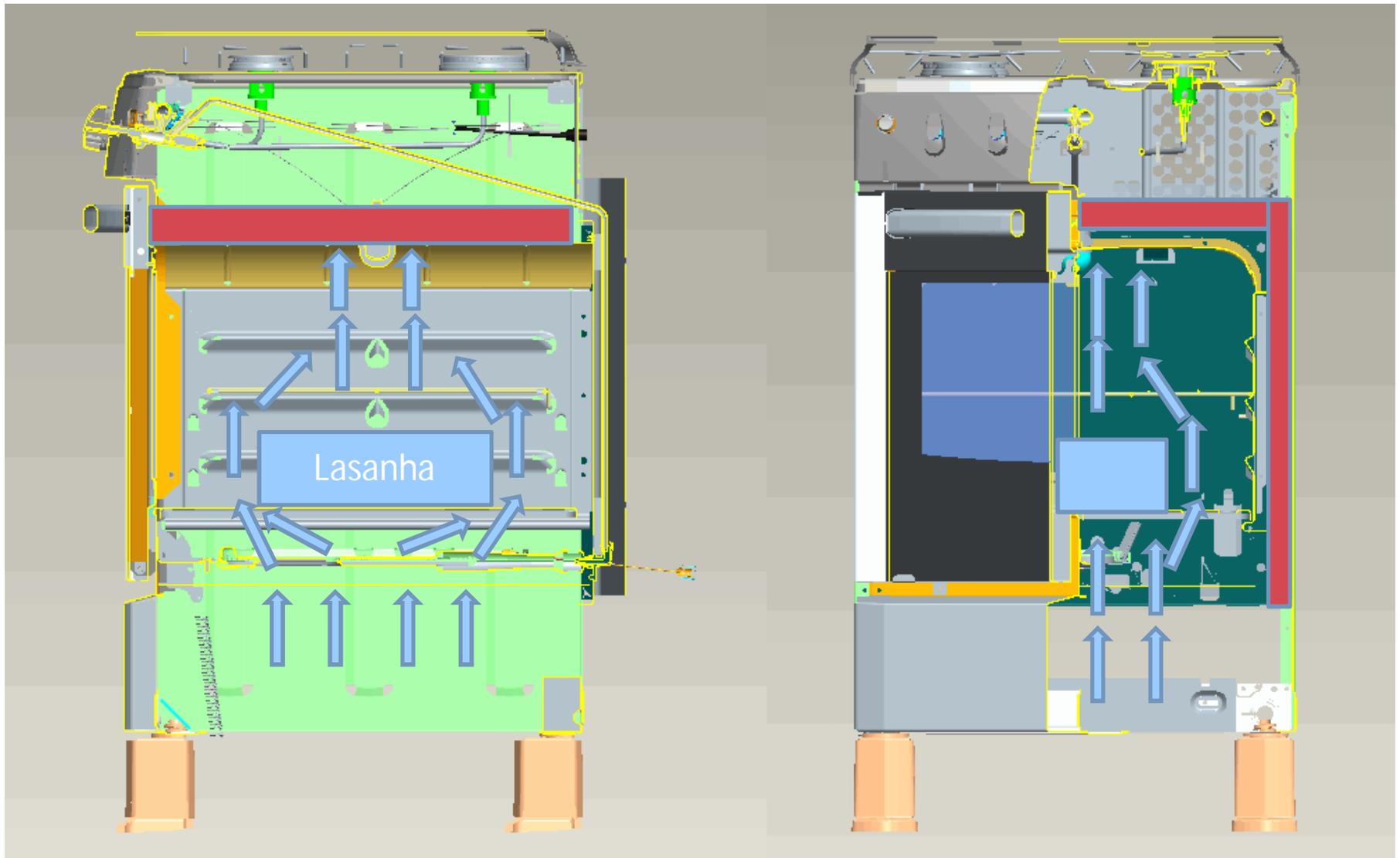
Assamento = temperatura + convecção!

APLICAÇÃO



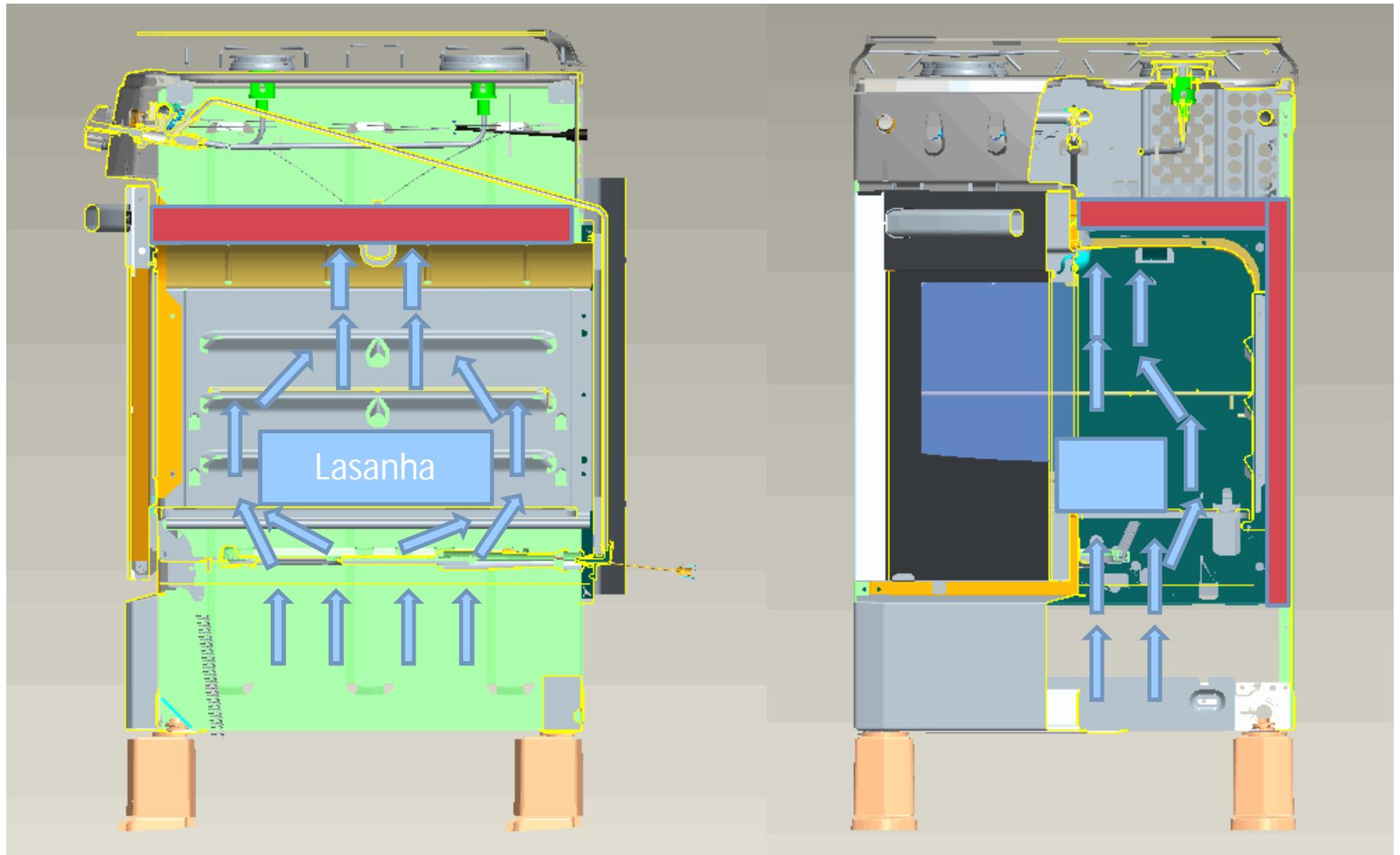
Assamento = temperatura + convecção!

APLICAÇÃO



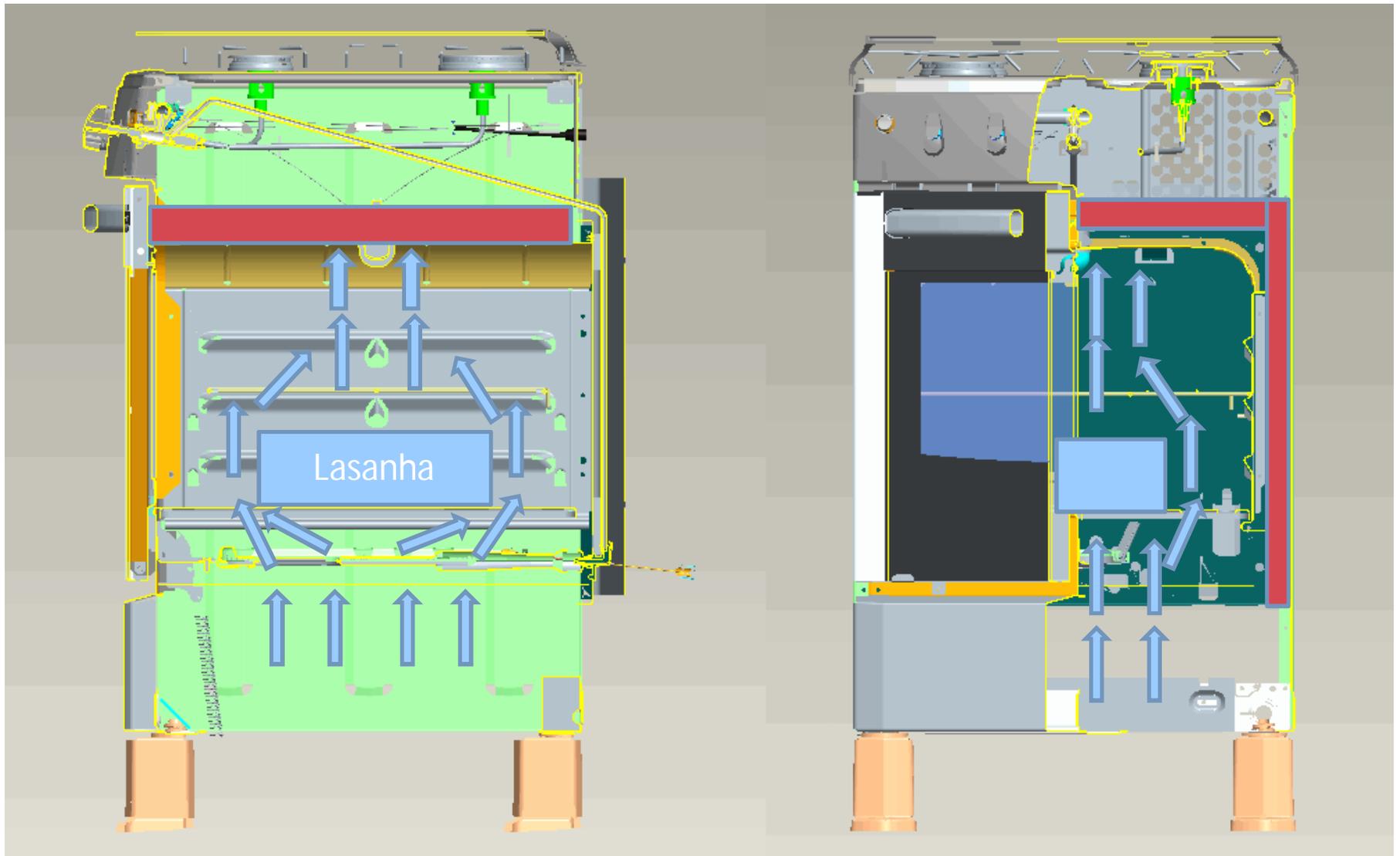
Assamento = temperatura + convecção!

APLICAÇÃO



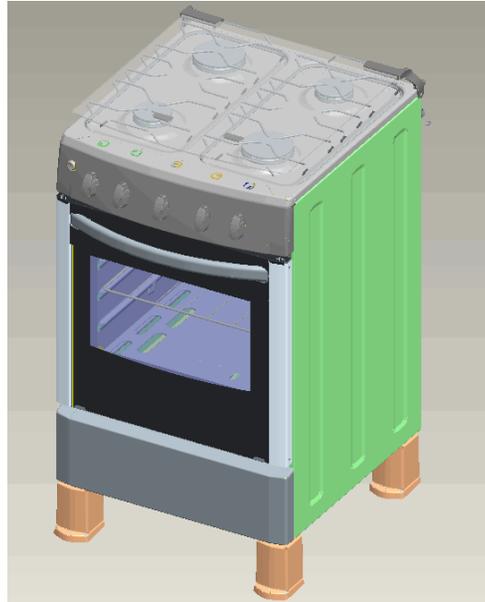
Assamento = temperatura + convecção!

APLICAÇÃO



Assamento = temperatura + convecção!

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



- A norma de consumo energético atualmente aplicada, item 3.2 NBR 13723-2, especifica que o consumo deve ser avaliado através da vazão mássica de gás necessária para manter a cavidade a $210^{\circ}\text{C} + \text{TA}$ em vazio por um período de tempo;
- Esse método de medição não considera o uso real do produto, no qual o forno precisa manter a temperatura com uma carga de alimento dentro da cavidade;
- Além de manter a temperatura interna do forno considerando uma carga, o forno deve ter um balanceamento adequado entre temperatura interna e convecção de ar para o assamento correto do alimento;

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



- Esse balanceamento é obtido com o adequado isolamento da cavidade, evitando perdas de calor pelas paredes, e o correto fluxo de ar, obtido através das aberturas no chão do forno, que permitem a entrada do ar na cavidade, e o projeto da chaminé, que permite a correta exaustão do ar quente;
- A norma atual de consumo não considera esse balanceamento entre temperatura interna da cavidade e fluxo de ar, e sim, apenas a manutenção da temperatura interna, o que não garante que o produto tenha bom assamento;
- Em alguns casos, é possível encontrar produtos cuja classificação energética é A e o tempo de assamento de, por exemplo, um bolo é muito acima do desejável, acabando por consumir mais gás;

RESULTADOS DE TESTES REAIS

➤ Bolo

Produto A



Assamento:

Qualidade: Aceitável

Tempo: 10" + 30" = 40"

Consumo de gás: 37,29L

Produto B



Assamento:

Qualidade: Inaceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 43L

AMBOS OS PRODUTOS TÊM CLASSIFICAÇÃO A

RESULTADOS DE TESTES REAIS

➤ Pão de queijo

Produto A



Assamento:

Qualidade: Aceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 44,58L

Produto B



Assamento:

Qualidade: Inaceitável

Tempo: 10" + 40" = 50"

Consumo de gás: 43,23L

AMBOS OS PRODUTOS TÊM CLASSIFICAÇÃO A

FUTURO – PROPOSTA DE MEDIÇÃO

- O desenvolvimento de fornos e fogões deve contemplar o menor consumo de gás, porém, sem prejudicar o assamento adequado do alimento. A norma deveria avaliar o volume de gás necessário para aquecer uma carga padrão, procedimento esse que levaria a indústria ao caminho correto de desenvolver fogões com a eficiência avaliada da forma mais próxima possível à realidade de uso;
- Vale comentar que a eficiência dos queimadores de mesa já é hoje medida considerando o consumo de gás para elevar a temperatura de uma quantidade determinada de água, sendo assim mais próxima ao uso real do consumidor;
- Também a norma Européia faz a medição do consumo energético de fornos com base na elevação da temperatura interna de um material padrão (European IEC 60350 Energy Consumption Test).

OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO!