



# Propriedades de resistência ao calor

As propriedades de resistência ao calor de ARPRO podem ser cruciais dependendo da aplicação.

Apresenta-se abaixo o conjunto de informações técnicas abrangidas no presente documento:

1. Durabilidade expectável de ARPRO – degradação estética
2. Durabilidade expectável de ARPRO – degradação do desempenho
3. Alteração das propriedades mecânicas por envelhecimento
4. Alteração das propriedades mecânicas por utilização
5. Alteração das dimensões da peça moldada por envelhecimento
6. Alteração das dimensões da peça moldada por utilização
7. Isolamento térmico

Versão 02

Estas informações são fornecidas para conveniência dos clientes e refletem os resultados de testes internos realizados em amostras de ARPRO. Embora tenham sido usadas todas as diligências para garantir que estas informações estejam corretas na data da sua publicação, a JSP não representa, assegura ou garante de outro modo, expressa ou implicitamente, a adequabilidade, precisão, fiabilidade ou integridade das informações. ARPRO é uma marca registrada.

## 1. Durabilidade expectável de ARPRO – degradação estética

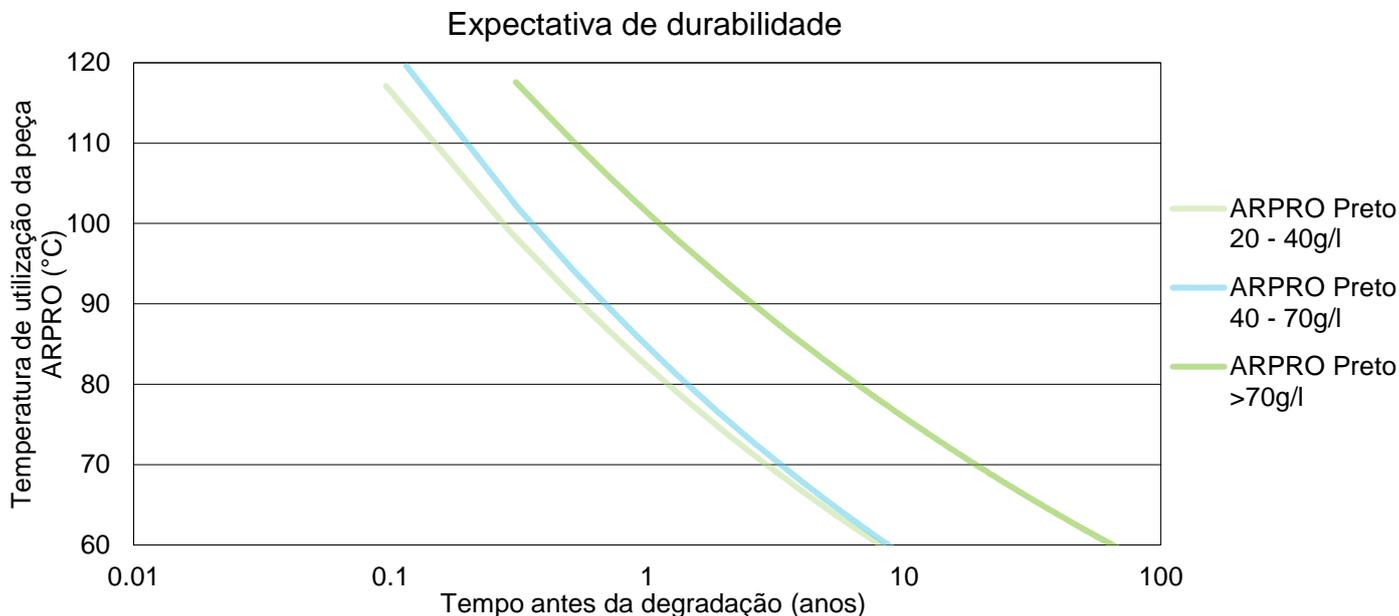
“Durabilidade expectável de ARPRO” liga a temperatura absoluta, a duração da temperatura aplicada continuamente e a densidade moldada da aplicação. Os dados no presente documento constituem uma indicação sobre o comportamento de ARPRO sob o efeito de temperaturas aplicadas continuamente. Os gráficos nesta secção mostram onde é que aparecem os primeiros sinais de degradação (várias temperaturas, sem qualquer tensão na peça).

**Método de ensaio:** As peças moldadas de ARPRO são expostas numa estufa de secagem a temperaturas variáveis entre 85°C e 120°C. A recolha de dados é interrompida ao primeiro sinal de qualquer degradação (por exemplo, pulverização ou rutura das cadeias poliméricas). As densidades ensaiadas são ARPRO Preto entre 20g/l e 100g/l.

**Critérios:** Os primeiros sinais de degradação surgem quando a amostra adquire um aspeto pulverulento. Este facto constitui um dado para o cálculo da durabilidade à temperatura considerada. Habitualmente, a pulverização começa nos cantos e nas arestas da peça moldada (ver imagem). Quando os sinais de degradação surgem, as peças ARPRO são retiradas da estufa de secagem. Enquanto a pulverização não ocorrer, não há redução das propriedades físicas.



O gráfico abaixo mostra a duração esperada antes de se manifestarem os primeiros sinais de degradação a várias temperaturas, sem qualquer desgaste na peça.



Para utilizar as curvas, é necessário conhecer a durabilidade mínima esperada ou a temperatura média funcional. A título de exemplo, se a aplicação apresentar uma durabilidade de 10 anos, então é possível utilizar ARPRO se a temperatura de funcionamento contínuo for igual ou inferior a 60°C. Se a aplicação estiver exposta a um perfil de temperatura (sujeita a temperaturas variáveis ou às condições de inverno e verão), deve ser utilizada a temperatura média como referência para obter a durabilidade esperada.

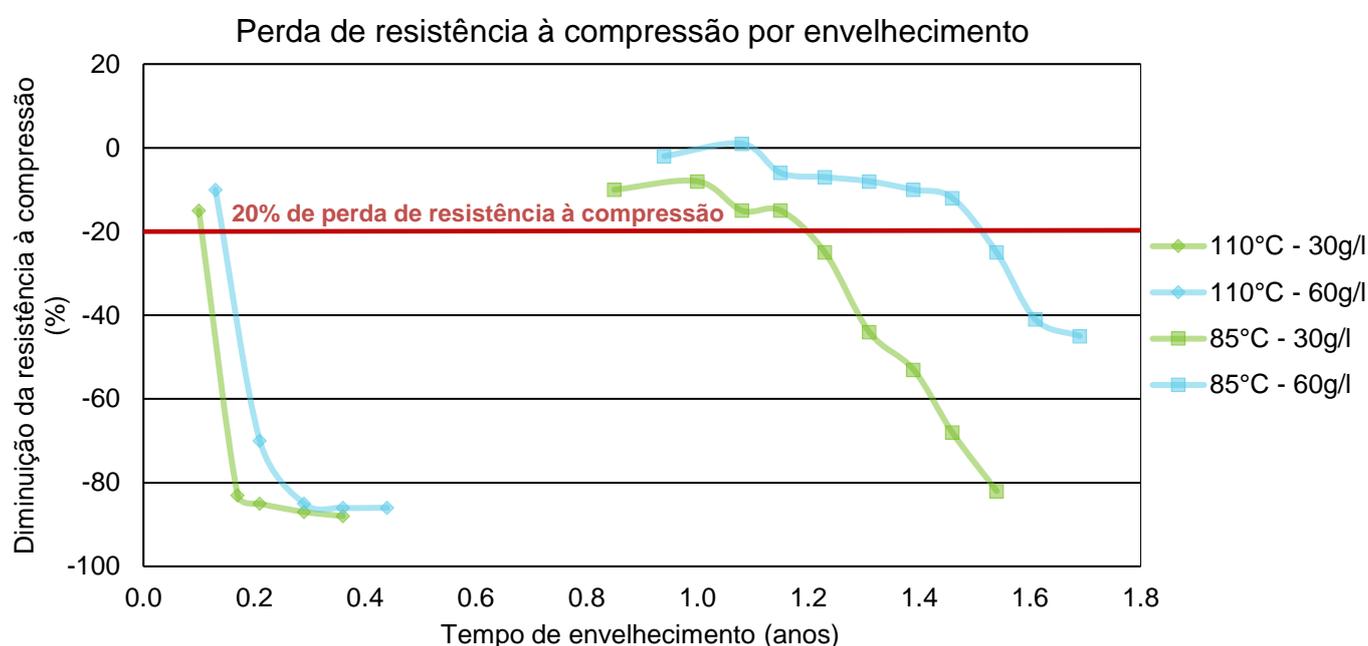
Notas: há alguns fatores aceleradores que podem reduzir a durabilidade.

- Exposição a UV (solicitamos que nos contacte relativamente ao “método de recobrimento” para obter mais informações).
- O contacto direto com peças de cobre, dependendo da temperatura de utilização. O efeito do cobre na degradação de ARPRO é 3 a 6 vezes mais rápido a temperaturas superiores a 100°C mas quase insignificante a temperaturas inferiores a 80°C. Para evitar o contacto entre ARPRO e cobre, é possível aplicar as seguintes soluções:
  - Camada de ar.
  - Colocar outro material como camada protetora (por exemplo, folha de alumínio).
  - Pintar o cobre com uma tinta epoxídica.

## 2. Durabilidade expectável de ARPRO – degradação do desempenho

O pó nem sempre é o "critério de falha" correto, dependendo da aplicação (visível ou não), pois as propriedades mecânicas ainda não são afetadas na primeira ocorrência. A perda de resistência à compressão depende do tempo e da temperatura (o ponto inicial de cada curva vem do gráfico "Expectativa de durabilidade", na secção 1). A temperaturas mais baixas, a degradação é muito menor do que a temperaturas mais elevadas.

**Método de ensaio:** As peças moldadas ARPRO são expostas numa estufa de secagem a temperaturas de 85°C e 110°C. Assim que surge o primeiro sinal de degradação estética (ver secção 1), a resistência à compressão das peças moldadas ARPRO é controlada regularmente. Habitualmente, considera-se que o desempenho das peças moldadas ARPRO está comprometido quando a perda de resistência à compressão é superior a 20%. As densidades testadas foram ARPRO Preto 30g/l e 60g/l.



**Explicação dos resultados do ensaio:** A uma temperatura constante de 110°C, ARPRO a 30g/l e 60g/l começa a degradar-se e perde desempenho ao fim de dois meses. A uma temperatura constante de 85°C, ARPRO a 30g/l perde 20% da resistência à compressão inicial ao fim de 15 meses. Para ARPRO a 60g/l, isto ocorre ao fim de 18 meses.

### 3. Alteração das propriedades mecânicas por envelhecimento

A exposição ao calor amolece ARPRO, o que pode modificar irreversivelmente as propriedades mecânicas do material ao longo do tempo. Contudo, assim que a temperatura regressa ao valor ambiente o envelhecimento cessa.

**Método de ensaio:** A resistência à compressão e a resistência à tração são medidas antes e após o envelhecimento. As amostras são cortadas de blocos de 400 x 300 x 80mm e envelhecidas a 110°C durante 10 dias ou a 130°C durante 5 dias segundo a ISO 2440. A densidade ensaiada é ARPRO Preto 60g/l.

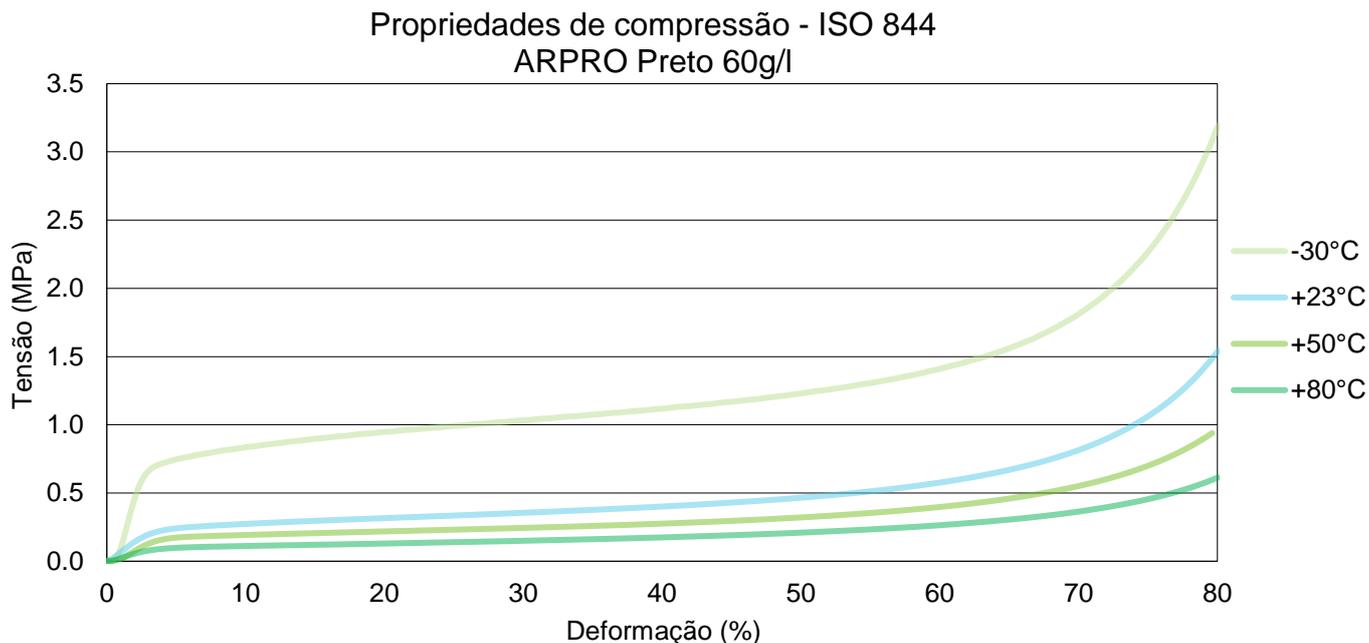
Teste	Método	Unidad	Resultado	Resultado
Envelhecimento térmico	ISO 2440		110°C - 10 dias	130°C - 5 dias
Resistência à tração				
Temperatura ambiente inicial	ISO 1798	kPa	930	930
Alteração após envelhecimento térmico		%	até 15*	até 15*
Alongamento sob tração				
Temperatura ambiente inicial	ISO 1798	%	25	25
Alteração após envelhecimento térmico		%	até 15*	até 30*
Resistência à compressão 25% de deformação				
Temperatura ambiente inicial	ISO 844	kPa	340	340
Alteração após envelhecimento térmico		%	até 5*	até 10*

\* Parte da variação da propriedade deve-se à variação do ensaio. Os resultados do ensaio da tração, sobretudo alongamento, são muito mais variáveis do que os resultados da compressão. Outra variação resulta da densificação das amostras devido à ligeira contração durante o envelhecimento.

## 4. Alteração das propriedades mecânicas por utilização

A exposição ao calor amolece ARPRO, o que pode modificar as propriedades mecânicas do material durante a utilização, mas estas alterações são reversíveis. Assim que a temperatura regressa ao valor ambiente, as propriedades mecânicas de ARPRO regressam também às do nível ambiental.

**Método de ensaio:** Compressão segundo ISO 844 com uma velocidade de 5mm/min. A densidade ensaiada é ARPRO Preto 60g/l.



**Resultados do ensaio:** Se for aplicado calor a ARPRO, o material amolece mas mantém uma resistência residual, mesmo a temperaturas elevadas. O comportamento termoplástico geral mantém-se estável seja qual for a temperatura ensaiada, mesmo abaixo da transição vítrea (cerca de -10°C).

## 5. Alteração das dimensões da peça moldada por envelhecimento

Peças moldadas contendo partículas de ARPRO. Como as dimensões de cada partícula podem ser afetadas pelo calor, as dimensões da peça moldada serão também afetadas.

As temperaturas frias têm menor impacto nas dimensões; as variações maiores ocorrem com temperaturas elevadas. O efeito é uma ligeira contração da peça, dependendo da temperatura aplicada, da duração do envelhecimento e da densidade ensaiada. Para as temperaturas e densidades indicadas abaixo, observa-se uma ligeira densificação, de 1g/l a 5g/l.

**Método de ensaio:** ISO 2796. Três amostras ARPRO com as dimensões de 100 x 100 x 25mm são aquecidas numa estufa com ar seco e envelhecidas a 110°C durante 10 dias ou a 130°C durante 5 dias. A temperatura é regulada com uma tolerância de  $\pm 2^\circ\text{C}$ . As dimensões são medidas antes e após o processo de envelhecimento, em 3 pontos diferentes no tempo, em cada direção. Os valores apresentados nesta ficha técnica constituem a média da variação do comprimento, da largura e da espessura.

Densidade ARPRO moldado (g/l)	Alteração dimensional linear (%)	
	Envelhecimento a 110°C durante 10 dias	Envelhecimento a 130°C durante 5 dias
30	- 1.0	- 5.8
60	- 0.6	- 3.0
80	- 0.6	- 1.7
150	- 0.6	- 1.1

**Nota:** é possível aumentar ou diminuir parcialmente este efeito variando as configurações da prensa durante a moldagem. (Contacte-nos para obter mais informações sobre a “variação das configurações da prensa durante a moldagem”).

## 6. Alteração das dimensões da peça moldada por utilização

O Coeficiente da Expansão Térmica Linear (CLTE) de um material é a sua tendência para se expandir (ou contrair) por influência da temperatura (quente ou fria). Contudo, ARPRO pode compensar estas variações dimensionais se for aplicada uma restrição mecânica.

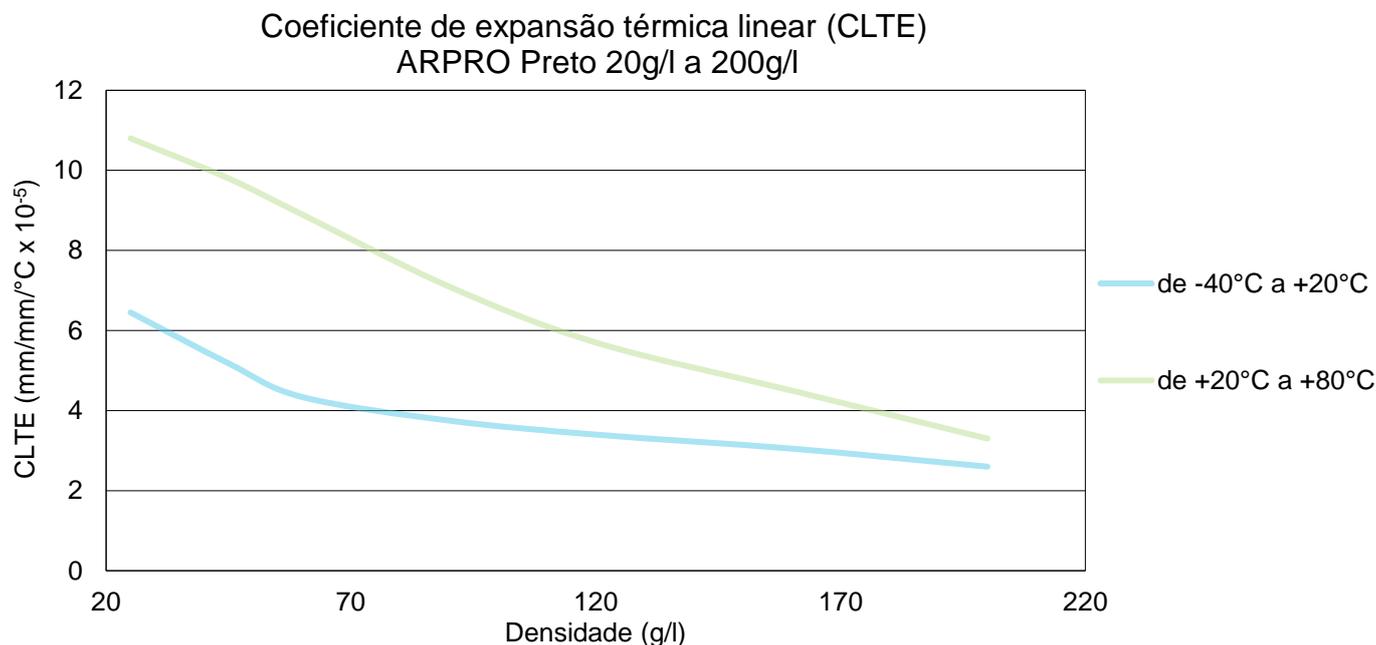
**Método de ensaio:** Colocam-se marcas de medida com intervalos de 25mm ao comprimento a partir de uma extremidade da amostra numa câmara termostática a uma temperatura inicial durante 24 horas. O comprimento da marca é medido imediatamente depois de sair da câmara termostática. De seguida, a amostra é colocada à temperatura final durante 24 horas. O comprimento da marca é medido mais uma vez, imediatamente após este tratamento térmico. As temperaturas inicial e final utilizadas são -40°C a 20°C e 20°C a 80°C. As densidades ensaiadas são 20g/l e 200g/l ARPRO Preto.

Calcula-se CLTE expressa como K pela seguinte equação:

$$K = (L_1 - L_0) / (\Delta T * L_0)$$

Em que: L1 é o comprimento da amostra na exposição à temperatura final, L0 é o comprimento da amostra na exposição à temperatura inicial e  $\Delta T$  é a temperatura final menos a temperatura inicial.

**Nota:** os resultados finais podem variar ligeiramente consoante a geometria específica da peça moldada.



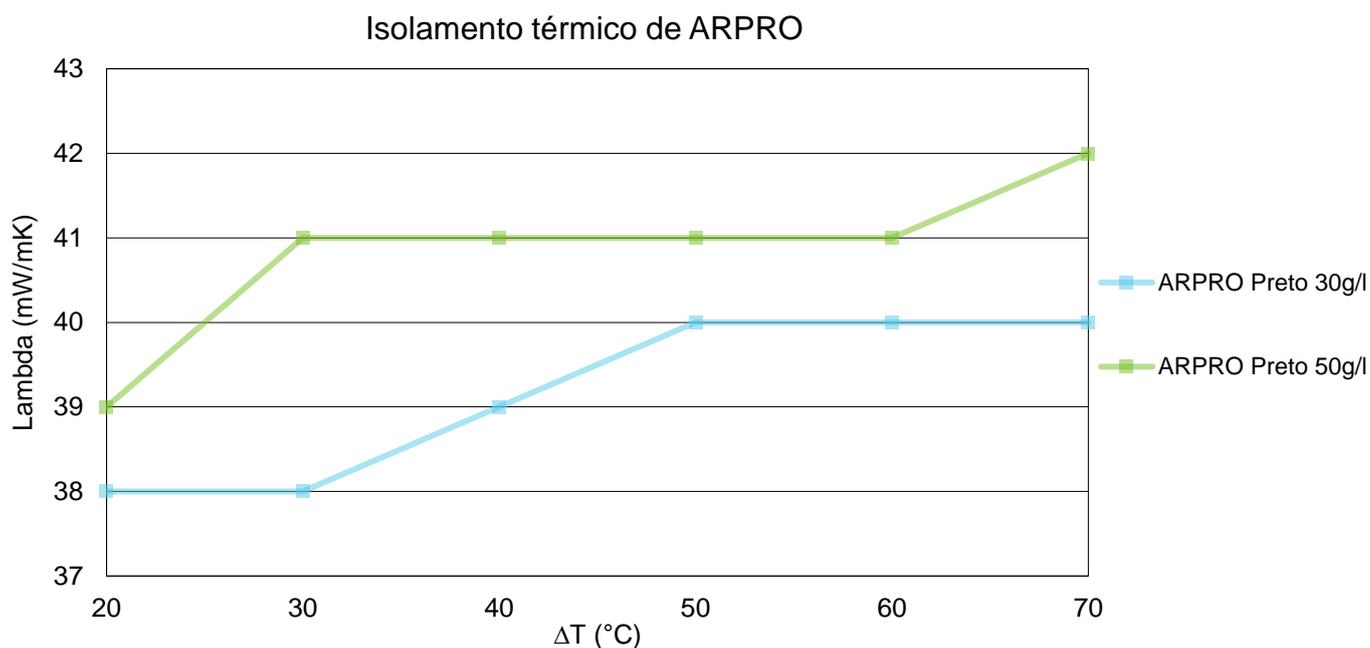
**Explicação do resultado do ensaio:** Para ARPRO a 160g/l de 20°C a 80°C, as dimensões ARPRO alteram-se de  $4.5 \cdot 10^{-5}$  mm por mm, por °C. Isto significa que se uma peça ARPRO de 160g/l tiver um comprimento original de 100mm, ao fim de 24 horas de condicionamento a 80°C, o comprimento final da peça será 100.27mm.

$$L_1 = L_0 + K * \Delta T * L_0 = 100 + 4.5 \cdot 10^{-5} * 60 * 100 = 100.27\text{mm}$$

## 7. Isolamento térmico

Os dados abaixo são obtidos de 2 ensaios diferentes e dão a condutividade térmica ( $\lambda$ ) de um material. Quanto mais pequeno for  $\lambda$  melhor é o isolamento.

Método de ensaio A: ISO 8301. Os resultados obtêm-se aplicando uma diferença de temperatura crescente entre duas placas. A temperatura vai de 20 a 70°C. A temperatura da placa fria é mantida a 21°C, enquanto a temperatura da placa quente é variável. Aqui,  $\lambda$  caracteriza a função do gradiente de temperatura. As densidades ensaiadas são 30g/l e 50g/l ARPRO Preto.



**Método de ensaio B:** ISO 8301-8302. Um aquecedor protegido é colocado entre duas amostras moldadas que estão em contacto com um fluxómetro térmico e uma chapa de arrefecimento. O valor é determinado pelo fluxo térmico, a diferença de temperatura média entre a superfície da amostra e as dimensões da amostra. Estes resultados são obtidos com uma variação da temperatura média (de 10 a 40°C), mas a diferença entre a placa fria e a quente é sempre de 16°C. Aqui,  $\lambda$  caracteriza a energia transferida por unidade de área e de tempo num gradiente de temperatura de 1°C/m. As densidades ensaiadas estão entre 20g/l e 220g/l ARPRO Preto, entre 20g/l e 80g/l ARPRO Branco e entre 40g/l e 60g/l ARPRO Cinzento.

**Nota:** alguns aditivos podem influenciar o isolamento térmico. A título de exemplo, o pigmento negro de fumo permite a reflexão de algumas radiações, então o ARPRO Cinzento é melhor que o ARPRO Branco.

