

## Resistência ao fogo

O ARPRO é um material muito versátil com uma ampla variedade de aplicações (indústria automóvel, construção, HVAC, mobiliário, brinquedos, etc.), sendo a resistência ao fogo uma propriedade importante para algumas das aplicações.

Apresenta-se abaixo o conjunto de informações técnicas que abrangem a resistência ao fogo:

1. [Características de ARPRO Preto vs ARPRO FR](#)
2. Velocidade de combustão e classe de reação ao fogo de ARPRO em diferentes aplicações:
  - A. [Automóvel: ISO 3795](#)
  - B. Eletrónica:
    - i. [UL 94 \(ISO 9772\)](#)
    - ii. [Índice de inflamabilidade do filamento incandescente: IEC 60695-2-12](#)
    - iii. [Ensaio do queimador em agulha: IEC 60695-11-5](#)
  - C. [Edifícios: Euroclasses](#)
  - D. [Aeronave: CS 25](#)
  - E. [Brinquedos: ISO 8124-2](#)
3. [Calor de combustão efetivo ARPRO: ISO 5660-1](#)
4. [Toxicidade do fumo ARPRO: ISO 5660-1](#)

**Nota:** Para obter mais informações sobre os dados apresentados, ou sobre qualquer aspecto do desempenho do ARPRO, entre em [contacto](#) com o seu vendedor.

## 1. Características de ARPRO Preto vs ARPRO FR

ARPRO Preto	ARPRO 4135 FR
Não autoextinguível	Autoextinguível
Aumentando a densidade ou a espessura da peça ARPRO, é reduzida a velocidade de combustão.	Diminuindo a espessura da peça ARPRO, é provocada a extinção mais rápida da chama.

ARPRO 4135 FR é um grau retardador de chama, isento de componentes halogenados segundo UL 746 H.

## 2. Velocidade de combustão e classe de reação ao fogo de ARPRO em diferentes aplicações

Os requisitos das normas de inflamabilidade dos materiais variam de uma aplicação para outra. Os ensaios são diferentes no que se refere à ignição da chama, procedimentos de ensaio, forma e dimensão das amostras e parâmetros registados. Por conseguinte, uma dada aplicação pode requerer várias normas. Além disso, o desempenho da chama depende igualmente da espessura e da densidade de ARPRO.

### A. Automóvel: ISO 3795 (FMVSS 302)

Esta norma internacional especifica um método para determinar a velocidade de combustão horizontal de materiais utilizados no compartimento dos ocupantes de veículos rodoviários. Este método permite ensaiar os materiais e as peças do equipamento interior do veículo individualmente ou em combinação até uma espessura de 13mm.

#### Método de teste: ISO 3795

São montadas cinco amostras de 356 x 100 x 12.5mm horizontalmente num suporte em forma de U e expõem-se a uma chama bem definida de baixa energia durante 15 segundos numa câmara de combustão. A chama é aplicada na extremidade livre das amostras. O ensaio define se e quando a chama se extingue, ou o tempo ao fim do qual a chama ultrapassa uma determinada distância, originando uma velocidade de combustão em mm/minuto.

**Densidade testada:** ARPRO Preto 25g/l a 200g/l

#### Resultados do ensaio:

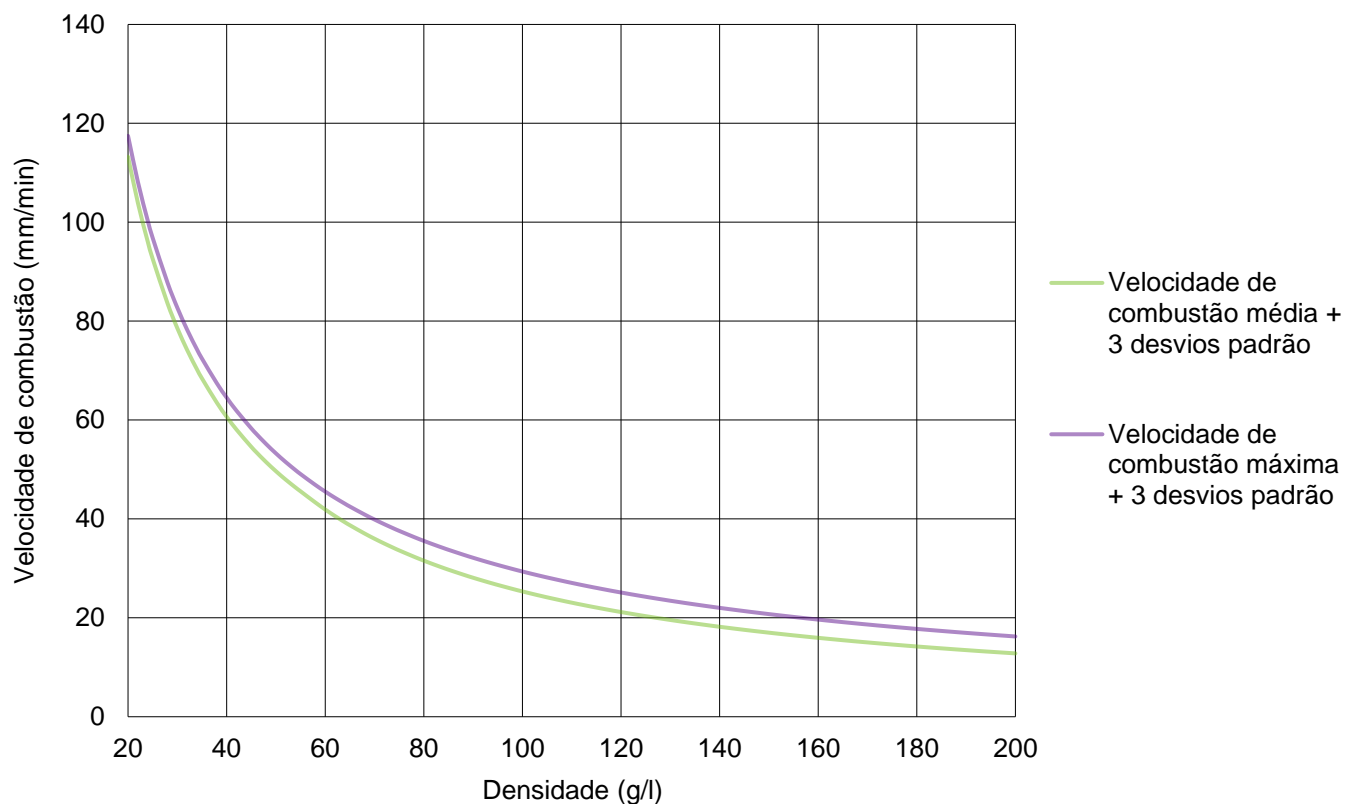
##### a. Velocidade de combustão vs densidade

Para passar as especificações abaixo, recomendamos que considere a velocidade de combustão máxima + 3 desvios padrão, porque inclui a variação do teste. Em consequência, o ARPRO passa pelos critérios de velocidade de combustão apresentados a seguir, quando testado a uma espessura de 12.5mm, com uma densidade mínima de:

- 25g/l: para passar o critério de velocidade de combustão máxima < 100mm/min
- 32g/l: para passar o critério de velocidade de combustão máxima < 80mm/min

Devem ser tidas em conta as variações do processo de moldagem para assegurar que se obtém a densidade mínima recomendada em qualquer peça moldada.

Velocidade de combustão vs densidade - ISO 3795

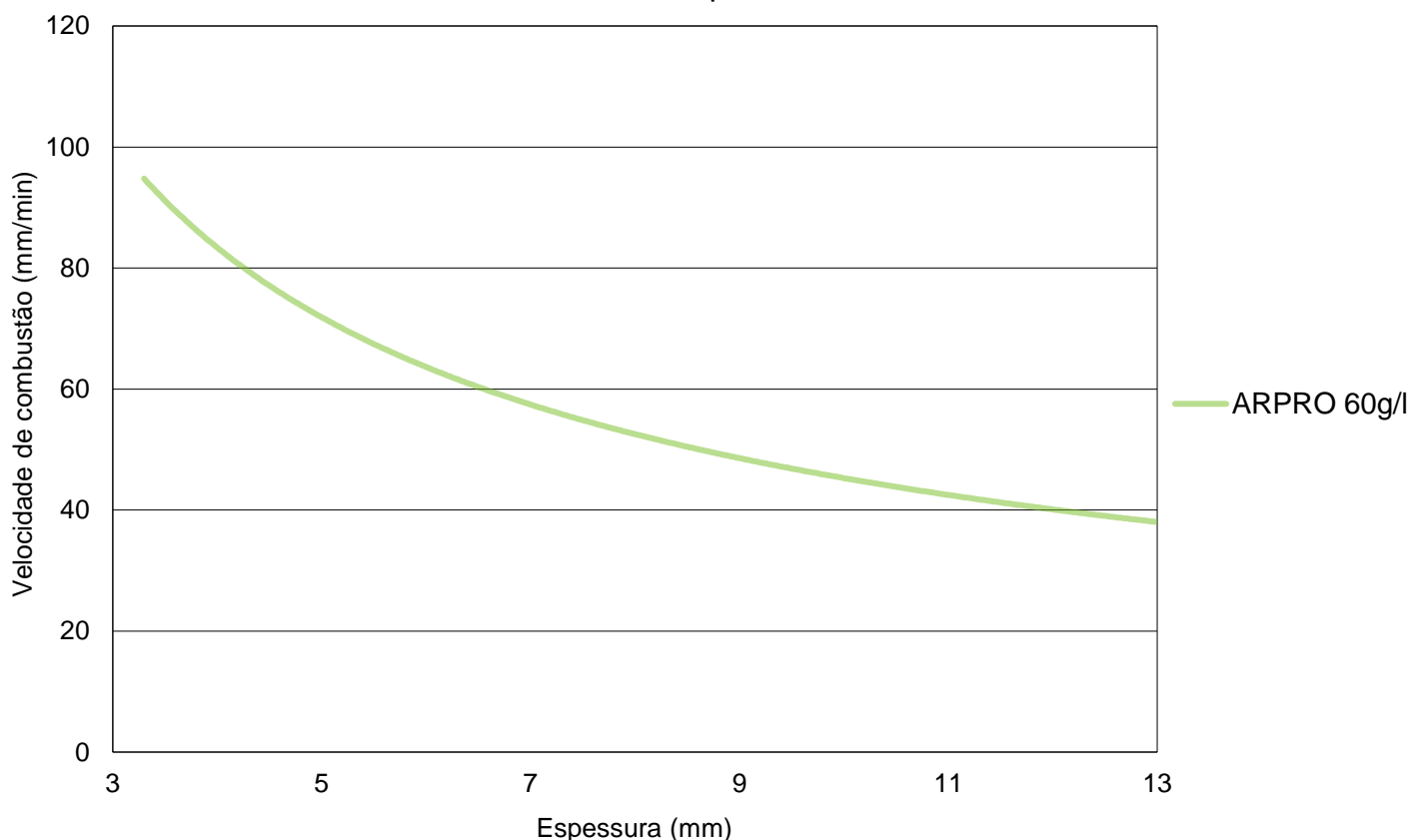


Propriedade	Teste	Unidade	Densidade (g/l)											
			20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
Velocidade de combustão média + 3 $\sigma$	ISO 3795 12.5mm	mm/min	115	80	60	50	40	30	25	20	18	16	14	13
Velocidade de combustão máxima + 3 $\sigma$	ISO 3795 12.5mm	mm/min	120	85	65	55	45	35	30	25	22	20	18	16

## b. Velocidade de combustão vs espessura

Aumentar a espessura da peça de ARPRO diminuirá a velocidade de combustão máxima.

Velocidade de combustão vs espessura - ISO 3795



## B. Eletrônica:

### i. UL 94 (ISO 9772)

A seção 12 da UL 94 descreve um procedimento de teste de combustão orientado horizontalmente. Este teste é usado para comparar a velocidade relativa de combustão, a distância de combustão e o tempo de combustão de materiais poliméricos celulares que têm uma densidade inferior a 250g/l. Seção 12 de UL 94 equivalente a ISO 9772.

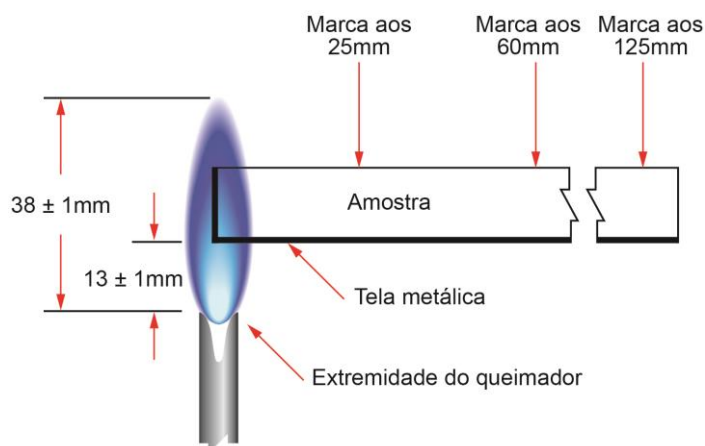
Da mais baixa (menor retardamento da chama) para a mais alta (maior retardamento da chama), aplica-se o seguinte sistema de classificação:

- HBF: Nenhuma amostra com uma velocidade de combustão superior a 40mm/minuto numa distância de 100mm OU cada amostra deixa de arder antes da chama ou incandescência atingir a marca de medida dos 125mm
- HF-1 e HF-2: comportamento auto-extinguível em conformidade com os seguintes critérios

Critério	HF-1	HF-2
Tempo de chama residual	4/5 amostras são $\leq 2s$ 1/5 amostras são $\leq 10s$	4/5 amostras são $\leq 2s$ 1/5 amostras são $\leq 10s$
Tempo de incandescência residual para cada amostra individual	$\leq 30s$	$\leq 30s$
Indicador de algodão inflamado por partículas ou gotas a arder	Não	Sim
Comprimento danificado para cada amostra individual	$< 60mm$	$< 60mm$

**Método de ensaio:** As amostras de ensaio padrão têm  $150 \pm 5mm$  de comprimento por  $50 \pm 1mm$  de largura, nas espessuras mínima e máxima do intervalo de espessuras a considerar. As amostras testadas através deste método podem ter uma espessura máxima de 13mm. A chama é produzida por uma extremidade do queimador com 48mm de comprimento por 1.3mm de largura. A chama é ajustada para uma altura de 38mm. Aplica-se a chama durante 60 segundos à aresta da amostra. A distância de combustão e a velocidade de combustão são registadas a fim de classificar o material.

Na imagem abaixo é mostrada a configuração do aparelho para ensaio na horizontal UL94.



### Resultados do ensaio:

- **ARPRO Preto = HBF**

As densidades ensaiadas são ARPRO Preto entre 55g/l e 140g/l (espessura mín. 8mm)

- **ARPRO 4135 FR = HF-1**

As densidades ensaiadas são ARPRO 4135 FR entre 20g/l e 60g/l (espessura mín. 3mm)

## ii. Índice de inflamabilidade do filamento incandescente de ARPRO: IEC 60695-2-12 (GWFI), IEC 60695-2-13 (GWIT)

O Índice de Inflamabilidade do Filamento Incandescente (GWFI na sigla em inglês) e a Temperatura de Ignição do Filamento Incandescente (GWIT na sigla em inglês) constituem uma forma de comparar as temperaturas a que os materiais inflamam. O aparelho simula o efeito do calor que pode ser libertado por componentes elétricos.

### Método de ensaio: IEC 60695-2-10

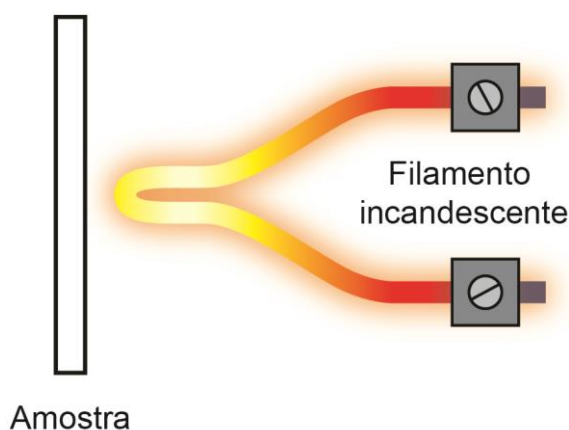
A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC na sigla em inglês) é a entidade internacional de normalização e avaliação de conformidade para todas as áreas de eletrotécnica.

O filamento incandescente é aquecido a uma temperatura específica. A amostra do ensaio é mantida contra o filamento incandescente durante 30 segundos. Coloca-se algodão sob a amostra para observar os efeitos das gotas incandescentes.

O Índice de Inflamabilidade do Filamento Incandescente (GWFI) é a temperatura mais elevada que satisfaz uma das seguintes condições:

- Não há chama nem incandescência (ausência de ignição).
- A combustão/incandescência é inferior a 30 segundos após remoção do filamento incandescente e o algodão não arde.

A Temperatura de Ignição do Filamento Incandescente (GWIT) é definida 25°C acima da temperatura máxima a que o filamento incandescente não provoca a combustão do material durante mais de 5 segundos no decurso de três ensaios. Para determinação do GWFI e da GWIT, são realizados três ensaios.



### Resultados do ensaio:

- ARPRO Preto – Efeito da densidade:

ARPRO Preto 3mm	Densidade testada (g/l)		
	60	80	130
GWFI (°C)	825	800	800
GWIT (°C)	850	n/a	n/a

- Efeitos de graus e espessuras de ARPRO:

Classe ARPRO testada	Espessura (mm)		
	3	15	30
ARPRO Preto 60g/l			
• GWFI (°C)	825	750	775
• GWIT (°C)	850	775	800
ARPRO 4135 FR 60g/l			
• GWFI (°C)	700	960	n/a
• GWIT (°C)	725	960	n/a
ARPRO 5135 ESDP 60g/l			
• GWFI (°C)	n/a	675	n/a
• GWIT (°C)	n/a	700	n/a

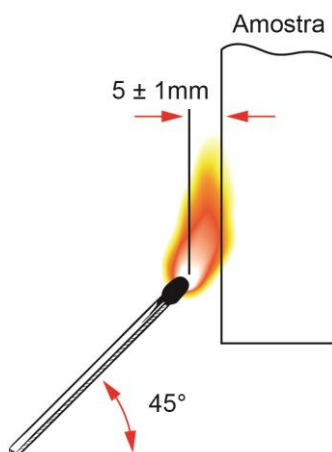
### iii. Ensaio da chama em agulha: IEC 60695-11-5

O ensaio é realizado para determinar se uma pequena chama, que possa resultar da ignição de outros componentes, provoca a ignição do material ou se o material apresenta uma combustão limitada e sem propagação do fogo. O tempo de aplicação da chama e os critérios de aceitação (duração da combustão) dependem da especificação individual do produto.

**Método de ensaio:** Aplica-se uma chama de 12mm durante 5, 10, 20, 30, 60 ou 120 segundos, em conformidade com a especificação do produto, numa superfície representativa da amostra. Coloca-se papel de seda (papel de embrulho leve e forte entre 12g/m<sup>2</sup> e 30g/m<sup>2</sup>) 200mm sob a amostra. Ensaiam-se 3 amostras, representativas da aplicação final. A duração da combustão representa o intervalo de tempo a partir do momento em que a chama do ensaio é retirada do espécime de ensaio, até a última chama se extinguir e a incandescência da amostra, a camada especificada e/ou as peças circundantes deixarem de ser visíveis.

Para aprovação no ensaio, é necessário cumprir um dos seguintes critérios:

- Ausência de chama e ausência de incandescência da amostra, bem como ausência de ignição do papel de seda.
- As chamas ou a incandescência extinguem-se no prazo de 30s depois de retirada a chama em agulha e ausência de ignição do papel de seda.



Versão 06

## Resultados do ensaio:

- ARPRO 4135 FR a 60g/l, com uma chama aplicada durante 30 segundos:

<b>Espessura da amostra (mm)</b>	<b>6</b>	<b>50</b>
Duração da combustão (seg)	0	0

- ARPRO Preto a 80g/l, com uma chama aplicada durante 30 segundos:

<b>Espessura da amostra (mm)</b>	<b>10</b>	<b>50</b>
Duração da combustão (seg)	0	0

Com uma espessura de 10 a 50mm ARPRO Preto de 60g/l arde completamente durante mais de 30 segundos.



## C. Edifícios: Euroclasses EN 13501-1

EN 13501-1 é a Norma de construção europeia que define a inflamabilidade de materiais de construção e a resistência ao fogo dos elementos de construção.

As possíveis classificações para a norma EN 13501-1 são:

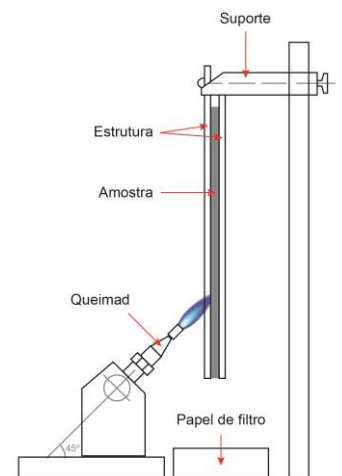
- Euroclasse F: sem critério de desempenho.
- Euroclasse E: reação aceitável ao fogo resultante do ataque por uma pequena chama durante um curto período de tempo.
- Euroclasse D: produtos que satisfazem os critérios para a classe E e são capazes de resistir, por um período mais longo, ao ataque de uma pequena chama sem propagação substancial da chama. Além disso, são capazes de sofrer um ataque térmico por um produto único em combustão com libertação de calor suficientemente retardada e limitada.
- Euroclasse C: produtos que satisfazem os critérios para a classe D e quando sujeitos a um único ataque térmico por exposição a um produto único em combustão apresentam propagação lateral limitada da chama.
- Euroclasse B: produtos que satisfazem os critérios para a classe C e requisitos mais exigentes quanto à taxa de propagação do fogo (FIGRA) e libertação de calor total (THR).
- Euroclasse A2: produtos que satisfazem os critérios para a classe. Além disso, em condições de fogo bem desenvolvido estes produtos não contribuem significativamente para a carga incendiária e a propagação do fogo.
- Euroclasse A1: materiais considerados incombustíveis.

Em função do nível de cada classe, há que realizar diferentes ensaios. Os subíndices “s” e “d” são classificações para o desenvolvimento de fumos e gotejamento.

### Método de ensaio:

- **ISO 11925-2:** Teste de ignição com uma pequena chama

O ensaio decorre no interior de uma câmara de ensaios onde a amostra é montada verticalmente. A amostra é submetida à exposição da uma chama de gás pela aresta e/ou pela superfície. Durante o ensaio registam-se o tempo de ignição, as gotículas incandescentes e se as chamas atingem a marca superior da amostra ao fim de um certo período de tempo. Para as classificações E ou F, o ensaio consiste na aplicação da chama durante 15s. Para a classificação E, não pode haver propagação da chama acima dos 150mm na vertical a partir do ponto de aplicação da chama decorridos 20s sobre o tempo de aplicação. Para a classificação F, o produto não consegue obter a classificação E quando ensaiado segundo a norma EN ISO 11925-2.



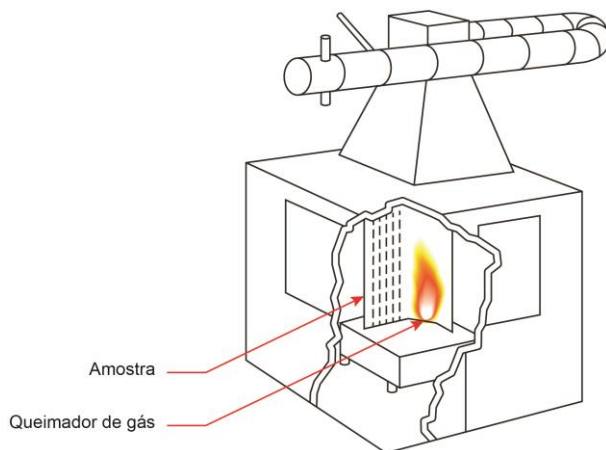
Para as classes E e F, apenas é necessário o ensaio de ignição com uma pequena chama. Para as classes A1, A2, B, C e D é necessário o ensaio da EN 13823.

Versão 06

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.

- **EN 13823:** Pequeno isolado em combustão

O ensaio do pequeno objeto em combustão segundo EN 13823 consiste em acender um fogo no canto de duas placas (1500 x 1000mm e 1500 x 495mm) montadas perpendicularmente. Coloca-se um queimador de gás com uma taxa de libertação de calor de 30kW no canto durante o ensaio. O tempo de ensaio é de 21 minutos. Os gases de combustão são recolhidos numa hote onde é possível medir a taxa de libertação de calor e a produção de fumos.



**Resultados do ensaio:**

- ARPRO Preto:

Espessura da amostra (mm)	Densidade testada (g/l)				
	20	30	45	60	120
10	F	F	F	E	E
15	F	F	F	E	E
20	F	E	E	E	E
30	F	E	E	E	E
60	E	E	E	E	E

- ARPRO Branco:

Espessura da amostra (mm)	Densidade testada 70g/l
10	E

- ARPRO 4135 FR:

Espessura da amostra (mm)	Densidade testada (g/l)	
	40	60
10	D s1 d0	D s1 d0
15	Not tested	D s2 d0
30	Not tested	D s2 d1
50	E	E

## D. Aeronaves: especificação de certificação CS25 para grandes aviões

Esta especificação de certificação indica um método para determinar o comportamento vertical à combustão de materiais utilizados no interior de compartimentos ocupados por tripulantes ou passageiros, bem como os correspondentes requisitos.

**Método de ensaio:** CS25.853 App. F Part I (b)

São montadas três amostras verticalmente numa estrutura metálica e a aresta inferior das amostras, representativa da secção transversal real do material ou da peça colocada na aeronave, é exposta à ação de uma chama calibrada durante um certo tempo, dependendo da aplicação das peças. O ensaio determina a distância média da combustão, o tempo médio da chama após remoção da fonte de ignição e o tempo de extinção do gotejamento.

### a. CS25.853 App. F Part I (a) (1) (ii) – 12 segundos combustão vertical

**Resultados do ensaio:** ARPRO 4135 FR

Chama aplicada durante 12 segundos. ARPRO 4135 FR aprovado pelos critérios de CS25.853 App. F Part I (a) (1) (ii), a uma espessura de 13mm e densidades de 40 e 60g/l.

Critérios do ensaio	Unidade	Requisito	Densidade testada 40g/l	Densidade testada 60g/l
Distância queimada	cm	20, max	6	6
Tempo de chama residual	s	15, max	0	0
Tempo de extinção do gotejamento	s	5, max	0	0

### b. CS25.853 App. F Part I (a) (1) (i) – 60 segundos combustão vertical

**Resultados do ensaio:** ARPRO 4135 FR

Chama aplicada durante 60 segundos. ARPRO 4135 FR aprovado pelos critérios de CS25.853 App. F Part I (a) (1) (i), a uma espessura de 13mm e densidades de 60g/l.

Critérios do ensaio	Unidade	Requisito	Densidade testada 60g/l
Distância queimada	cm	15, max	10
Tempo de chama residual	s	15, max	0
Tempo de extinção do gotejamento	s	3, max	0

Versão 06

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.

## E. Brinquedos: ISO 8124-2

**Método de ensaio:** O ensaio é realizado numa câmara de inflamabilidade específica após pré-condicionamento num ambiente com uma temperatura de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  e uma humidade relativa de  $65 \pm 5\%$  HR durante, pelo menos, sete horas.   aplicada uma chama de 50mm durante 5 segundos num bloco moldado de ARPRO, colocado horizontalmente. Depois de a chama ser retirada, regista-se o tempo da eventual combustão continuada.

**Densidade testada:** ARPRO 60g/l

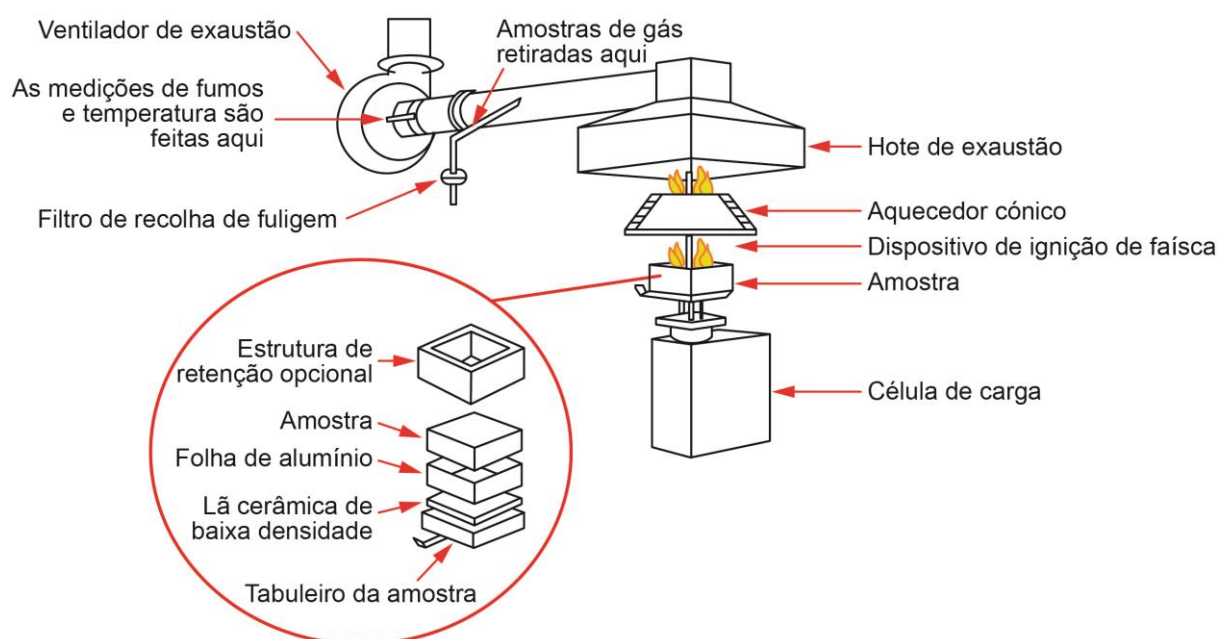
Grau	Resultado*
ARPRO 5135	Aprovado
ARPRO 4133	Aprovado
ARPRO 3133	Aprovado
ARPRO 1133 Blueberry	Aprovado
ARPRO 1133 Dragon Fruit	Aprovado
ARPRO 1133 Orange	Aprovado
ARPRO 1133 Lemon	Aprovado
ARPRO 1133 Lime	Aprovado

\* Ensaio realizado por um laboratório acreditado em blocos de ARPRO de 400 x 300 x 80mm com superfície moldada.

### 3. Calor de combustão efetivo ARPRO: ISO 5660-1

A ISO 5660-1 especifica um método para avaliar a taxa de libertação de calor de uma amostra exposta na horizontal a níveis controlados de irradiação com um dispositivo de ignição externo. A taxa de libertação de calor é determinada medindo o consumo de oxigénio resultante da concentração de oxigénio e do caudal no fluxo de produto da combustão. Neste ensaio, mede-se também o tempo para a ignição (chama permanente).

**Método de ensaio:** Três amostras de 100 x 100 x 25mm devem ser testadas A superfície da amostra de ensaio é exposta a um nível constante de irradiação de calor, dentro do intervalo de 0-100kW/m<sup>2</sup>, proveniente de um aquecedor cónico. Provoca-se a ignição dos gases voláteis produzidos pela amostra aquecida através de um dispositivo elétrico de ignição de faísca.



#### Resultados do ensaio:

- ARPRO Preto

	Densidade testada (g/l)	
	50	70
Calor de combustão efetivo médio (MJ/kg)	39	40

- ARPRO 4135 FR

	60g/l
Calor de combustão efetivo médio (MJ/kg)	34

#### 4. Toxicidade do fumo ARPRO: ISO 5660-1

Durante a combustão, ARPRO emite gases. A análise dos gases emitidos durante a combustão permite determinar se o fumo produzido é tóxico ou não.

##### Método de ensaio: ISO 5660-1

Tal como no ponto 3, a superfície da amostra é exposta a um nível constante de irradiação de calor, dentro do intervalo 0 – 100kW/m<sup>2</sup>, proveniente de um aquecedor cónico. Os gases voláteis da amostra aquecida são inflamados por uma faísca elétrica e analisados por FTIR (infravermelho com transformada de Fourier) durante a combustão.

**Densidade testada:** ARPRO Preto 70g/l e ARPRO Branco 70g/l

**Resultados do ensaio:** foram detetados os seguintes gases no nível descrito:

Gás	ARPRO Preto 70g/l	ARPRO Branco 70g/l
CO (kg/kg)	0.029	0.027
CO <sub>2</sub> (kg/kg)	2.45	2.55

Os gases que se seguem não foram detetados:

Gás	Limite de deteção (ppm)
NO Óxido nítrico	2.22
NO <sub>2</sub> Dióxido de azoto	1.97
NH <sub>3</sub> Amoníaco	1.75
N <sub>2</sub> O Óxido de azoto	0.53
SO <sub>2</sub> Dióxido de enxofre	1.12
HCN Cianeto de hidrogénio	1.42
HCOH Formaldeído (formol)	7.00
HCL Ácido clorídrico	1.54
CH <sub>4</sub> Metano	4.75
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Acetileno (Etino)	5.28
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Etileno (Eteno)	21.13