



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**SISTEMAS DE TUBAGEM DE PPR REFORÇADO COM FIBRA
DE VIDRO DESTINADOS À DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
QUENTE E FRIA E A SISTEMAS DE AQUECIMENTO E
DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO POR ÁGUA
COM ASPERSORES NO INTERIOR DE EDIFÍCIOS**

Critério para avaliação da aptidão ao uso

Projeto ECOPOL

Lisboa • fevereiro de 2016

I&D EDIFÍCIOS

RELATÓRIO 50/2016 – DED/NAICI

Título

SISTEMAS DE TUBAGEM DE PPR REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO DESTINADOS À DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE E FRIA E A SISTEMAS DE AQUECIMENTO E DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO POR ÁGUA COM ASPERSORES NO INTERIOR DE EDIFÍCIOS

Critério para avaliação da aptidão ao uso

Autoria

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS

Luís Eduardo Pimentel Real

Investigador Auxiliar, Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações

Colaboração

António Leça Coelho

Investigador Principal com Habilitação, Núcleo de Estudos Urbanos e Territoriais

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 50/2016

Proc. 0809/112/19706

SISTEMAS DE TUBAGEM DE PPR REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO DESTINADOS À DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE E FRIA E A SISTEMAS DE AQUECIMENTO E DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO POR ÁGUA COM ASPERSORES NO INTERIOR DE EDIFÍCIOS

Critério para avaliação da aptidão ao uso

Resumo

Nesta publicação apresenta-se o critério presentemente seguido pelo LNEC para concessão de homologação com certificação, bem como para o posterior controlo periódico da qualidade a sistemas de tubagem de copolímero de polipropileno estatístico ("random") reforçado com fibra de vidro na camada intermédia (PPR-FV-PPR), destinados à distribuição de água quente e fria, ao aquecimento e a redes de extinção automática de incêndio por água.

Palavras-chave: Polipropileno / Polipropileno reforçado com fibras de vidro / Tubos com pressão / Distribuição de água quente e fria / Sistemas de aquecimento / Extinção de incêndios / Homologação

PIPING SYSTEMS OF PPR REINFORCED WITH GLASS FIBERS USED FOR DISTRIBUTION OF HOT AND COLD WATER, HEATING SYSTEMS AND AUTOMATIC FIRE SUPPRESSION WITH WATER SPRINKLERS INSIDE BUILDINGS

Fitness for use of the system

Abstract

This publication presents the criteria currently followed by LNEC for homologation agreement with certification and subsequent periodic quality control of pipe systems of statistical polypropylene copolymer ("random") reinforced with fiberglass in the intermediate layer for the distribution of hot and cold water, heating and automatic fire suppression with water sprinklers.

Keywords: Polypropylene / Glass fiber reinforced polypropylene / Pipes under pressure / Distribution of hot and cold water / Heating systems / Fire suppression / LNEC Agreement

Sumário executivo

Após uma breve introdução e a definição do objetivo, nesta publicação indicam-se:

- os requisitos para o sistema da qualidade seguido pelo fabricante;
- as características e as especificações para a matéria-prima constituinte dos tubos e acessórios;
- as características e as especificações para os produtos finais, designadamente os tubos e os acessórios, bem como para as suas uniões;
- a classificação das condições de serviço;
- as limitações de aplicação dos sistemas de tubagem;
- as recomendações para a utilização dos produtos, relativamente ao seu transporte, manuseamento, armazenamento e instalação;
- os requisitos do LNEC para o autocontrolo do fabricante;
- os requisitos de amostragem do LNEC durante as auditorias técnicas ou campanhas de recolha realizadas ao fabricante pelos técnicos do LNEC, no âmbito da concessão e manutenção da homologação.

Índice

1	Introdução	1
	1.1 Enquadramento	1
	1.2 Organização do documento	2
2	Descrição geral	4
3	Documentação de suporte para a concessão da homologação	6
4	Requisitos do sistema da qualidade do fabricante	7
5	Caraterísticas a apreciar	8
	5.1 Material constituinte	8
	5.2 Tubos	8
	5.3 Acessórios	9
	5.3.1 Acessórios plásticos constituídos pelo mesmo material dos tubos (PPR ou PPR-FV-PPR)	9
	5.3.2 Acessórios plásticos constituídos por composto ou material plástico diferente do dos tubos	9
	5.3.3 Acessórios metálicos	9
	5.4 Uniões	9
6	Especificações	11
	6.1 Material constituinte	11
	6.2 Tubos	13
	6.2.1 Aspeto	13
	6.2.2 Dimensões	13
	6.2.3 Marcação	16
	6.2.4 Resistência à pressão interior	17
	6.2.5 Resistência ao impacto Charpy	18
	6.2.6 Índice de fluidez	18
	6.2.7 Deformação longitudinal a quente	18
	6.3 Acessórios	18
	6.3.1 Aspeto	18
	6.3.2 Características geométricas	19
	6.3.3 Marcação	21
	6.3.4 Resistência à pressão interior	21
	6.3.5 Índice de fluidez	21
	6.3.6 Características do material dos componentes metálicos dos acessórios de transição	21
	6.4 Sistema. Uniões entre os tubos e os acessórios	21
	6.4.1 Resistência à pressão interior	22
	6.4.2 Ensaio de curvatura	23
	6.4.3 Ensaio de arrancamento por tração	24
	6.4.4 Ensaio de ciclos térmicos	24
	6.4.5 Ensaio de ciclos de pressão	25
	6.4.6 Ensaio de estanquidade sob vácuo	26
	6.4.7 Influência sobre a água para consumo humano	27
	6.4.8 Classificação de reação ao fogo	27
	6.4.9 Ensaio de resistência ao fogo à escala real	27
7	Classificação das condições de serviço	28
8	Recomendações para a utilização dos produtos	31

8.1	Transporte e manuseamento.....	31
8.2	Armazenamento.....	31
8.3	Recomendações da instalação dos tubos e dos acessórios.....	31
9	Limitações de aplicação dos sistemas de tubagem.....	32
10	Requisitos do controle de qualidade interno do fabricante para concessão e manutenção da homologação	35
10.1	Ensaio iniciais de tipo.....	35
10.2	Ensaio de libertação de produto	38
10.3	Ensaio de verificação de processo	39
11	Amostragem em auditorias realizadas no âmbito da concessão e acompanhamento da homologação	41
	Referências Bibliográficas.....	43

Índice de figuras

Figura 2.1 – Representação esquemática da composição das paredes de um tubo PPR-FV-PPR.....	4
Figura 6.1 – Curvas de referência para o PPR, correspondentes às temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 e 110°C (válidas para PPR-FV-PPR).....	12
Figura 6.2 – Representação esquemática das características geométricas dos abocardos, com indicação das dimensões relevantes.....	20

Índice de quadros

Quadro 6.1 – Dimensões dos tubos aplicáveis a todas as classes de aplicação.....	14
Quadro 6.2 – Tolerâncias na espessura da parede do tubo.....	15
Quadro 6.3 – Valores do parâmetro $S_{calc, max}$ para o PPR (válido para PPR-FV-PPR).....	16
Quadro 6.4 – Condições de ensaio de pressão interior de tubos de PPR-FV-PPR.....	17
Quadro 6.5 – Dimensões dos abocardos tipo A dos tubos de PPR-FV-PPR, em mm.....	19
Quadro 6.6 – Dimensões dos abocardos tipo B dos tubos de PPR-FV-PPR, em mm.....	20
Quadro 6.7 – Determinação da pressão de ensaio para o sistema de PPR-FV-PPR.....	22
Quadro 6.8 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de curvatura para o PPR-FV-PPR.....	23
Quadro 6.9 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de tração.....	24
Quadro 6.10 – Parâmetros de ensaio para o ensaio sob ciclo térmico.....	25
Quadro 6.11 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de ciclos de pressão.....	26
Quadro 6.12 – Parâmetros de ensaio de estanquidade sob vácuo.....	26
Quadro 7.1 – Classificação das condições de serviço do PPR-FV-PPR.....	28
Quadro 7.2 – Pressão de serviço dos tubos em função da temperatura e do tempo de serviço.....	29
Quadro 7.3 – Definição da série em função da pressão de serviço e da classe de aplicação.....	30
Quadro 10.1 – Ensaio iniciais de tipo a realizar nos tubos de PPR-FV-PPR.....	36
Quadro 10.2 – Ensaio iniciais de tipo a realizar nos acessórios de PPR-FV-PPR (ou de PPR).....	37
Quadro 10.3 – Ensaio iniciais de tipo a realizar no sistema (uniões tubo-acessório).....	38
Quadro 10.4 – Características a satisfazer para os ensaios de libertação de produto (BRT) em tubos de PPR-FV-PPR.....	39
Quadro 10.5 – Características a satisfazer para os ensaios de libertação de produto (BRT) em acessórios de PPR-FV-PPR (ou PPR).....	39
Quadro 10.6 – Características a satisfazer para os ensaios de verificação de processo (PVT) em tubos e acessórios de PPR-FV-PPR ou PPR.....	40
Quadro 11.1 – Requisitos da amostragem a realizar durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante da tubagem de PPR-FV-PPR.....	41

1 | Introdução

1.1 Enquadramento

Em consequência do desenvolvimento tecnológico e da procura de soluções de valor acrescentado, é frequente o aparecimento no mercado de produtos com características inovadoras, para os quais não existe normalização específica, como é o caso dos sistemas de tubagem de polipropileno reforçado com fibra de vidro na camada intermédia (PPR-FV-PPR), para distribuição de água quente e fria, e para sistemas de aquecimento e sistemas automáticos de extinção de incêndio por água.

Os tubos de PPR reforçado com fibras de vidro são tubos constituídos material plástico e possuem uma camada intermédia de fibras de vidro. O material plástico constituinte destes tubos (PPR) é um copolímero de polipropileno com etileno (numa percentagem máxima de 8%), correntemente designado por polipropileno “random” pois ambos os monómeros da olefina se encontram distribuídos ao longo da cadeia molecular de forma aleatória.

O LNEC tem acompanhado o desenvolvimento destes produtos e existe interesse por parte de alguns fabricantes em efetuar a homologação necessária para a sua comercialização no mercado nacional.

Nesse sentido, foi previsto no projeto de investigação programada P2I do LNEC, intitulado “Comportamento e desempenho de produtos plásticos, materiais poliméricos com reciclados e bio-compósitos com aplicação na construção (ECOPOL)”, uma atividade designada “Desenvolvimento de métodos de avaliação do desempenho e durabilidade de tubagem de material plástico”, que integra uma tarefa que visa o estabelecimento do critério para avaliação da aptidão ao uso de sistemas de tubagem de PPR-FV-PPR.

Na circunstância, esta publicação tem por objetivo apresentar o critério atualmente seguido pelo LNEC para concessão de homologação com certificação, bem como para o controle periódico da qualidade, aos sistemas de tubagem de copolímero polipropileno estatístico (“random”) com camada intermédia reforçada com fibras de vidro, designado pela sigla PPR-FV-PPR. Estes sistemas de tubagem podem ter diversas aplicações, nomeadamente as seguintes:

1. distribuição de água quente e fria, destinada ao consumo humano;
2. instalações de aquecimento a pressão e temperaturas de projeto de acordo com a classe de aplicação;
3. condução de água para instalações automáticas de extinção de incêndio por água.

Este documento define ainda os requisitos a adotar pelo fabricante para a realização do seu controlo interno da qualidade, pois a concessão de homologação com certificação, bem como o controle periódico da qualidade de um sistema de tubagem, pressupõe não só que os tubos e acessórios apresentem características que satisfaçam as exigências impostas pelo LNEC, para a concessão e

manutenção da homologação, como também que os fabricantes dos tubos e acessórios tenham implementado um sistema de controlo da qualidade que cumpra os requisitos do LNEC.

O critério que se apresenta, contendo as características e as especificações a que estes sistemas devem obedecer, de modo a garantir uma adequada aptidão ao uso, baseia-se na experiência do LNEC neste domínio de atividade e tem em consideração a série de normas NP EN ISO 15874 relativa a sistemas de tubagem de polipropileno, bem como a norma EN 15015.

A inexistência de curvas de referência de tensão hidrostática e respetivos limites inferiores de confiança, σ_{LCL} , para uma dada temperatura e tempo, calculadas para tubos de PPR-FV-PPR de acordo com a norma EN ISO 9080, não permite estabelecer características específicas para este tipo de tubos, mantendo-se portanto os requisitos dimensionais destes equivalentes aos estabelecidos para os tubos de PPR não reforçados. Embora não seja possível definir com rigor a melhoria na resistência à pressão dos tubos reforçados, que permita definir também a redução da sua espessura para obter um desempenho equivalente ao dos tubos não reforçados, sabe-se que aqueles sofrem uma menor variação dimensional, por efeito da temperatura, do que estes, o que se traduz numa redução de folgas e de pontos de fixação nas instalações, estabelecendo uma vantagem prática significativa.

Para além das exigências relativas ao sistema da qualidade seguido pelo fabricante e às características dos tubos, acessórios e uniões, é igualmente importante assegurar que o armazenamento, o transporte, o manuseamento, a instalação e as condições de serviço dos produtos são os adequados à boa prática da engenharia civil. Por isso, no texto do documento de homologação incluem-se, para além da apreciação do sistema de qualidade e das características dos produtos, informação relativa àqueles aspetos.

1.2 Organização do documento

O presente relatório apresenta a seguinte organização:

- O Capítulo 1 constitui a presente introdução;
- No Capítulo 2 apresenta-se a descrição geral de um sistema de tubagem de PPR-FV-PPR típico;
- No Capítulo 3 apresenta-se uma súmula da documentação de suporte necessária para a concessão da homologação;
- No Capítulo 4 descrevem-se as características exigidas aos tubos e uniões que devem ser verificadas pelo sistema da qualidade do fabricante e apreciadas no LNEC para efeitos da concessão e acompanhamento da homologação;

- Nos Capítulos 5 e 6 apresentam-se as características e as especificações a que estes sistemas devem obedecer, de modo a garantir uma adequada aptidão ao uso (faz-se a descrição das condições dos ensaios realizados no LNEC e pelo fabricante);
- No Capítulo 7 apresentam-se as condições de serviço;
- No Capítulo 8 apresentam-se algumas recomendações relativas às condições de transporte, manuseamento e instalação dos produtos em causa;
- No Capítulo 9 faz-se referência às limitações dos sistemas de tubagem para condução de água para instalações automáticas de extinção de incêndio por água;
- No Capítulo 10 apresentam-se os requisitos do controle de qualidade interno a que o fabricante deve obedecer para concessão e manutenção da homologação por parte do LNEC;
- Finalmente, no Capítulo 11 apresentam-se os critérios de amostragem a realizar pelos técnicos do LNEC nas campanhas de recolha, para efeitos de controlo periódico da qualidade a realizar no LNEC, no âmbito da concessão e manutenção da homologação com certificação.

2 | Descrição geral

O polipropileno reforçado com fibra de vidro (PPRFV) apresenta diversas vantagens em relação ao material termoplástico PPR não reforçado:

- Maior estabilidade dimensional;
- Boa resistência à fratura e ao impacto a baixas temperaturas;
- Maior durabilidade em aplicações a temperatura elevada.

Os tubos de PPR reforçado com fibras de vidro são tubos constituídos por copolímero de polipropileno estatístico normal, possuindo uma camada intermédia de fibras de vidro. Na circunstância, os tubos possuem 3 camadas: externa de PPR, intermédia de PPR + fibra de vidro e interna de PPR (fig. 2.1). A camada intermédia de PPR com fibra de vidro está completamente ligada às duas outras camadas de PPR (interior e exterior), pelo que nunca ocorre separação (como pode acontecer com alguns tubos de multicamada que possuem uma camada intermédia de alumínio).

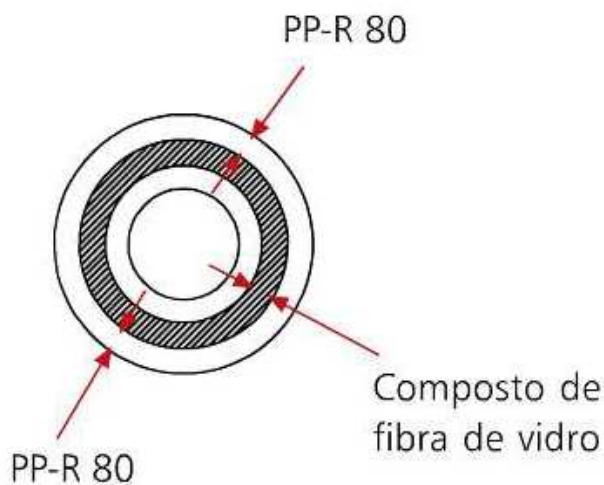


Figura 2.1 – Representação esquemática da composição das paredes de um tubo PPR-FV-PPR

Em consequência desta característica, os tubos de PPR-FV-PPR apresentam uma menor dilatação térmica (similar à dos tubos metálicos, ou seja cerca de 8 vezes inferior à dos tubos de PPR normal), em condições de serviço a uma temperatura entre 70 a 95°C, quando comparado com o PPR normal. Esta característica permite aumentar as distâncias entre suportes/abraçadeiras de fixação e assim reduzir as juntas de dilatação.

A resistência mecânica dos tubos de PPR-FV-PPR é também maior do que a dos de PPR, nomeadamente a tensão de cedência em tração, a resistência ao impacto e a resistência à pressão interna.

Porém, as propriedades dos compósitos de polipropileno reforçado com fibra de vidro dependem muito do teor de fibra de vidro correspondente, sendo habitual este não exceder os 60%, bem como da respetiva orientação das fibras (entre 0 e 90°). Em virtude desta variabilidade, a sua resistência à ação da pressão interior a longo prazo tem de ser avaliada caso a caso, ou seja, por cada fabricante, o que implica um esforço económico significativo. Caso essa avaliação não seja feita, assume-se para os tubos de PPR-FV-PPR a resistência hidrostática característica dos sistemas de PPR não reforçados, perdendo-se assim parte da mais-valia que resulta do reforço do polímero com fibras de vidro, limitando-se a melhoria introduzida no produto a uma menor dilatação térmica.

A união entre tubos pode fazer-se mediante soldadura topo a topo ou com acessórios de PPR termosoldáveis ou eletrosoldáveis.

A utilização de tubos de PPR-FV-PPR em canalizações de distribuição de água quente e fria, em sistemas de aquecimento ou em condução de água para instalações de controlo de propagação de fogo por água, através de aspersores automáticos, em edifícios, é considerada uma solução construtiva não tradicional e, conseqüentemente, a apreciação da qualidade destes produtos está abrangida pela homologação do LNEC [Decreto Lei nº 50/2008, Artº 17º].

Os requisitos aqui apresentados para a concessão de homologação pelo LNEC dizem respeito a um sistema constituído por tubos, acessórios e suas uniões, uma vez que todos estes componentes fazem parte integrante da canalização, condicionando assim a sua qualidade.

3 | Documentação de suporte para a concessão da homologação

Para proceder à concessão da homologação é exigida ao fabricante diversa documentação relativa ao sistema de qualidade, nomeadamente:

1. manual da qualidade;
2. procedimentos de ensaio;
3. procedimento relativo à forma de atuação em caso de não conformidades;
4. lista de equipamentos usados no controle de qualidade;
5. plano de calibração e de ensaios;
6. registos de ensaio do controlo interno de pelo menos 3 meses.

É também requerida informação relativa à descrição técnica sobre os produtos, acondicionamento, transporte e sua instalação. Deverá também ser dada informação sobre o apoio disponibilizado ao instalador.

4 | Requisitos do sistema da qualidade do fabricante

O fabricante dos tubos e/ou dos acessórios deverá ter implementado um sistema de qualidade que garanta a satisfação dos seguintes requisitos:

- existência de um procedimento para assegurar a conformidade das matérias primas com as especificações do fornecedor, nomeadamente mediante controle regular da qualidade evidenciado através dos respetivos registos;
- realização de ações de controlo da qualidade e inspeções durante o processo de fabrico, as quais devem ser devidamente registadas;
- realização de ações de controlo da qualidade dos produtos finais, após a produção, nomeadamente ensaios de verificação de produto;
- existência de um procedimento para assegurar a preservação dos produtos finais, nomeadamente no que se refere à sua identificação, manuseamento, embalagem e expedição;
- existência de um procedimento de controlo, identificação e segregação de produtos não conformes;
- existência de um programa de calibração e de verificação do equipamento de medição e de execução dos ensaios laboratoriais de controlo da qualidade;
- existência de critérios de tratamento e validação dos resultados das calibrações e verificações;
- existência de um procedimento de tratamento de não conformidades e de implementação de ações corretivas;
- existência de um procedimento de tratamento de reclamações.

Os requisitos do controlo da qualidade dos produtos finais a que o fabricante deve obedecer, quer para efeitos de concessão da homologação quer para efeitos da sua manutenção, são indicados no Capítulo 9. A satisfação dos outros aspetos atrás referidos é verificada, durante as auditorias realizadas na fábrica, por técnicos do LNEC.

5 | Caraterísticas a apreciar

As caraterísticas a apreciar, tendo em consideração a natureza do material constituinte, as condições de processamento, as condições de utilização e a exigência de um comportamento adequado a longo prazo (que normalmente se fixa num período mínimo de 50 anos¹), são as que a seguir se indicam:

5.1 Material constituinte

- Teor de fibra de vidro
- Índice de fluidez do copolímero PPR
- Estabilidade termoxidativa do copolímero PPR por calorimetria diferencial de varrimento

5.2 Tubos

- Aspeto
- Dimensões
- Marcação
- Opacidade (se declarada)
- Resistência à ação da pressão interior (20°C/1 h; 95°C/22 h; 95°C/165 h e 95°C/1000 h)
- Estabilidade térmica mediante ensaio de pressão interior (110°C/8760 h)
- Resistência ao impacto Charpy
- Deformação longitudinal a quente
- Índice de fluidez²
- Estabilidade termoxidativa
- Efeito sobre a qualidade da água³
- Ensaio de reação ao fogo e respetiva classificação⁴

¹: A tensão de dimensionamento hidrostático é definida como a tensão circunferencial máxima, resultante de pressão interna no tubo que o material suporta sem rutura, durante pelo menos 50 anos, a 20°C. Esta característica é obtida por extrapolação das curvas de regressão de tensão circunferencial em função do tempo e da temperatura, conforme fig. 6.1.

²: Esta caracterização deve ser realizada exclusivamente nas camadas externa e interna dos tubos (isentas de fibras de vidro).

³: O provete de ensaio deve ser constituído por um troço de tubo contendo acessórios.

⁴ Apenas no caso de tubos e acessórios para sistemas de extinção automática de incêndio por água. Nesse caso a montagem deve incluir tubos e acessórios.

5.3 Acessórios

5.3.1 Acessórios plásticos constituídos pelo mesmo material dos tubos (PPR ou PPR-FV-PPR)

- Aspeto
- Dimensões
- Marcação
- Resistência à ação da pressão interior (20°C/1h/16 MPa e 95°C/1000 h/3,5 MPa)
- Índice de fluidez
- Estabilidade termoxidativa
- Efeito sobre a qualidade da água

5.3.2 Acessórios plásticos constituídos por composto ou material plástico diferente do dos tubos

- Aspeto
- Dimensões
- Marcação
- Resistência à ação da pressão interior (20°C/1h/16 MPa e 95°C/1000 h/3,5 MPa)
- Índice de fluidez (apenas em poliolefinas ou termoplásticos previstos na norma ISO 1133)
- Estabilidade termoxidativa (apenas em poliolefinas)
- Efeito sobre a qualidade da água
- Limite inferior de confiança à resistência hidrostática a longo prazo
- Estabilidade térmica (110 °C/8760 h)

5.3.3 Acessórios metálicos

- Em conformidade com a norma EN 1254-3

5.4 Uniões

- Resistência à ação da pressão interior
- Ensaio de ciclos térmicos
- Ensaio de tração

Critério para avaliação da aptidão ao uso

- Ensaio de ciclos de pressão⁵
- Ensaio de curvatura sob pressão interior⁶
- Ensaio de estanquidade sob vácuo⁶

⁵ : Ensaio só aplicável a uniões mecânicas.

⁶ : Apenas no caso de tubos e acessórios para sistemas de extinção automática de incêndio por água. Nesse caso a montagem deve incluir tubos e acessórios.

6 | Especificações

6.1 Material constituinte

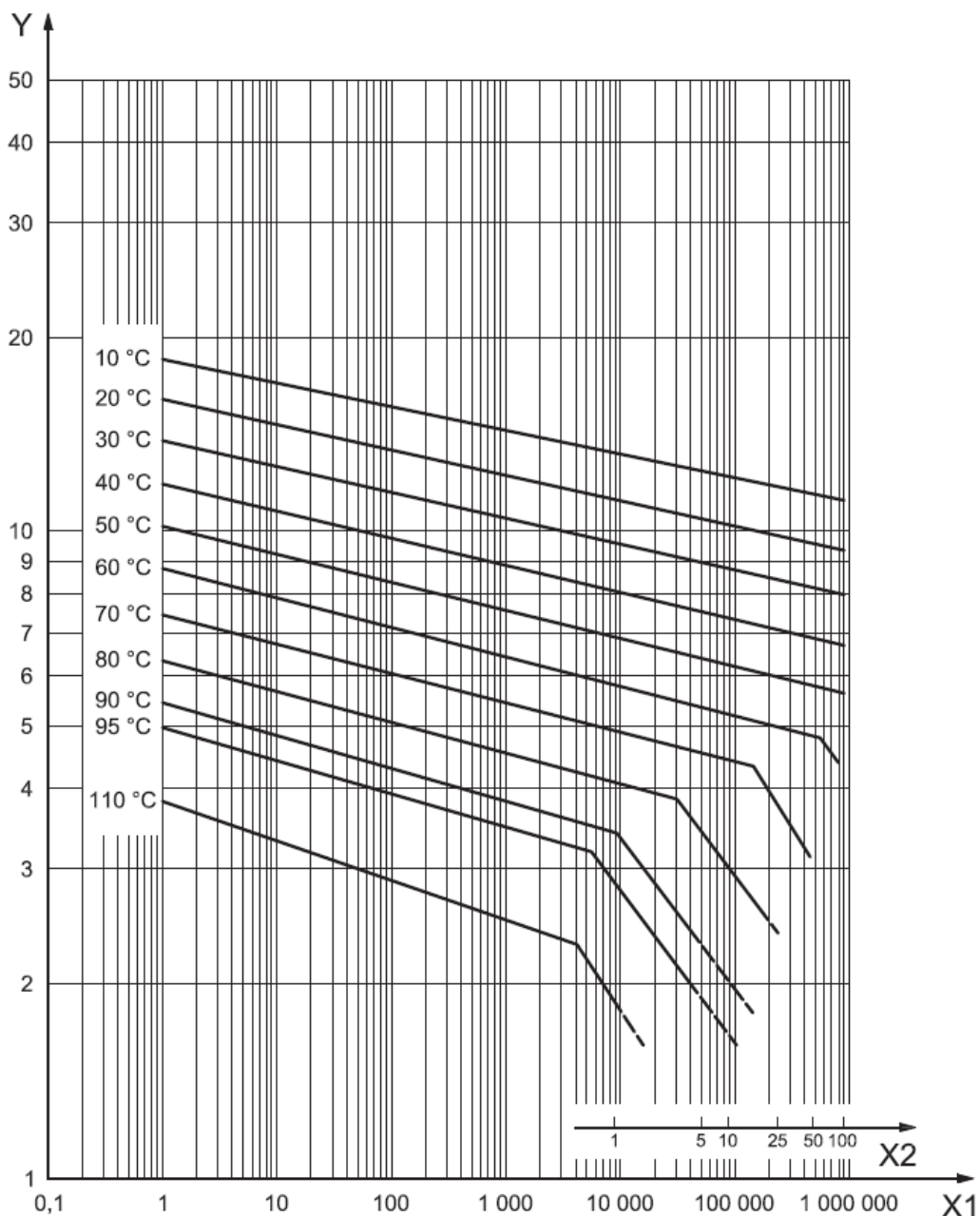
As camadas externa e interna dos tubos, assim como os acessórios, são fabricados com copolímero de polipropileno estatístico (PPR), aditivado com antioxidantes, pigmentos e outros aditivos indispensáveis ao processamento. O polipropileno estatístico, correntemente designado por polipropileno “random” (PPR), é um copolímero de propileno com etileno, existindo este último numa percentagem máxima de 8%. Ambos os monómeros da olefina se encontram distribuídos ao longo da cadeia molecular de forma aleatória, o que justifica a designação “random”.

Como os tubos têm uma camada intermédia de PPR contendo fibra de vidro, estes deveriam ser avaliados, tal como nos restantes tipos de tubagens com as mesmas utilizações, quanto à sua resistência à ação da pressão interior a longo prazo. Para esse efeito, os tubos deveriam ser sujeitos a ensaios de pressão interior constante, a diferentes temperaturas, de acordo com o método descrito na série de normas NP EN ISO 1167. A partir dos resultados obtidos deveria determinar-se a resistência à pressão hidrostática, σ_{LCL} (limite inferior de confiança, a 95%, da resistência hidrostática a longo prazo), de acordo com a norma EN ISO 9080. Os valores encontrados para σ_{LCL} seriam obviamente superiores aos valores correspondentes às curvas de regressão de referência do PPR.

Em caso de não ser possível, por motivos técnicos e económicos, seguir este procedimento, devem adotar-se as curvas de referência típicas do PP-R (Figura 6.1).

O material (PPR) usado no fabrico de tubos e acessórios de PPR-FV-PPR deve também ser caracterizado pelo seu índice de fluidez, de acordo com a norma NP EN ISO 1133-1.

Devido ao facto do sistema de tubagem se encontrar em contacto com água que pode ser utilizada no consumo humano, é necessário ainda comprovar a inexistência de efeitos nocivos na qualidade da água, incluindo os parâmetros organoléticos (cor, turvação, cheiro e sabor), de higiene (carbono orgânico total) e pesquisa de parâmetros com origem na migração de aditivos, determinados de acordo com a norma NP EN 12873-1, abrangendo assim os parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto.



Legenda:

Y = tensão circunferencial σ , em MPa

X1 = tempo até à rotura, em h

X2 = tempo até à rotura, em anos

Figura 6.1 – Curvas de referência para o PPR, correspondentes às temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 e 110°C (válidas para PPR-FV-PPR)

No caso do material constituinte dos acessórios em material plástico incluir polímero de PPR de composição diferente do utilizado na constituição do tubo, ou incluir outro polímero que não o PPR, os acessórios devem satisfazer ainda os requisitos adicionais indicados no ponto 4.1.2 da norma NP EN ISO 15874-3 e referidos no ponto 5.3.2 deste relatório.

No caso do material constituinte dos acessórios incluir materiais metálicos, estes devem satisfazer os requisitos indicados na norma EN 1254-3, nomeadamente no que se refere ao ensaio de deszincificação segundo a norma ISO 6957 e ao ensaio de resistência à corrosão induzida por diferenças de tensão segundo a norma NP EN ISO 6509.

6.2 Tubos

6.2.1 Aspeto

Quando observadas à vista desarmada, as superfícies interior e exterior dos tubos devem ser lisas, livres de riscos e estrias, cavidades ou outros defeitos.

O material constituinte dos tubos não deve apresentar falta de homogeneidade ou descoloração.

Os topos dos tubos devem ser lisos e cortados perpendicularmente ao seu eixo longitudinal.

O tubo não deve apresentar cavidades ou bolhas no interior das paredes, quando cortados em secções longitudinais ou transversais.

6.2.2 Dimensões

As dimensões devem ser medidas de acordo com a norma EN ISO 3126.

As dimensões dos tubos (diâmetro e espessura) estão relacionadas com o valor das séries calculadas para os tubos, S_{calc} , e com a tensão hidrostática, σ , pelas seguintes relações:

$$S_{cal} = \frac{d_n - e_n}{2e_n} \quad (1)$$

em que d_n é o diâmetro nominal exterior do tubo, expresso em mm, e e_n é a espessura nominal da parede do tubo, expressa em mm.

$$\sigma = p \cdot \frac{(d_{em} - e_{min})}{2e_{min}} \quad (2)$$

em que σ é a tensão, expressa em MPa, induzida na parede interior do tubo quando é submetido à ação da pressão da água, p é a pressão aplicada da água, expressa em MPa, d_{em} é o diâmetro exterior médio do tubo, expresso em mm, e e_{min} é a espessura mínima da parede do tubo, expressa em mm.

Os diâmetros e espessuras dos tubos de PPR, em função da respetiva série, estão apresentados no Quadro 6.1, de acordo com o critério estabelecido na norma ISO 4065. Estes valores são também válidos para o PPR-FV-PPR. A classificação das condições de serviço e as classes de aplicação indicam-se no ponto 7 do presente relatório.

Quadro 6.1 – Dimensões dos tubos aplicáveis a todas as classes de aplicação

Diâmetro nominal DN	Diâmetro exterior nominal Dn	Diâmetro exterior médio ⁷		Série do tubo			
		d _{e, min}	d _{e, max}	S 5	S 3,2	S 2,5	S 2
				Espessura da parede do tubo, e _{min} (=e _n)			
12	12	12,0	12,3	1,8	1,8	2,0	2,4
16	16	16,0	16,3	1,8	2,2	2,7	3,3
20	20	20,0	20,3	1,9	2,8	3,4	4,1
25	25	25,0	25,3	2,3	3,5	4,2	5,1
32	32	32,0	32,3	2,9	4,4	5,4	6,5
40	40	40,0	40,4	3,7	5,5	6,7	8,1
50	50	50,0	50,5	4,6	6,9	8,3	10,1
63	63	63,0	63,6	5,8	8,6	10,5	12,7
75	75	75,0	75,7	6,8	10,3	12,5	15,1
90	90	90,0	90,9	8,2	12,3	15,0	18,1
110	110	110,0	111,0	10,0	15,1	18,3	22,1
125	125	125,0	126,2	11,4	17,1	20,8	25,1
140	140	140,0	141,3	12,7	19,2	23,3	28,1
160	160	160,0	161,5	14,6	21,9	26,6	32,1

No Quadro 6.2 apresentam-se os valores das tolerâncias na espessura das paredes dos tubos.

⁷: Valor da medida do perímetro da circunferência exterior do tubo ou do terminal macho dum acessório, em qualquer secção reta, dividida por π ($\approx 3,142$), arredondado a 0,1 mm por excesso

Quadro 6.2 – Tolerâncias na espessura da parede do tubo, em mm

Espessura mínima da parede, e_{min}		Tolerância, X^8	Espessura mínima da parede, e_{min}		Tolerância, X^8
>	≤		>	≤	
1,0	2,0	0,3	17,0	18,0	1,9
2,0	3,0	0,4	18,0	19,0	2,0
3,0	4,0	0,5	19,0	20,0	2,1
4,0	5,0	0,6	20,0	21,0	2,2
5,0	6,0	0,7	21,0	22,0	2,3
6,0	7,0	0,8	22,0	23,0	2,4
7,0	8,0	0,9	23,0	24,0	2,5
8,0	9,0	1,0	24,0	25,0	2,6
9,0	10,0	1,1	25,0	26,0	2,7
10,0	11,0	1,2	26,0	27,0	2,8
11,0	12,0	1,3	27,0	28,0	2,9
12,0	13,0	1,4	28,0	29,0	3,0
13,0	14,0	1,5	29,0	30,0	3,1
14,0	15,0	1,6	30,0	31,0	3,2
15,0	16,0	1,7	31,0	32,0	3,3
16,0	17,0	1,8	32,0	33,0	3,4

⁸ : A tolerância da espessura da parede do tubo é expressa na forma $\overset{+X}{mm}$, onde X é o valor da tolerância dada na tabela.

Aplicando o método indicado no Anexo A da norma NP EN ISO 15874-2, pode determinar-se o valor máximo da série calculada, $S_{calc, max}$. Estes valores apresentam-se, para o PPR, no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Valores do parâmetro $S_{calc, max}$ para o PPR (válido para PPR-FV-PPR)

Pressão de projeto, P_D (bar ⁹)	Classe de aplicação			
	1	2	4	5
	$S_{calc, max}$ ¹⁰			
4	6,9 ¹¹	5,3	6,9 ¹¹	4,7
6	5,0	3,5	5,5	3,2
8	3,8	2,6	4,1	2,4
10	3,0	2,1	3,3	1,9

6.2.3 Marcação

A tubagem deve possuir uma marcação indelével, metro a metro, contendo pelo menos os seguintes elementos:

- identificação do fabricante e /ou designação comercial;
- identificação do material, usando a sigla PPR-FV-PPR;
- diâmetro e espessura nominais;
- classe dimensional do tubo;
- classe de aplicação combinada com a pressão de serviço¹²;

⁹ : 1 bar = 10^5 N/mm² = 0,1 MPa

¹⁰ : Os valores calculados foram arredondados à primeira casa decimal mais próxima.

¹¹ : Calculado para σ_{old}/P_D

¹² : Esta indicação permite identificar a temperatura máxima de serviço e a correspondente pressão máxima a essa temperatura. A pressão de serviço é função da série, S, do tubo e, conseqüentemente, da respetiva espessura nominal.

Critério para avaliação da aptidão ao uso

- opacidade (se declarada pelo fabricante);
- data de fabrico ou código que a identifique, bem como outra informação necessária para rastrear o tubo (por exemplo, lote, referência de produção ou fabrico, nº da linha de extrusão, etc.);
- código que identifique o local de fabrico, no caso de os tubos serem fabricados em mais do que uma fábrica;
- a sigla LNEC DH seguida do nº que for atribuído à homologação¹³.

6.2.4 Resistência à pressão interior

Em termos de ensaios de controlo da qualidade, os tubos de PPR-FV-PPR devem suportar, sem rotura, as condições indicadas no Quadro 6.4. Os ensaios são realizados com água no interior dos tubos, à pressão preconizada. O condicionamento a 20°C deve ser efetuado num tanque com água, mantida àquela temperatura. O ensaio a 95°C pode ser realizado num tanque com água, mas é preferível que o ensaio seja executado em estufa com ar àquela temperatura. O ensaio a 110°C é efetuado numa estufa com ar àquela temperatura. Este ensaio, quando realizado durante 8760 h à tensão de 1,9 MPa, é também designado por “ensaio de estabilidade térmica”. O método de ensaio é o descrito na norma NP EN ISO 1167-2.

Quadro 6.4 – Condições de ensaio de pressão interior de tubos de PPR-FV-PPR

Requisito	Temperatura, °C	Duração, horas	Número de provetes ¹⁴	Tensão circunferencial na parede do tubo, MPa
Sem rotura	20	1	3	16,0
	95	22	3	4,3
	95	165	3	3,8
	95	1000	3	3,5

¹³ : Este requisito é imposto pelo LNEC e identifica o tubo como estando homologado pelo LNEC.

¹⁴ : No caso de tubos com diâmetro nominal acima de 250 mm e quando os meios experimentais não permitirem ensaiar 3 provetes, pode ensaiar-se apenas um provete.

6.2.5 Resistência ao impacto Charpy

Os tubos de PPR-FV-PPR devem apresentar uma percentagem de rotura inferior a 10%, quando ensaiado um mínimo de 10 provetes, à temperatura de 0°C, de acordo com o método descrito na norma ISO 9854-2.

6.2.6 Índice de fluidez

O índice de fluidez do PPR, *MFR*, a partir do qual os tubos são fabricados (excluindo a camada intermédia reforçada com fibras de vidro), é determinado de acordo com o método descrito na norma NP EN ISO 1133-1, devendo respeitar os seguintes limites:

- $MFR \pm 0,5$ g/10 min, quando determinado à temperatura de 230°C, com uma massa de 2,16 kg;
- $MFR \pm 1,0$ g/10 min, quando determinado à temperatura de 190°C, com uma massa de 5,0 kg.

6.2.7 Deformação longitudinal a quente

O valor do índice de fluidez do tubo (média de 3 provetes) não deve diferir mais do que 40% do valor do índice de fluidez do material do qual foi fabricado, utilizando em ambas as determinações as mesmas condições de ensaio (230/2,16 ou 190/5,0)¹⁵.

Os tubos de PPR-FV-PPR não devem apresentar uma deformação longitudinal a quente superior a 1% (média de 3 provetes), quando ensaiados de acordo com o método descrito na norma NP EN ISO 2505, considerando as condições experimentais indicadas na norma NP EN ISO 15874-2 para o PPR, a qual preconiza que o ensaio se realize à temperatura de $(135 \pm 2)^\circ\text{C}$, sendo os tempos de ensaio e de condicionamento médio definidos em função da espessura do tubo¹⁶.

6.3 Acessórios

6.3.1 Aspeto

Quando observadas à vista desarmada, as superfícies interior e exterior dos acessórios devem ser lisas, livres de riscos e estrias, cavidades ou outros defeitos.

O material constituinte dos acessórios não deve apresentar falta de homogeneidade ou descoloração.

Os acessórios não devem apresentar cavidades ou bolhas no interior das paredes, quando cortados em secções longitudinais ou transversais.

¹⁵ Este valor é habitualmente de 30%, mas no caso dos tubos em questão aceita-se um desvio superior devido à presença de pigmentos verde e azul na formulação, que conduzem sempre a desvios superiores a 30% em relação à matéria prima não pigmentada.

¹⁶ : 1 h ($e_n \leq 8$ mm), 2 h ($8 \text{ mm} < e_n \leq 16$ mm) e 4 h ($e_n > 16$ mm)

6.3.2 Características geométricas

Os abocardos podem ser de dois tipos, conforme exijam (tipo B) ou não (tipo A) maquinação da superfície exterior do tubo. As dimensões relevantes dos abocardos dos acessórios (Figura 6.2) de PPR são dadas nos Quadros 6.5 e 6.6, sendo estas dimensões também válidas para o PPR-FV-PPR. O LNEC poderá aprovar outras dimensões se o fabricante evidenciar que o bom desempenho dos acessórios não é afetado.

As dimensões devem ser medidas de acordo com a norma EN ISO 3126.

Quadro 6.5 – Dimensões dos abocardos tipo A dos tubos de PPR-FV-PPR, em mm

Diâmetro nominal, d_n	L_{min}	L_{1min}	2_{min}	R	D_1		D_2		D_3
					min	máx	min	máx	min
16	13,0	13,0	9,5	2,5	15,2	15,5	15,1	15,4	11,2
20	14,5	14,5	11,0	2,5	19,2	19,5	19,0	19,3	15,2
25	16,0	16,0	12,5	2,5	24,2	24,5	23,9	24,3	19,4
32	18,0	18,0	14,5	3,0	31,1	31,5	30,9	31,3	25,0
40	20,5	20,5	17,0	3,0	39,0	39,4	38,8	39,2	31,4
50	23,5	23,5	20,0	3,0	48,9	49,4	48,7	49,2	39,4
63	27,5	27,5	24,0	4,0	61,9	62,5	61,6	62,1	49,8
70	30,0	30,0	26,0	4,0	73,4	74,7	72,6	73,6	59,4
90	33,0	33,0	29,0	4,0	88,2	89,7	87,4	88,4	71,6
110	37,0	37,0	32,5	4,0	108,0	109,7	107,0	108,2	87,6
125	40,0	40,0	35,0	4,0	122,4	124,6	121,5	123,0	99,7

Legenda do Quadro 6.5:

L_{min} : comprimento de referência do abocardo, usado para efeitos de cálculo

L_1 : comprimento do abocardo, cujo valor mínimo deve ser L_{min} .

L_2 : comprimento do abocardo que é posto em contacto com a ferramenta de aquecimento

R: raio de curvatura máximo do abocardo, em mm

d_n : diâmetro exterior nominal;

D_1 : diâmetro médio interior à entrada da boca do abocardo;

D_2 : diâmetro médio interior à distância L_{min} da entrada do abocardo;

D_3 : diâmetro interior mínimo no corpo do acessório.

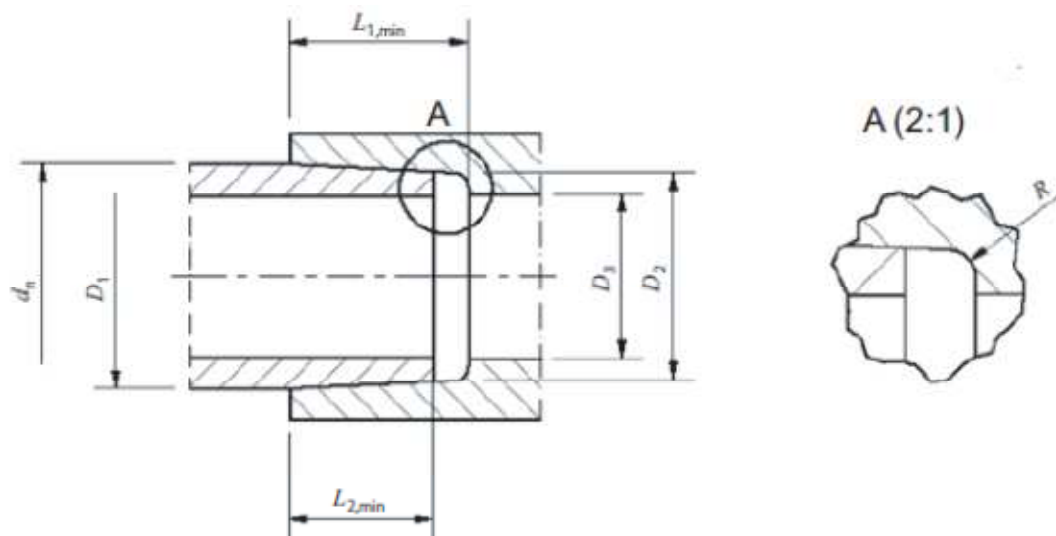


Figura 6.2 – Representação esquemática das características geométricas dos abocardos, com indicação das dimensões relevantes

Quadro 6.6 – Dimensões dos abocardos tipo B dos tubos de PPR-FV-PPR, em mm

Diâmetro nominal, d_n	L_{min}	L_{1min}	L_{2min}	R	D_1		D_2		D_3
					min	máx	min	máx	min
16	13,3	13,3	9,5	2,5	15,2	15,5	15,1	15,4	11,2
20	14,5	14,5	11,0	2,5	19,2	19,5	19,0	19,3	15,2
25	16,0	16,0	12,5	2,5	24,2	24,5	23,9	24,3	19,4
32	18,0	18,0	14,5	3,0	31,1	31,5	30,9	31,3	25,0
40	20,5	20,5	17,0	3,0	39,0	39,4	38,8	39,2	31,4
50	23,5	23,5	20,0	3,0	48,9	49,4	48,7	49,2	39,4
63	27,5	27,5	24,0	4,0	61,9	62,5	61,6	62,1	49,8
70	31,0	31,0	27,5	4,0	73,7	74,2	73,4	73,9	59,4
90	35,5	35,5	32,0	4,0	88,6	89,2	88,2	88,8	71,6
110	41,5	41,5	38,0	4,0	108,4	109,0	108,0	108,6	87,6
125	46,5	46,5	43,0	4,0	122,7	123,9	122,3	123,5	99,7

Legenda do Quadro 6.6: igual à do Quadro 6.5

6.3.3 Marcação

Os acessórios devem possuir uma marcação indelével, contendo pelo menos os seguintes elementos:

- identificação do fabricante e /ou designação comercial;
- identificação do material, usando a sigla PPR-FV-PPR;
- diâmetro nominal;
- classe de aplicação combinada com a pressão de serviço;
- data de fabrico ou código que a identifique, bem como outra informação necessária para rastrear o acessório.

No caso de o acessório ser fabricado em mais do que uma fábrica, deve ser introduzido na marcação um código que identifique o local de fabrico.

6.3.4 Resistência à pressão interior

Os acessórios de PPR-FV-PPR devem suportar, sem rotura, as mesmas condições que são exigidas aos tubos com eles instalados (Quadro 6.4) e são ensaiados juntamente com os tubos, nas condições indicadas em 6.4.1.

6.3.5 Índice de fluidez

O índice de fluidez dos acessórios é determinado de acordo com o método descrito na norma NP EN ISO 1133-1, não devendo diferir mais do que 30% do valor do índice de fluidez (média de 3 provetes) do material a partir do qual foram fabricados, utilizando em ambas as determinações as mesmas condições de ensaio (230/2,16 ou 190/5,0).

6.3.6 Características do material dos componentes metálicos dos acessórios de transição

As características dos componentes metálicos dos acessórios de transição devem satisfazer as exigências que constam da norma EN 1254-3, nomeadamente no que se refere ao ensaio de resistência à deszincificação realizado de acordo com a norma NP EN ISO 6509-1 e ao ensaio de resistência à corrosão induzida por diferenças de tensão.

As ligas contendo mais do que 10% de zinco devem cumprir os requisitos de resistência à deszincificação definidos na norma atrás referida.

6.4 Sistema. Uniões entre os tubos e os acessórios

A ligação entre os tubos e os acessórios de PPR-GP-PPR é feita maioritariamente por soldadura topo-a-topo, mas existe também a possibilidade desta ligação se fazer de forma mecânica ou por eletrofusão. No caso da soldadura, produz-se a fusão das superfícies exterior do tubo e interior do

acessório e em seguida introduz-se a ponta do tubo no abocardo do acessório, realizando-se deste modo a respetiva ligação soldada.

No caso de acessórios metálicos, a ligação é do tipo mecânica.

6.4.1 Resistência à pressão interior

A resistência à pressão interior das uniões entre os tubos e os acessórios deve ser tal que, quando ensaiadas nas mesmas condições dos tubos (Quadro 6.7), não apresentem rotura ou falta de estanquidade.

Quadro 6.7 – Determinação da pressão de ensaio para o sistema de PPR-FV-PPR

	Classe de aplicação			
	1	2	4	5
Temperatura de serviço max., T_{max} , em °C	80	80	70	90
Tensão de serviço do material do tubo, σ_{DP} , em MPa	3,02	2,12	3,29	1,89
Temperatura de ensaio ^{a)} , T_{ensaio} , em °C	95	95	80	95
Duração do ensaio, t , em h	1000	1000	1000	1000
Tensão hidrostática do material do tubo, σ_P , em MPa	3,5	3,5	4,6	3,5
Pressão de ensaio, p_J , em bar, para uma pressão de serviço p_D , de:				
4 bar	5,1 ^{b)}	6,6 ^{b)}	6,6 ^{b)}	7,4
6 bar	7,0	9,9	8,3	11,1
8 bar	9,3	13,2	11,1	14,8
10 bar	11,6	16,5	13,9	18,5
Número de provetes	3	3	3	3

a) Geralmente a temperatura de ensaio mais elevada é igual a $(T_{max} + 10)$ °C com um limite superior de 95 °C. Contudo, tendo em conta as instalações de ensaio existentes, a temperatura de ensaio para as classes 1 e 2 é fixada em 95 °C. As tensões hidrostáticas correspondem às temperaturas de ensaio dadas.

b) Sendo o requisito de 20 °C, 10 bar, 50 anos, água fria, o mais elevado, esta condição determina este valor.

A pressão de ensaio, p_J , para um período sem falha e uma temperatura de ensaio determinados, deve ser calculada pela seguinte equação:

$$p_J = p_D \times \frac{\sigma_P}{\sigma_{DP}} \quad (3)$$

em que p_J é a pressão hidrostática de ensaio, em bar, a ser aplicada à união durante o ensaio; σ_P é o valor da tensão hidrostática, em MPa, para o material do tubo correspondente aos dados de período sem falha/ temperatura de ensaio indicados no Quadro 6.6; σ_{DP} é o valor da tensão de serviço, em MPa, para o material do tubo como determinado para cada classe e p_D é a pressão de serviço de 4 bar, 6 bar, 8 bar ou 10 bar, conforme aplicável.

6.4.2 Ensaio de curvatura

A união não deve apresentar fugas, quando os ensaios são realizados conformes com a NP EN ISO 3503, com a pressão indicada no Quadro 6.8, nas condições de 20°C/1h e um raio de curvatura igual ao raio mínimo de curvatura recomendado pelo fabricante.

Este ensaio aplica-se só a tubos com diâmetro nominal superior ou igual a 32 mm.

Quadro 6.8 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de curvatura para o PPR-FV-PPR

	Classe de aplicação			
	1	2	4	5
Temperatura de serviço max., T_{max} , em °C	80	80	70	90
Tensão de serviço do material do tubo, σ_{DP} , em MPa	3,02	2,12	3,29	1,89
Temperatura de ensaio ^{a)} , T_{ensaio} , em °C	20	20	20	20
Duração do ensaio, t, em h	1	1	1	1
Tensão hidrostática do material do tubo, σ_P , em MPa	16	16	16	16
Pressão de ensaio, p_J , em bar, para uma pressão de serviço p_D , de:				
4 bar	23,1 ^{a)}	30,3	23,1 ^{a)}	33,9
6 bar	31,8	45,4	29,2	50,8
8 bar	42,5	60,5	38,9	67,7
10 bar	53,1	75,6	48,7	84,6
Número de provetes	3	3	3	3

a) Sendo o requisito de 20 °C, 10 bar, 50 anos, água fria, o mais elevado esta condição determina este valor

6.4.3 Ensaio de arrancamento por tração

Quando ensaiadas de acordo com a norma NP EN ISO 3501, usando os parâmetros indicados no Quadro 6.9, as uniões devem resistir à força de tração, sem se separar.

A força, F , deve ser calculada a partir da seguinte equação:

$$F = \frac{\pi}{4} d_n^2 \times p_D \quad (4)$$

onde F é a força, expressa em N; d_n é o diâmetro exterior nominal do tubo, expresso em mm; p_D é a pressão de serviço a 4, 6, 8 ou 10 bar, conforme aplicável, expressa em MPa. No caso de classificação “Todas as classes”, a pressão de serviço deve ser a correspondente a 10 bar, expressa em MPa.

Quadro 6.9 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de tração

	Todas as classes de aplicação	Classe de aplicação			
		1	2	4	5
Temperatura de serviço max, T_{max} , em °C	—	80	80	70	90
Temperatura de ensaio, em °C	23	90	90	80	95
Duração de ensaio, em h	1	1	1	1	1
Força de coesão, em N	$1,5 \times F$	F	F	F	F
Número de provetes	3	3	3	3	3

6.4.4 Ensaio de ciclos térmicos

Quando ensaiados de acordo com a NP ISO 19893¹⁷, usando os parâmetros indicados no Quadro 6.10, os tubos, os acessórios ou as uniões, devem suportar o ensaio sem que ocorram fugas.

O ensaio dos tubos flexíveis deve apenas ser realizado se o fabricante declarar que o tubo pode ser curvado de acordo com a configuração indicada. O raio de curvatura não deve ser inferior ao raio de curvatura declarado. Caso contrário aplica-se o ensaio para tubos rígidos.

¹⁷ : O LNEC não realiza este ensaio, pelo que o mesmo tem de ser subcontratado a um laboratório credível.

Quadro 6.10 – Parâmetros de ensaio para o ensaio sob ciclo térmico

	Classe de aplicação			
	1	2	4	5
Temperatura de serviço max, T_{max} , em °C	80	80	70	90
Temperatura de ensaio mais elevada, em °C	90	90	80	95
Temperatura de ensaio mais baixa, em °C	20	20	20	20
Pressão de ensaio, em bar	p_D	p_D	p_D	p_D
Número de ciclos ^{a)}	5000	5000	5000	5000
Número de provetes	Um conjunto de acessórios de acordo com a configuração dada na norma NP ISO 19893			

a) Cada ciclo deve incluir 15_0^{+1} min à temperatura de ensaio mais elevada e 15_0^{+1} min à mais baixa (p. ex. a duração de um ciclo é 30_0^{+2} min).

A tensão de tração, σ_t , utilizada para calcular a pré-carga de tensão requerida na ISO 19893, deve ser calculada pela seguinte equação:

$$\sigma_t = \alpha \times \Delta T \times E \quad (5)$$

em que σ_t é a tensão de tração, expressa em MPa; α é o coeficiente de dilatação térmica, expresso em K^{-1} ; ΔT é a variação de temperatura, expressa em K e E é o módulo de elasticidade expresso em MPa.

No caso do PPR-FV-PPR aplicam-se os seguintes valores:

$$\alpha = 6,2 \times 10^{-5} K^{-1};$$

$$\Delta T = 20 K;$$

$$E = 800 MPa$$

obtendo-se o valor de $\sigma_t = 1,0 MPa$.

6.4.5 Ensaio de ciclos de pressão

Quando submetidos ao ensaio de estanquidade sob pressão cíclica conforme a norma ISO 19892¹⁸, usando os parâmetros indicados no Quadro 6.11, as uniões não devem apresentar fugas.

¹⁸ : O LNEC não realiza este ensaio, pelo que o mesmo tem de ser subcontratado a um laboratório credível.

Quadro 6.11 – Parâmetros de ensaio para o ensaio de ciclos de pressão

Característica	Requisito	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio	
Pressão cíclica	Sem fuga	Temperatura de ensaio	23 °C		ISO 19892
		Número de provetes	3		
		Frequência dos ciclos de ensaio	(30 ± 5) ciclos/min		
		Número de ciclos	10000		
		Limites da pressão de ensaio para uma pressão de serviço de:	Limite superior	Limite inferior	
		4 bar	6,0 bar	0,5 bar	
		6 bar	9,0 bar	0,5 bar	
8 bar	12,0 bar	0,5 bar			
10 bar	15,0 bar	0,5 bar			

6.4.6 Ensaio de estanquidade sob vácuo

Quando submetidos ao ensaio de estanquidade sob vácuo de acordo com a NP EN 12294, usando os parâmetros de ensaio especificados no Quadro 6.12, a alteração na pressão sob vácuo não deve ser superior a 0,05 bar.

Quadro 6.12 – Parâmetros de ensaio de estanquidade sob vácuo

Característica	Requisito	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio	
Estanquidade sob vácuo	Alteração na pressão sob vácuo ≤ 0,05 bar	Temperatura de ensaio	23 °C		NP EN 12294
		Período de ensaio	1 h		
		Pressão de ensaio	- 0,8 bar		
		Número de provetes	3		

6.4.7 Influência sobre a água para consumo humano

Todos os materiais plásticos e não plásticos para componentes do sistema de tubagem de PPR-FV-PPR, em contacto permanente ou temporário com a água para consumo humano, não devem ter efeitos negativos na qualidade da água potável [Directiva 98/83/CE; Decreto-Lei nº 306/2007].

Portanto, torna-se necessário a apresentação de documento comprovativo da inexistência de problemas ecotoxicológicos, de crescimento microbiano, cor, odor, descoloração ou turbidez, conforme referido no ponto 6.1 deste relatório.

6.4.8 Classificação de reação ao fogo

Quando o fabricante atribui uma dada classe de reação ao fogo ao seu sistema de tubagem ou quando este se destine a sistemas de extinção automática de incêndio por água, é ainda necessário realizar o ensaio de reação ao fogo em conformidade com as Normas NP EN 13823 (ensaio SBI) e EN ISO 11925-2 (ignitabilidade). A montagem e as condições de fixação dos tubos e acessórios das amostras a ensaiar devem seguir as indicações preconizadas na norma EN 16000. Os resultados dos ensaios devem ser classificados em conformidade com a Norma NP EN 13501-1¹⁹.

6.4.9 Ensaio de resistência ao fogo à escala real

No caso de sistemas de extinção automática de incêndio por água, em aplicações em que o sistema não seja obrigatório, nem constitua uma medida compensatória de eventuais incumprimentos regulamentares, para efeitos de emissão do Documento de Homologação do LNEC, é ainda exigido que o sistema seja submetido a ensaio de resistência ao fogo à escala real realizado em um compartimento, equipado com o sistema em avaliação, representativo do cenário de incêndio previsível para o local onde será aplicado²⁰.

Este ensaio permitirá avaliar a capacidade de desempenho do sistema numa situação de incêndio.

¹⁹: A simbologia da classificação da reação ao fogo permite indicar o grau de combustibilidade (letras A1_L, A2_L, B_L, C_L, D_L e E_L), o grau de produção de fumos (S1, S2 ou S3.) e a produção de partículas ou gotas (d0, d1 ou d2).

²⁰: Por exemplo, no caso de uma sala-tipo de habitação, o mobiliário da sala (cortinas, tapete, sofá, cadeira, mesa, candeeiro e quadro) deve ser selecionado e disposto tendo em conta o previsto na norma NFPA 13-2010.

7 | Classificação das condições de serviço

As pressões nominais da tubagem são calculadas tendo em atenção a resistência mecânica do polímero a 20°C, devendo estes adequar-se ao transporte de água fria (20°C) durante 50 anos à pressão de projeto de 10 bar. Porém, a resistência mecânica de qualquer polipropileno, constituinte dos tubos e dos acessórios, diminui com a elevação da temperatura de trabalho. Por isso, é indispensável ter em consideração que a pressão máxima de trabalho é função da temperatura do fluido que circula no sistema de tubagem.

A classificação da tubagem em função das condições de serviço é feita na norma NP ISO 10508, não se aplicando à tubagem de PPR-FV-PPR a classe 3 (chão radiante a temperatura baixa). Cada uma destas classes de serviço deve ser combinada com uma pressão de serviço de 4, 6, 8 ou 10 bar, conforme seja aplicável. A pressão de serviço é função da série, S, do tubo e, conseqüentemente, da respetiva espessura nominal.

Apresenta-se no Quadro 7.1 a classificação das classes de serviço.

Quadro 7.1 – Classificação das condições de serviço do PPR-FV-PPR

Classe de serviço	T_D , °C	Tempo à T_D , anos	$T_{m\acute{a}x}$, °C	Tempo à $T_{m\acute{a}x}$, anos	T_{mal} , °C	Tempo à T_{mal} , h	Campo de aplicação
1	60	49	80	1	95	100	Distribuição de água potável (60°C)
2	70	49	80	1	95	100	Distribuição de água potável (70°C)
4	2,5 mais	20	70	2,5	100	100	Aquecimento (chão radiante e radiadores a baixa temperatura)
	25						
5	20	14	90	1	100	100	Aquecimento (radiadores a temperatura elevada)
	mais						
	50	25					
	mais						
	80	10					

Legenda do Quadro:

T_D – temperatura de projeto; $T_{m\acute{a}x}$ – valor máximo da temperatura de projeto; T_{mal} – temperatura máxima que pode ser atingida quando são excedidos os limites impostos pelos sistemas de controlo

Para efeitos de utilização em serviço e a título exemplificativo, apresenta-se no Quadro 7.2 a pressão de serviço dos tubos de PPR, válida para tubos de PPR-FV-PPR, em função da temperatura e do tempo de serviço, para cada série dimensional [COPRAX, 2014]. Este quadro quantifica pontos específicos das curvas de regressão.

Quadro 7.2 – Pressão de serviço dos tubos em função da temperatura e do tempo de serviço

Temperatura, °C	Tempo de serviço, anos	Série	
		S 3,2	S 2,5
20	10	21,7	27,3
	25	21,1	26,5
	50	20,4	25,7
40	10	15,6	19,6
	25	15,0	18,8
	50	14,5	18,3
60	10	11,0	13,8
	25	10,5	13,3
	50	10,1	12,7
70	10	9,3	11,7
	25	8,0	10,1
	50	6,7	8,5
80	10	6,3	8,0
	25	5,1	6,4
95	5	4,0	5,0

No Quadro 7.3, apresenta-se a série dimensional dos tubos PPR-FV-PPR de cada classe de serviço, que se deve usar em função da pressão de serviço.

Quadro 7.3 – Definição da série em função da pressão de serviço e da classe de aplicação

Pressão de serviço, bar	Classe 1	Classe 2	Classe 4	Classe 5
4	S 6,3	S 5	S 6,3	S 4
6	S 5	S 3,2	S 5	S 3,2
8	S 3,2	S 2,5	S 3,2	S 2
10	S 2,5	S 2	S 3,2	-----

8 | Recomendações para a utilização dos produtos

8.1 Transporte e manuseamento

Durante o transporte e o manuseamento os tubos e os acessórios não devem ser sujeitos a choques violentos nem a esforços que os possam deformar.

Devem evitar-se contactos com arestas vivas de corpos duros (metais, tijolos, pedras, etc.), por daí poder resultar a sua deterioração.

8.2 Armazenamento

Os tubos devem ser armazenados sempre que possível, empilhados em posição horizontal sobre paletes de madeira ou outra superfície não abrasiva, assentes sobre um fundo perfeitamente plano, sem ultrapassar 1,5 metros de altura, de forma a evitar deformações que possam tornar-se permanentes.

Os suportes devem ter apoio lateral, e devem ficar espaçados entre si com uma distância máxima de 2 m.

Deve evitar-se a exposição dos tubos à ação da luz solar, pois a radiação ultra violeta é nociva para o polipropileno.

8.3 Recomendações da instalação dos tubos e dos acessórios

A instalação de tubos e de acessórios deve respeitar o estipulado no Regulamento Geral dos sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais [Decreto-Lei n.º 207/94 e Decreto Regulamentar n.º 23/95], sob pena do seu desrespeito poder conduzir a anomalias no funcionamento da canalização.

Os tubos e os acessórios devem ter a mesma classe de aplicação para um mesmo sistema.

Para combinações de tubos e de acessórios com diferentes pressões de serviço (4 bar, 6 bar, 8 bar ou 10 bar) a pressão de serviço do sistema deve ser definida pelo coeficiente de pressão de serviço mais baixo.

Devem ainda ser tomadas em consideração as regras de instalação dadas pelos fabricantes de tubos e de acessórios.

Deve ser dada especial atenção à execução das uniões de modo a não surgirem problemas por falta de estanquidade.

Quando da instalação do sistema, torna-se indispensável adotar os procedimentos necessários à compensação das variações do comprimento dos tubos associadas ao coeficiente de dilatação térmica linear do polímero.

9 | Limitações de aplicação dos sistemas de tubagem

No caso de sistemas para distribuição de água para consumo humano, é necessário comprovar a inexistência de efeitos nocivos na qualidade da água, incluindo os parâmetros organoléticos (cor, turvação, cheiro e sabor), de higiene (carbono orgânico total) e pesquisa de parâmetros com origem na migração de aditivos, determinados de acordo com a norma NP EN 12873-1, abrangendo os parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto.

As tubagens de material plástico, utilizadas também em sistemas automáticos de extinção de incêndio por água no interior de edifícios, têm adicionalmente as seguintes limitações:

- Somente são aplicáveis em instalações húmidas;
- Só devem ser admitidas nos sistemas de abastecimento de água da rede pública com a sua configuração habitual, incluindo, quando necessário, sistemas auxiliares de pressão ou de caudal de água;
- Somente podem ser utilizadas para redes ramificadas de águas abaixo do posto de controle, e não devem dispor de válvulas de corte ou elementos que impeçam o fluxo;
- Deve ser especificado o fator de descarga dos aspersores (*sprinklers*) automáticos que podem ser usados com o sistema;
- Deve ser especificada a temperatura de disparo máxima dos aspersores que podem ser usados no sistema, bem como a temperatura ambiente máxima de utilização.

As tubagens de material plástico não podem ser usadas em instalações automáticas de extinção de incêndio por água com tubagem à vista, nos casos em que a referida instalação seja obrigatória ou seja utilizada como medida compensatória de eventuais incumprimentos regulamentares.

A referida tubagem poderá, no entanto, ser usada nos troços enterrados a uma profundidade mínima de 0,80 m.

Para as utilizações-tipo e categorias de risco em que a regulamentação de segurança ao incêndio não exige a instalação de sistemas automáticos de extinção por água, designadamente as seguintes, a tubagem pode ser instalada à vista²¹ [Portaria n.º 1532/2008]:

1. UT I (edifícios de habitação), independentemente da categoria de risco.
2. UT II (Estacionamentos), na 1.ª categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que se verifica, simultaneamente, que:

²¹ : A aplicação do sistema em situações distintas das aqui referidas terão de ser avaliadas mediante estudo específico que permita fundamentar, ao abrigo do art. 14 do Regime Jurídico da Segurança contra Incêndios em Edifícios e perante a Autoridade Nacional de Proteção Civil, a possibilidade da sua aplicação.

- a. a sua altura não excede 9 m;
 - b. a sua área bruta não excede os 3200 m²;
 - c. tem, no máximo, 1 piso abaixo do plano de referência.
3. UT III (edifícios administrativos), na 1.^a e na 2.^a categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que, simultaneamente, se verificam as seguintes condições:
- a. a sua altura não excede os 28 m;
 - b. o seu efetivo não excede as 1000 pessoas.
4. Utilização-tipo IV (edifícios escolares), independentemente da categoria de risco.
5. Utilização-tipo V (edifícios hospitalares e lares de idosos), independentemente da categoria de risco.
6. Utilização-tipo VI (espaços para espetáculos e reuniões públicas), na 1.^a e 2.^a categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que, simultaneamente, se verificam as seguintes condições:
- a. a sua altura não excede os 28 m;
 - b. tem, no máximo, 1 piso abaixo do plano de referência;
 - c. o seu efetivo não excede as 1000 pessoas;
- Se ao ar livre, o efetivo não pode ser superior a 15000 pessoas.
7. Utilização-tipo VII (edifícios de hotelaria e restauração), na 1.^a e 2.^a categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que se verifica, simultaneamente, que:
- a. a sua altura não excede os 28 m;
 - b. o seu efetivo total não excede as 500 pessoas;
 - c. o seu efetivo em locais de risco E , ou seja quartos, não excede as 200 pessoas.
8. Utilização-tipo VIII (espaços comerciais e gares de transporte), na 1.^a e 2.^a categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que, simultaneamente, se verificam as seguintes condições:
- a. a sua altura não excede os 28 m;
 - b. tem, no máximo, 1 piso abaixo do plano de referência (não contam pisos técnicos e instalações sanitárias);
 - c. o seu efetivo não excede as 1000 pessoas.
9. Utilização-tipo IX (espaços desportivos e de lazer), independentemente da categoria de risco.
10. Utilização-tipo X (museus e galerias de arte), independentemente da categoria de risco.
11. Utilização-tipo XI (bibliotecas e arquivos), independentemente da categoria de risco.

12. Utilização-tipo XII (edifícios industriais, oficinas e armazéns), na 1.^a categoria de risco, o que significa que se trata de uma UT em que, simultaneamente, se verificam as seguintes condições:

- a. a densidade de carga de incêndio modificada não excede 500 MJ/m^2 ;
- b. tem, no máximo, 1 piso abaixo do plano de referência (não contam pisos técnicos e instalações sanitárias).

Se se tratar de uma UT em que só existe armazenamento, as condições são as seguintes:

- c. a densidade de carga de incêndio modificada não excede $5\,000 \text{ MJ/m}^2$;
- d. tem, no máximo, 1 piso abaixo do plano de referência (não contam pisos técnicos e instalações sanitárias).

Caso a UT em que só existe armazenamento se situe ao ar livre não pode ter uma densidade de carga de incêndio superior a 1000 MJ/m^2 .

10 | Requisitos do controle de qualidade interno do fabricante para concessão e manutenção da homologação

As características que deverão ser objeto de controlo referem-se aos tubos, acessórios e uniões.

Para efeitos de concessão de homologação, o fabricante deverá efetuar um determinado conjunto de ensaios, correntemente designados por ensaios iniciais de tipo (ITT²²). Para efeitos de colocação do produto final no mercado, o fabricante deverá efetuar um conjunto de ensaios, correntemente designados por Ensaios para Libertação de produto (BRT²³), os quais permitem garantir que o produto fabricado apresenta a qualidade exigida pelo LNEC. Para efeitos de manutenção da Homologação, o fabricante deverá efetuar periodicamente um conjunto de ensaios, correntemente designados por Ensaios para Verificação do Processo (PVT²⁴), ensaios estes que permitem assegurar que os produtos fabricados (tubos, acessórios e respetivas uniões) continuam a satisfazer os requisitos impostos pelo Documento de Homologação. Finalmente, para efeitos de acompanhamento da homologação, o LNEC realiza ensaios com material recolhido na fábrica, existente em armazém ou em produção, ou nas instalações do seu representante comercial, ou em obras, os quais são designados por ensaios de acompanhamento de homologação.

10.1 Ensaios iniciais de tipo

O controlo de ensaios iniciais de tipo deverá ser realizado sobre os produtos finais, conforme indicado nos Quadros 10.1 a 10.3.

²²: ITT da designação inglesa “initial type testing”.

²³: BRT da designação inglesa “batch release test”.

²⁴: PVT da designação inglesa “process verification test”.

Quadro 10.1 – Ensaios iniciais de tipo a realizar nos tubos de PPR-FV-PPR

Ensaio	Norma	Frequência
Influência na Qualidade da água destinada ao consumo humano	NP EN 12873-1, abrangendo os parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007	Uma avaliação por tipo de material
Propriedades de tensão hidrostática do material constituinte ²⁵	EN ISO 9080	Uma avaliação por tipo de material
Aspeto		
Dimensões (diâmetro e espessura)	DH LNEC EN ISO 3126	Uma amostra de cada d_n e de cada grupo de pressão ²⁶
Marcação		
Opacidade (se declarada pelo fabricante)	NP EN ISO 7686	Uma vez ao ano por tubo e acessório de menor espessura
Deformação longitudinal (135°C)	NP EN ISO 2505	Uma amostra de um dado d_n por cada grupo de pressão
Resistência ao impacto Charpy (0°C)	NP EN ISO 9854-1 e 2	Uma amostra (10 provetes) de um dado e_n por cada grupo de pressão
Índice de fluidez	NP EN ISO 1133-1	Uma amostra (3 replicados) de um dado d_n por cada grupo de pressão
Resistência à pressão interior (20°C/1 h/16 MPa)		
Resistência à pressão interior (95°C/22 h)		
Resistência à pressão interior (95°C/165 h)	NP EN ISO 1167-1 e 2	Três provetes de um dado d_n por cada grupo de pressão
Resistência à pressão interior (95°C/1000 h/3,5 ou 4,6 MPa)		
Estabilidade térmica (110°C/8760 h/1,9 MPa)		Um provete de cada d_n e de cada grupo de pressão

²⁵: Se o fornecedor da matéria-prima tiver avaliado esta propriedade de modo a permitir a construção das curvas de regressão a várias temperaturas, o fabricante dos tubos tem apenas de avaliar a conformidade dos tubos ensaiando três provetes a dois níveis de tensão hidrostática a 95°C. O nível mais baixo de tensão hidrostática utilizado deve conduzir à rotura em um tempo de cerca de 2500 horas. Todos os pontos devem estar sobre ou acima da correspondente curva de regressão.

²⁶: Existem dois grupos de pressão: grupo 1 (para pressões de projeto de 4 e 6 bar) e grupo 2 (para pressões de projeto de 8 e 10 bar).

Quadro 10.2 – Ensaio iniciais de tipo a realizar nos acessórios de PPR-FV-PPR (ou de PPR)

Ensaio	Norma	Frequência
Influência na Qualidade da água destinada ao consumo humano	NP EN 12873-1, abrangendo os parâmetros definidos no Decreto-Lei nº 306/2007	Uma avaliação por tipo de material
Propriedades de tensão hidrostática do material constituinte	EN ISO 9080	Uma avaliação por tipo de material ²⁷
Aspeto		
Dimensões (diâmetro e espessura)	DH LNEC EN ISO 3126	Um provete de cada d_n e de cada grupo de acessório ²⁸
Marcação		
Opacidade (se declarada pelo fabricante)	NP EN ISO 7686	Um acessório com a menor espessura da gama produzida
Índice de fluidez	NP EN ISO 1133-1	Um provete de um dado d_n por cada grupo dimensional e de cada grupo de acessórios
Resistência à pressão interior (20°C/1 h/16 MPa)		
Resistência à pressão interior (95°C/1000 h/3,5 ou 4,6 MPa)	NP EN ISO 1167-1 e 2	Uma amostra (3 provetes) de cada grupo dimensional e de cada grupo de acessórios para a pressão de projeto relevante e classe de aplicação apropriada
Estabilidade térmica (110°C/8760 h/1,9 MPa)		Um provete, mas só no caso do material constituinte do acessório ser diferente do do tubo

²⁷: A tensão hidrostática a longo termo é retirada das curvas de regressão, permitindo assim o cálculo da tensão de projeto e da pressão de ensaio a aplicar, considerando dois pontos de controle (20°C/1 h) e (T/1000 h), sendo a T dependente da classe de aplicação (95°C para as classes 1, 2 e 5 e 80°C para a classe 4).

²⁸: Existem quatro grupos de acessórios: grupo 1 (curvas), grupo 2 (joelhos e tês), grupo 3 (acessórios de redução, uniões roscadas e terminais) e grupo 4 (uniões, adaptadores flangeados, acessórios de adaptação e/ou os seus componentes).

Quadro 10.3 – Ensaio iniciais de tipo a realizar no sistema (uniões tubo-acessório)

Ensaio	Norma	Frequência
Resistência à pressão interior (20°C/1 h)	NP EN ISO 1167-1 e 2	Um provete de cada grupo dimensional e de cada grupo de acessórios para a pressão de projeto relevante e classe de aplicação apropriada
Resistência à pressão interior (95°C/22 h)		
Resistência à pressão interior (95°C/165 h)		
Resistência à pressão interior (95°C/1000 h)		
Estanquidade de uniões sujeitas a pressão interior e a uma curvatura (20°C, 1 h) ²⁹	NP EN ISO 3503	Uma avaliação com três provetes por grupo dimensional e por sistema de união para a pressão de projeto relevante e classe de aplicação apropriada ³⁰
Estanquidade de uniões sob vácuo (23°C, 1 h, -0,8 bar) ²¹	NP EN 12294	Uma avaliação com três provetes por grupo dimensional e por sistema de união para cada grupo de pressão
Resistência ao arrancamento (<i>pull-out</i>) ²¹	NP EN ISO 3501	Uma avaliação para o maior e menor d_n de cada grupo dimensional e sistema de união para a pressão de projeto relevante e classe de aplicação apropriada
Resistência aos ciclos térmicos (5000 ciclos)	ISO 19892	Uma avaliação por d_n e sistema de união para a pressão de projeto relevante e classe de aplicação apropriada ³¹
Resistência aos ciclos de pressão (10 000 ciclos, 23°C) ²¹	NP ISO 19893	Uma avaliação com três provetes por grupo dimensional e por sistema de união para a pressão de projeto relevante ³²

10.2 Ensaio de libertação de produto

O controlo através dos ensaios de libertação de produto deverá ser realizado sobre os produtos finais, conforme indicado nos Quadros 10.4 e 10.5.

²⁹: Ensaio só aplicável a uniões mecânicas.

³⁰: A pressão de ensaio depende da pressão de projeto (4, 6, 8 ou 10 bar) e da classe de aplicação (1, 2, 4 ou 5).

³¹: A pressão e a temperatura máxima de ensaio dependem da pressão de projeto (4, 6, 8 ou 10 bar) e da classe de aplicação (90°C para as classes 1 e 2, 80°C para a classe 3 e 95°C para a classe 4).

³²: A frequência dos ciclos é de (30 ± 5) ciclos/min, o limite inferior de pressão é de 0,5 bar e os limites superiores de pressão dependem da pressão de projeto (6,0 bar para $P_D=4$ bar, 9,0 bar para $P_D=6$ bar, 12,0 bar para $P_D=8$ bar e 15,0 bar para $P_D=10$ bar).

Quadro 10.4 – Características a satisfazer para os ensaios de libertação de produto (BRT) em tubos de PPR-FV-PPR

Ensaio	Norma	Frequência
Aspeto		
Dimensões (diâmetro e espessura)	DH LNEC EN ISO 3126	Um provete por cada 8 h e por cada linha de extrusão
Marcação		
Deformação longitudinal (135°C)	NP EN ISO 2505	Uma amostra (3 provetes) por semana e por cada linha de extrusão
Resistência ao impacto Charpy	NP EN ISO 9854-1 e 2	Uma amostra (10 provetes) por semana e por cada linha de extrusão
Resistência à pressão interior (95°C/22 h) ou (95°C/165 h)	NP EN ISO 1167-1 e 2	Um provete por cada 24 h e por cada linha de extrusão (22 h) ou um provete por semana e por cada linha de extrusão (165 h)

Quadro 10.5 – Características a satisfazer para os ensaios de libertação de produto (BRT) em acessórios de PPR-FV-PPR (ou PPR)

Ensaio	Norma	Frequência
Aspeto		
Dimensões (diâmetro e espessura)	DH LNEC EN ISO 3126	Um provete por cada 8 h e por cada boca de saída da máquina de injeção
Marcação		
Resistência à pressão interior (20°C/1 h)	NP EN ISO 1167-1 e 2	Um provete por semana e por cada máquina de injeção

10.3 Ensaios de verificação de processo

O controlo de ensaios de verificação de processo deverá ser realizado sobre os produtos finais, conforme indicado no Quadro 10.6.

Quadro 10.6 – Características a satisfazer para os ensaios de verificação de processo (PVT) em tubos e acessórios de PPR-FV-PPR ou PPR

Ensaio	Norma	Frequência
Resistência à pressão interior de tubos (95°C/1000 h)		Um provete por ano de cada d_n e e_n
	NP EN ISO 1167-1 e 2	
Resistência à pressão interior de acessórios (95°C/1000 h)		Um provete por ano de cada grupo dimensional e de cada grupo de acessórios

11 | Amostragem em auditorias realizadas no âmbito da concessão e acompanhamento da homologação

Durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante pelos técnicos do LNEC, no âmbito da concessão e acompanhamento de uma homologação de tubagem de PPR-FV-PPR, é necessário realizar uma recolha de tubos e acessórios para efetuar ensaios de controle da qualidade no LNEC. Indicam-se no Quadro 11.1 os critérios de amostragem a adotar durante as campanhas de recolha no fabricante, realizadas no âmbito da concessão e do acompanhamento da homologação³³.

Quadro 11.1 – Requisitos da amostragem a realizar durante as auditorias técnicas realizadas ao fabricante da tubagem de PPR-FV-PPR

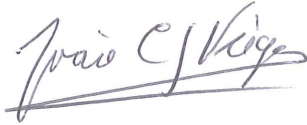
Ensaio	Norma	Frequência
Aspeto		10 tubos e acessórios ao acaso
Dimensões (diâmetro e espessura)	DH LNEC	1 tubo por referência, com um mínimo de 10 tubos. Um acessório de cada tipo, com dimensões ao acaso
Marcação	EN ISO 3126	
Opacidade (se declarada pelo fabricante)	NP EN ISO 7686	1 referência, selecionando o tubo e acessório de menor espessura
Deformação longitudinal	NP EN ISO 2505	20% das referências, com um mínimo de 2
Resistência ao impacto Charpy	NP ISO 9854-1 e 2	20% das referências, com um mínimo de 2
Índice de fluidez (composto + tubo)	NP EN ISO 1133-1	1 referência
Resistência à pressão interior (20°C/1 h)		20% das referências, com um mínimo de 2
Resistência à pressão interior (95°C/22 h)	NP EN ISO 1167-1 e 2	20% das referências, com um mínimo de 2
Resistência à pressão interior (95°C/165 h)		20% das referências, com um mínimo de 2
Resistência à pressão interior (95°C/1000 h)		1 referência ao acaso

³³: É importante referir que existe alguma flexibilidade na adoção destes critérios, uma vez que nem sempre é possível satisfazer a amostragem aqui definida. Muitas fábricas produzem em função da procura e de pedidos previamente efetuados pelos clientes, pelo que podem não existir em armazém determinadas referências da gama homologada nem produção das mesmas. Neste caso compete ao técnico adaptar a amostragem ao *stock* e produção existentes. Parte desta recolha também pode, em alternativa, ser efetuada nas instalações do representante comercial, quando exista.

Lisboa, LNEC, fevereiro de 2016

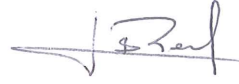
VISTOS

O Chefe do Núcleo de Acústica, Iluminação,
Componentes e Instalações



João Carlos Viegas

AUTORIA



Luís Pimentel Real

Investigador auxiliar

O Diretor do Departamento de Edifícios



Jorge M. Grandão Lopes

Referências Bibliográficas

- CE, 1998 – **Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº L 330 de 05/12/1998 p. 0032 – 0054.
- CEN, 1998 – **Copper and copper alloys. Plumbing fittings. Part 3: Fittings with compression ends for use with plastics pipes**. Brussels: CEN, EN 1254-3:1998.
- CEN, 2005 – **Plastics piping systems. Plastics components. Determination of dimensions**. Brussels: CEN. EN ISO 3126:2005.
- CEN, 2007 – **Plastics piping systems - Systems for hot and cold water not intended for human consumption - Performance characteristics for pipes, fittings and their joints**³⁴. Brussels: CEN, EN 15015:2007.
- CEN, 2010 – **Plastics piping systems - Systems within the building structure - Mounting and fixing of components in the test apparatus to thermal attack by a single burning item**. Brussels: CEN, EN 16000:2010.
- CEN, 2012 – **Plastics piping and ducting systems. Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation**. Brussels: CEN, EN ISO 9080:2012.
- COPRAX, 2014 – **Catálogo técnico de polipropilenos**, acedido através de web site da Coprax http://www.coprax.com/uploads/documentos/documento_1353345285_5274.pdf, em 26 de março de 2014.
- Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de março (**Regulamento Geral de Edificações Urbanas**), Artigo 17.º.
- Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de agosto (**Regulamento Geral dos sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais**).
- Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto de 2007 (**Regime da qualidade da água destinada ao consumo humano**).
- Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto de 1995 (**Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais**).
- IPQ, 2002 – **Sistemas de tubagens em plástico. Sistemas para instalação de água quente e fria. Determinação da estanquidade sob vácuo**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 12294:2002-pt.

³⁴: Esta norma foi revista em 2014 e encontra-se em fase de aprovação: prEN 15015 Plastics piping systems - Hot and cold water piping components - Requirements and test/assessment methods for pipes and fittings

- IPQ, 2006 – **Tubos termoplásticos. Deformação longitudinal. Método e parâmetros de ensaio.**
Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 2505:2006-pt.
- IPQ, 2007 – **Tubos acessórios e montagens de materiais termoplásticos para o transporte de fluidos. Determinação da resistência à pressão interior. Parte 1: Método geral.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 1167-1:2007-pt.
- IPQ, 2007 – **Tubos, acessórios e montagens de materiais termoplásticos para o transporte de fluidos. Determinação da resistência à pressão interior. Parte 2: Preparação de provetes sob a forma de tubo.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade. NP EN ISO 1167-2:2007-pt.
- IPQ, 2007 – **Tubos e acessórios de plástico. Determinação da opacidade.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 7686:2007-pt.
- IPQ, 2007 e 2013 – **Classificação do desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção Parte 1: Classificação utilizando resultados de ensaios de reação ao fogo.**
Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 13501-1:2007+A1:2013-pt.
- IPQ, 2008 – **Influência dos materiais na água destinada a consumo humano. Influência devido à migração Parte 2: Método de ensaio para materiais não metálicos e não cimentícios aplicados no local.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 12873-2:2008-pt.
- IPQ, 2010 e 2014 – **Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 13823:2010+A1:2014-en.
- IPQ, 2011 – **Influência dos materiais na água destinada a consumo humano. Influência devido à migração Parte 3: Método de ensaio para resinas de permuta iónica e resinas de adsorção.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 12873-3:2011-pt.
- IPQ, 2013 – **Materiais plásticos. Determinação do índice de fluidez em massa (MFR) e em volume (MVR) dos materiais termoplásticos. Parte 1: Método normalizado.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 1133-1:2013-pt.
- IPQ, 2013 – **Sistemas de tubagens de plástico para instalações de água quente e fria Guia para a classificação e a conceção.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP ISO 10508:2013-pt.
- IPQ, 2013 – **Sistemas de tubagens de plástico para instalações de água quente e fria Polipropileno (PP) Parte 1: Generalidades.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade. NP EN ISO 15874-1:2013-pt .
- IPQ, 2013 – **Sistemas de tubagens de plástico para instalações de água quente e fria Polipropileno (PP) Parte 2: Tubos.** Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 15874-2:2013-pt.

- IPQ, 2013 – **Sistema de tubagens em plástico para instalações de água quente e fria Polipropileno (PP) Parte 3: Acessórios**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 15874-3:2015-pt.
- IPQ, 2013 – **Sistemas de tubagens de plástico para instalações de água quente e fria Polipropileno (PP) Parte 5: Aptidão ao uso do sistema**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 15874-5:2013-pt.
- IPQ, 2014 – **Corrosion of metals and alloys Determination of dezincification resistance of copper alloys with zinc Part 1: Test method**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade. NP EN ISO 6509-1:2014-en.
- IPQ, 2014 – **Tubos termoplásticos para o transporte de fluidos Determinação da resistência ao impacto do pêndulo pelo método Charpy Parte 1: Método de ensaio geral**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP ISO 9854-1:2014-pt.
- IPQ, 2014 – **Tubos termoplásticos para o transporte de fluidos Determinação da resistência ao impacto do pêndulo pelo método Charpy Parte 2: Condições de ensaio para tubos de diferentes materiais**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP ISO 9854-2:2014-pt.
- IPQ, 2014 – **Influência dos materiais na água destinada ao consumo humano Influência devida à migração Parte 1: Método de ensaio para produtos de fabrico industrial contendo, ou produzidos a partir de, materiais orgânicos ou vítreos (vidro ou porcelana esmaltada)**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN 12873-1:2014-en.
- IPQ, 2014 – **Sistemas de tubagens de plástico Tubos e acessórios termoplásticos para água quente e fria Método de ensaio para determinação da resistência de montagens a ciclos de temperatura**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP ISO 19893:2014-pt.
- IPQ, 2015 – **Plastics piping systems. Mechanical joints between fittings and pressure pipes. Test method for resistance to pull-out under constant longitudinal force**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 3501:2015-en.
- IPQ, 2015 – **Plastics piping systems Mechanical joints between fittings and pressure pipes Test method for leaktightness under internal pressure of assemblies subjected to bending**. Caparica, Almada: Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 3503:2015-en.
- ISO, 1996 – **Thermoplastics pipes - Universal wall thickness table**. Geneva: ISO, ISO 4065:1996.
- ISO, 1988 – **Copper alloys - Ammonia test for stress corrosion resistance**. Geneva: ISO, ISO 6957:1988.
- ISO, 2010 – **Reaction to fire tests -- Ignitability of products subjected to direct impingement of flame -- Part 2: Single-flame source test**. Geneva: ISO, ISO 11925-2:2010.

ISO, 2011 – **Plastics piping systems -- Thermoplastics pipes and fittings for hot and cold water -- Test method for the resistance of joints to pressure cycling**. Geneva: ISO, ISO 19892:2011.

NFPA, 2010 – **Standard for the Installation of Sprinkler Systems, Technical Correlating Committee on Automatic Sprinkler System**. National Fire Protection Association (NFPA). New York: NFPA, NFPA-13-2010.

Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro (**disposições técnicas gerais e específicas do Regime Jurídico da Segurança contra Incêndios em Edifícios**), Diário da República, 1.ª série, N.º 250, 29 de Dezembro de 2008, p. 9050-9127.

