

# MATERIAIS E SOLDAGEM NA CONSTRUÇÃO DE DUTOS

Annelise Zeemann  
D.Sc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Abril 2024

TECMETAL Soluções Tecnológicas em Materiais  
Estrada dos Bandeirantes, 28.000  
Vargem Grande - Rio de Janeiro - RJ - CEP 22785-092  
Tel/Fax: 55 21 2428-1080 - [www.tecmetal.com.br](http://www.tecmetal.com.br)

# PARTE 1

## MATERIAIS EM APLICAÇÕES DE DUTOS

13/04/2024

Filosofia de Seleção de Materiais

Materiais em Aplicações de Dutos

Requisitos Associados às Condições de Operação

Tubos API 5L

Tubos API 5LD



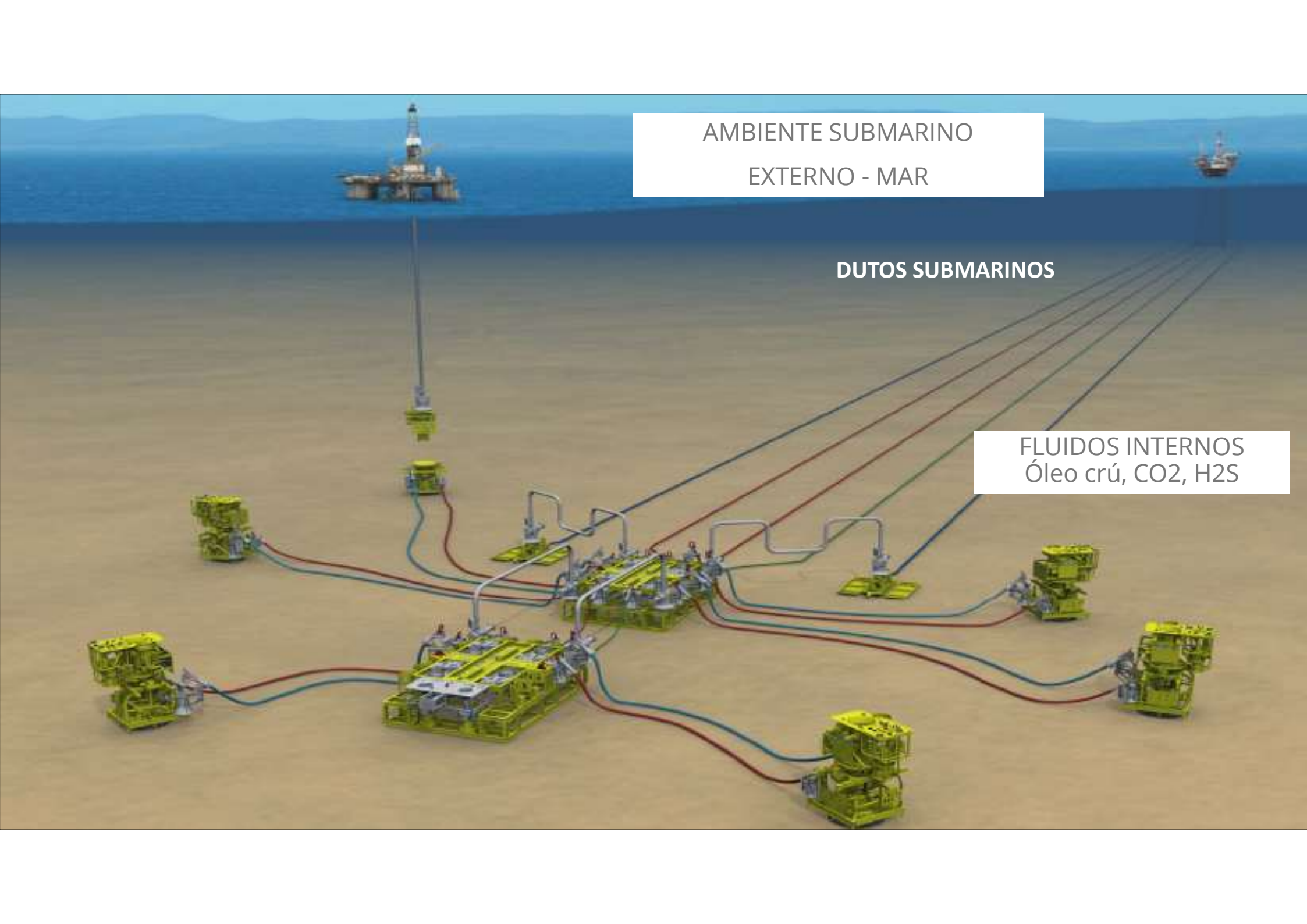
# MINERODUTO

FLUIDO INTERNO  
polpa com 35% de água e 65% de sólidos

AMBIENTE SUBMARINO  
EXTERNO - MAR

DUTOS SUBMARINOS

FLUIDOS INTERNOS  
Óleo crú, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S





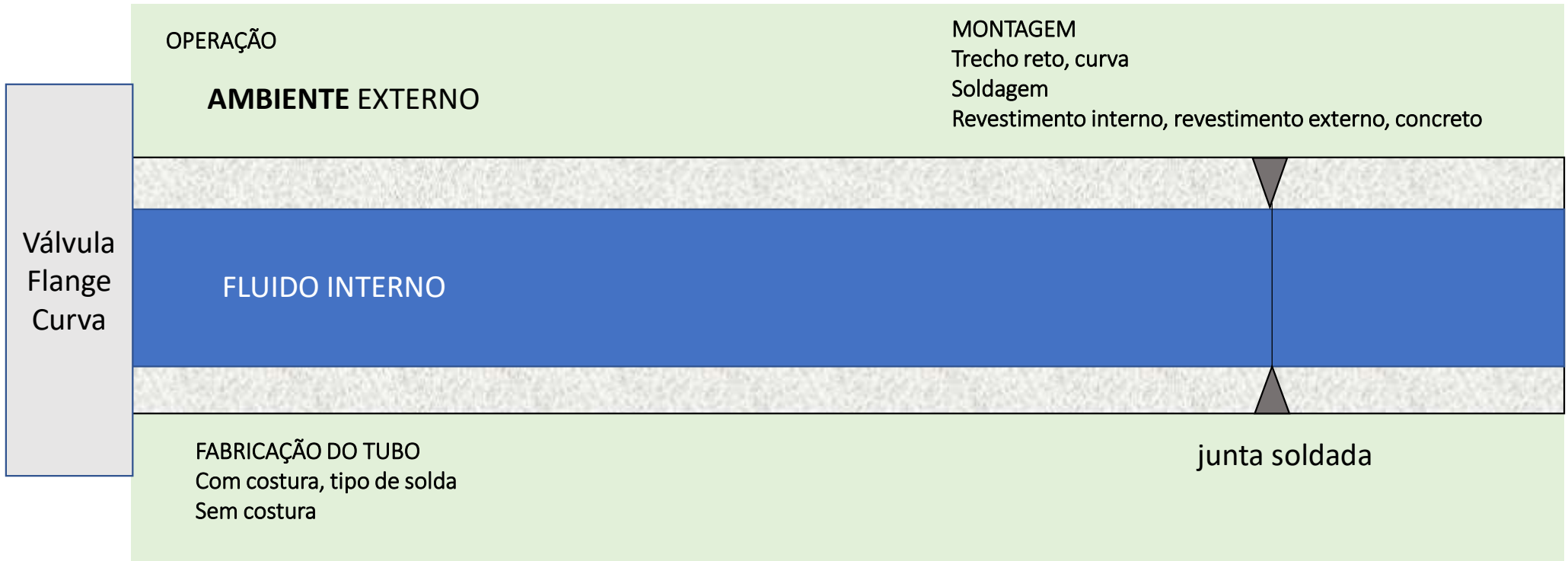
## Filosofia de Seleção de Materiais

O melhor material a ser selecionado para uma dada aplicação é aquele adequado ao uso, que atende aos requisitos de solicitações impostas, com nível de qualidade satisfatório e cujo custo do ciclo de vida seja o mais baixo.

A filosofia de seleção de materiais é a solução escolhida para identificar, em cada componente de uma linha, ou de um equipamento, ou de um sistema ou de uma unidade, qual o material a ser adotado, com todos os detalhes.

# MATERIAIS DE DUTOS

**TEMPERATURA ?**



menor custo

**PRESSÃO INTERNA**  
**PRESSÃO EXTERNA**  
**VARIAÇÕES DE PRESSÃO (bombeamento)**  
**CARGAS OPERACIONAIS**

- ONDE O DUTO VAI OPERAR ?
- QUAIS OS FLUIDOS VAI CONDUZIR?
- SERÃO FLUIDOS AGRESSIVOS AOS MATERIAIS?
- QUAL O AMBIENTE ONDE SERÁ INSTALADO?
- QUAL A TEMPERATURA DO AMBIENTE E DOS FLUIDOS QUE VAI CONDUZIR?
- ESTARÁ APOIADO? TERÁ PARTES SUSPENSAS?
- COMO SERÁ FEITO O BOMBEAMENTO DOS FLUIDOS?
- SERÁ MONITORADO ?
- SERÁ INSPECIONADO ?

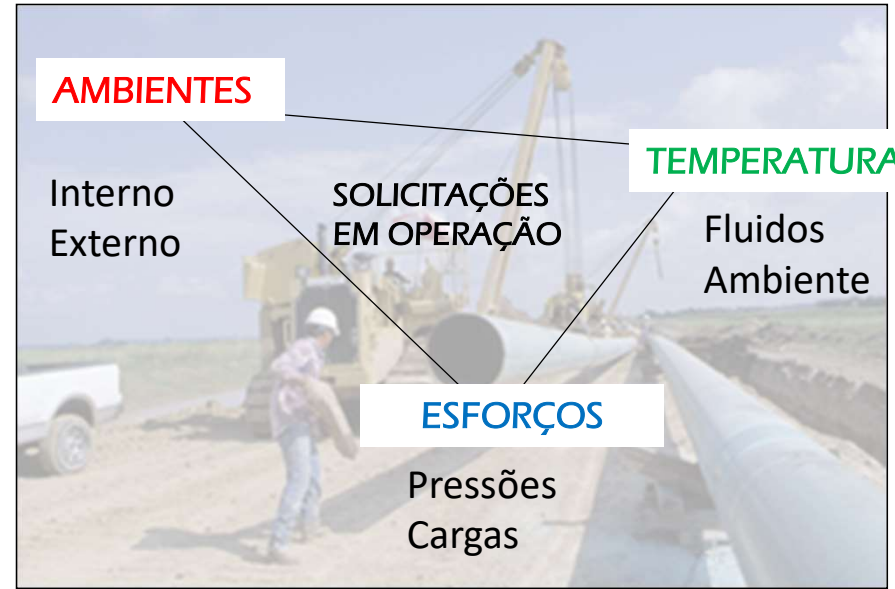


condução de fluidos  
(linepipe)



condução de fluidos

MONTAGEM

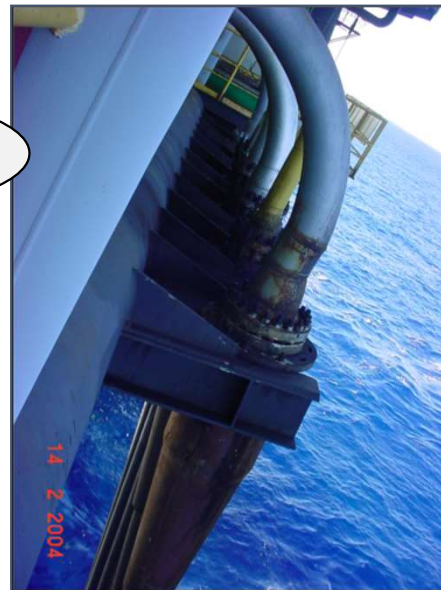


## MATERIAIS

TUBOS, CHAPAS,  
FORJADOS

Oleodutos  
Gasodutos  
Minerodutos

Superfície  
Enterrados  
Aéreos  
Submarinos





## Dutos terrestres Parte 1: Projeto

Onshore pipeline  
Part 1: Design

O que é mencionado em projeto que é importante em relação aos materiais?

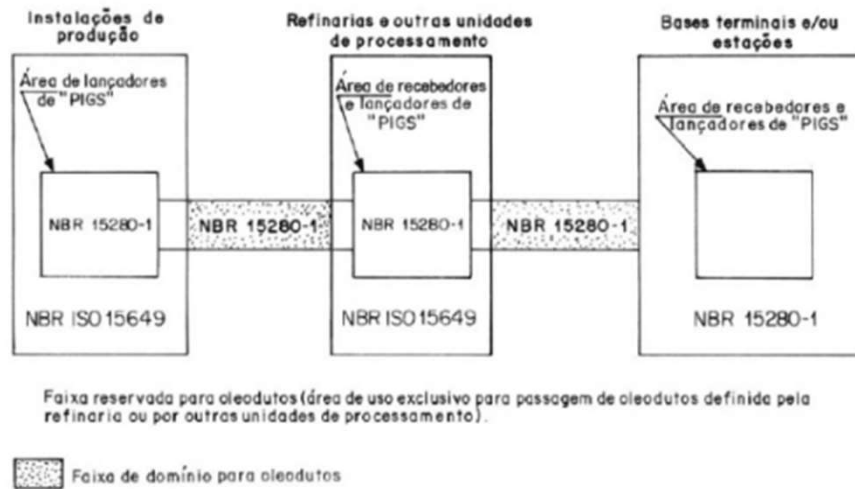


Figura 1 — Diagrama do escopo da ABNT NBR 15280

### 4.4.2 Cargas operacionais

- peso da tubulação e seus componentes, do produto transportado e dos revestimentos (ver Notas 1 e 2);
- pressão interna (ver Nota 3);
- pressão interna decorrente da expansão volumétrica do fluido (trechos sujeitos ao bloqueio duplo);
- pressão hidrostática (externa) para dutos submersos ou submersíveis (travessias);
- pressão interna abaixo da atmosférica (vácuos por abertura de coluna, drenagem etc.);
- variação de temperatura;
- forças e momentos em suportes e ancoragens;
- forças alternadas (vibração);
- peso da terra de cobertura;
- cargas de tráfego rodoviário e ferroviário (cruzamentos) (ver Nota 4);
- recalque diferencial no solo;
- rotações e deslocamentos, impostos em pontos de restrição da tubulação;
- forças hidráulicas geradas nas curvas;
- forças de pré-tensionamento (ver Nota 5).

NÃO APLICÁVEL

operação acima de 120 °C e abaixo de - 30 °C

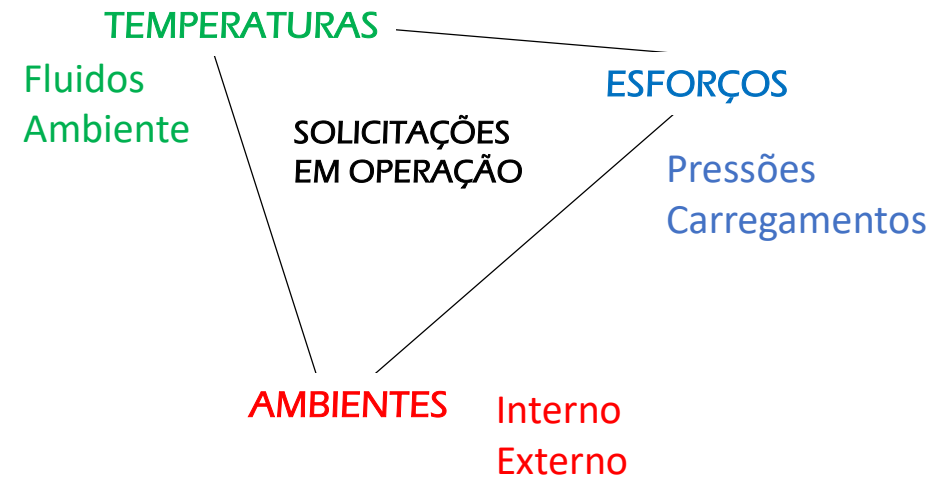
**4.3.3** Alguns materiais, qualificados em conformidade com as normas listadas no Anexo E, podem não ser adequados para utilização em sistemas que operem à temperatura próxima do limite inferior preconizado em 1.9 (c). Deve ser dada atenção para as propriedades mecânicas e metalúrgicas nas baixas temperaturas, para os materiais empregados em instalações sujeitas às condições ambientais ou operacionais de frio.

### 12.1 Proteção contra corrosão externa

A proteção contra a corrosão externa deve ser assegurada com a aplicação de um revestimento anticorrosivo, suplementado por um sistema de proteção catódica.

### 12.4 Controle da corrosão interna

**12.4.1** O duto deve possuir um sistema para determinação da taxa de corrosão interna, preferencialmente por provadores de corrosão do tipo cupom de perda de massa e sonda de resistência elétrica.



**Anexo E**  
(informativo)

**Normas para tubos, válvulas, conexões, flanges, juntas e parafusos**

**Tubos**

ISO 3183/ API SPEC 5L, Specification for line pipe

ASTM A53, Standard specification for pipe, steel, black & hot-dipped, zinc-coated welded & seamless

ASTM A106, Standard specification for seamless carbon steel pipe for high-temperature service

ASTM A134, Standard specification for pipe, steel, electric-fusion (arc)-welded (sizes NPS 16 and over)

ASTM A135, Standard specification for electric-resistance-welded steel pipe

ASTM A139, Standard specification for electric-fusion (arc)-welded steel pipe (NPS 4 and over)

ASTM A381, Standard specification for metal-arc-welded steel pipe for use with high-pressure transmission systems

ASTM A671, Standard specification for electric-fusion-welded steel pipe for atmospheric and lower temperatures

ASTM A672, Standard specification for electric-fusion-welded steel pipe for high-pressure service at moderate temperatures



Mineroduto  
Apresentação WELD 2019  
Alexandre Bracarense



CURVAS



VÁLVULAS

WELDING  
PIPE  
CONFERENCE  
& EXHIBITION

IBP2146\_17  
WELDING SYSTEM FOR PIPE LINED WITH HEAT  
SENSITIVE MATERIALS  
de Oliveira e Silva, José Anísio<sup>1</sup>



CURVA

## MONTAGEM



Marcy Saturno de Menezes  
PETROBRAS



Figure 4. Unorthodox changes in direction in a large diameter flanged lined tailings pipeline



## Dutos terrestres

### Parte 2: Construção e montagem

Onshore pipeline  
Part 2: Construction and installation



O que é mencionado em construção e montagem, que é importante em relação aos materiais?



ALTERAÇÕES MECÂNICAS OU TÉRMICAS QUE PODEM AFETAR A PERFORMANCE.

### 5.7 Curvamento de tubos

5.7.1 O curvamento de tubos a frio ou natural deve atender a esta Norma, ao disposto na ABNT NBR 15280-1, para oleodutos, e ABNT NBR 12712, para gasodutos. O curvamento a quente por indução deve atender à ABNT NBR 15273 e aos requisitos do projeto.

NOTA Para o curvamento por indução, recomenda-se selecionar, entre os tubos disponíveis no canteiro, aqueles com maior espessura real e maior carbono equivalente, a fim de compensar as perdas de espessura e propriedades mecânicas decorrentes do processo.

### 5.9 Soldagem

5.9.1 A soldagem deve obedecer ao disposto nas seguintes normas:

- para oleodutos – ASME B31.4;
- para gasodutos – ASME B31.8.

### 5.11 Revestimento externo anticorrosivo e isolamento térmico – Juntas de campo e reparos

## 7 Teste hidrostático

relatórios dos testes hidrostáticos e inspeção com *pig* geométrico (quando aplicável);  
relatório de inspeção do revestimento anticorrosivo após a cobertura;  
todos os certificados de qualidade de materiais recebidos e incorporados à obra;  
procedimentos de soldagem e registros de ensaios não destrutivos das juntas soldadas;



# A ESCOLHA DA “SOLUÇÃO” (MATERIAL, MÉTODO DE PROTEÇÃO CONTRA O AMBIENTE E CONFIGURAÇÃO) PRECISA CONSIDERAR MUITAS PREMISAS ...

ESFORÇOS

AMBIENTES

SOLICITAÇÕES  
EM SERVIÇO

TEMPERATURAS

PROBABILIDADE, CONSEQUÊNCIA

RISCO DE FALHA

PROXIMIDADE DE CIDADES, PESSOAS  
DESASTRE AMBIENTAL

CATEGORIAS DOS FLUIDOS  
TÓXICOS, INFLAMÁVEIS

FATOR DE SEGURANÇA (FATOR DE PROJETO)  
NÍVEL DE ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO

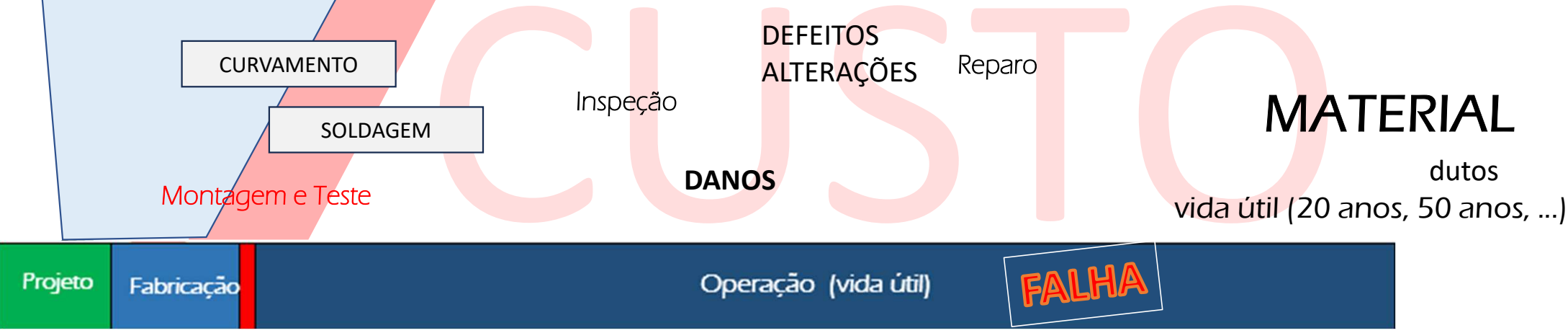
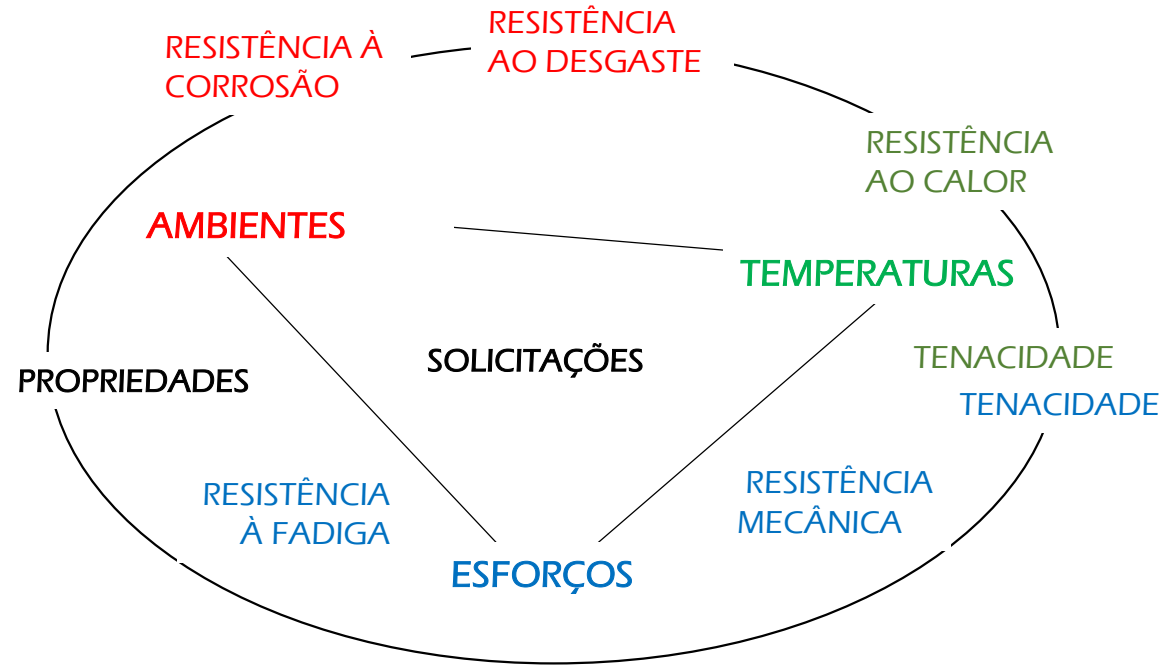
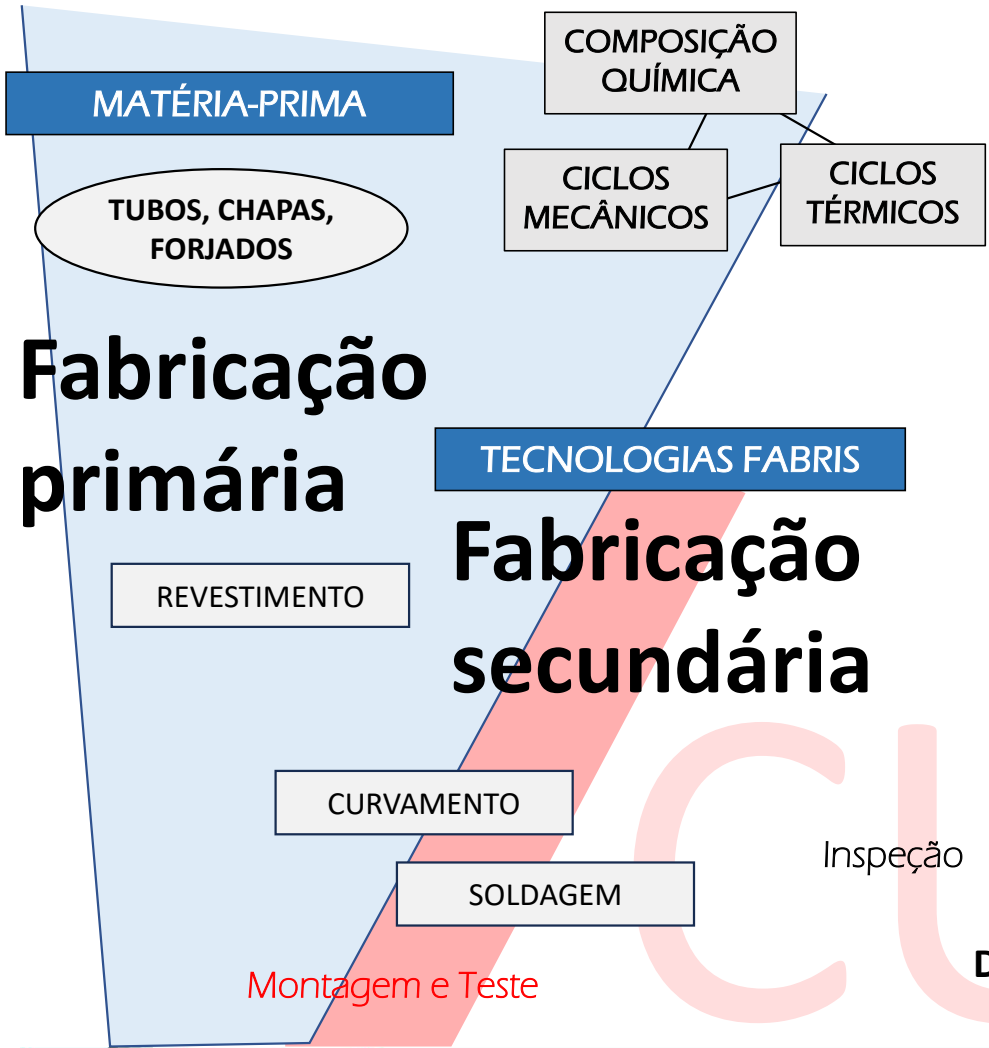
MONTAGEM E TESTE

REVESTIMENTO

CURVAMENTO

SOLDAGEM

TUBOS, CHAPAS,  
FORJADOS



especificação

# DUTOS

## TUBOS, CURVAS, FLANGES, INSTRUMENTOS, EQUIPAMENTOS

NORMAS DE PROJETO  
NORMAS DE CONSTRUÇÃO







# FALHAS...

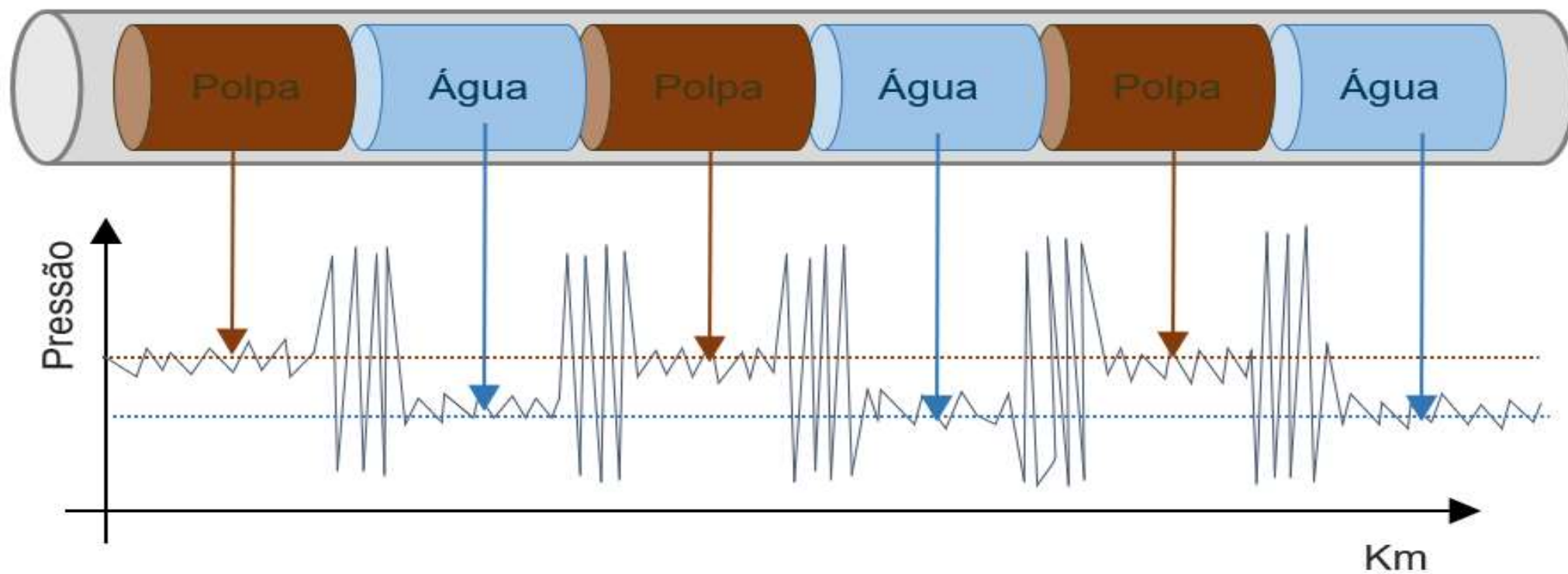
CRIAM  
ELEVADÍSSIMOS  
CUSTOS DE  
OPERAÇÃO  
OPEX

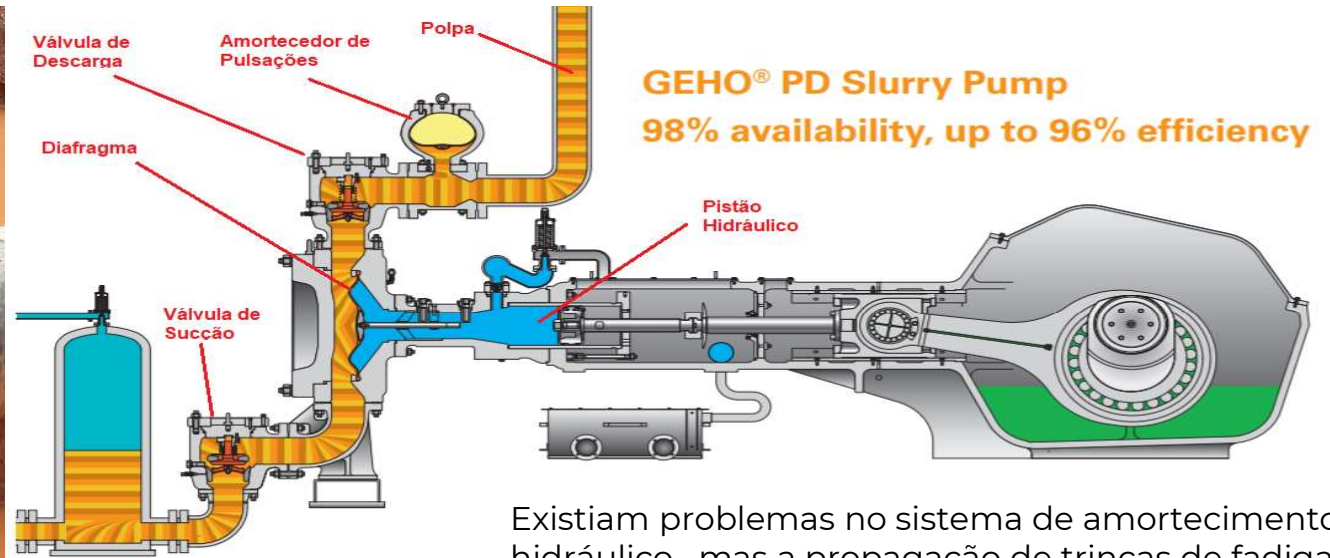


Mineroduto  
Apresentação WELD 2019  
Alexandre Bracarense

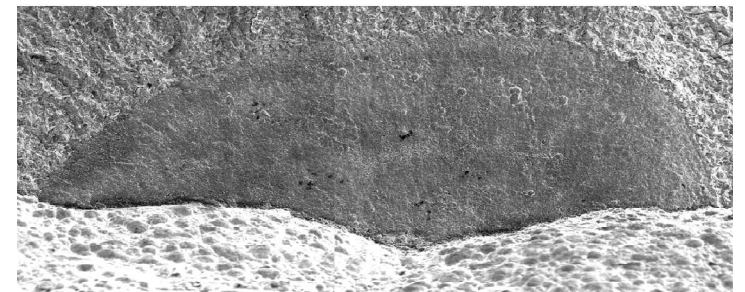
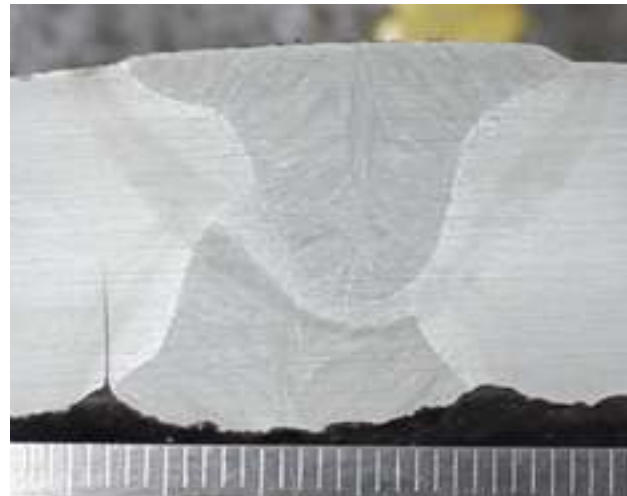
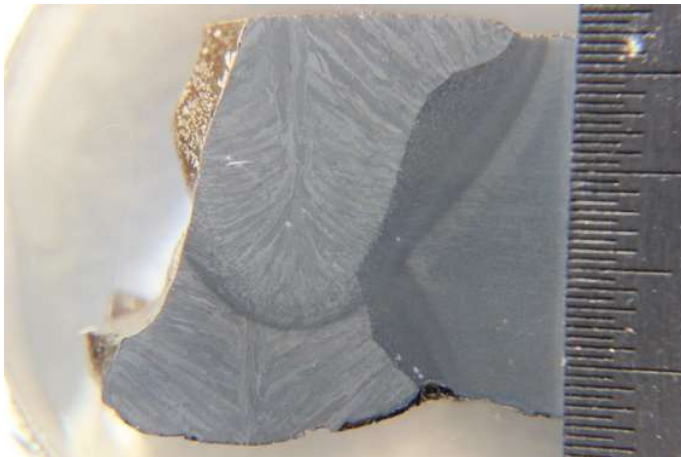


## OPERAÇÃO COM CICLOS DE PRESSÃO



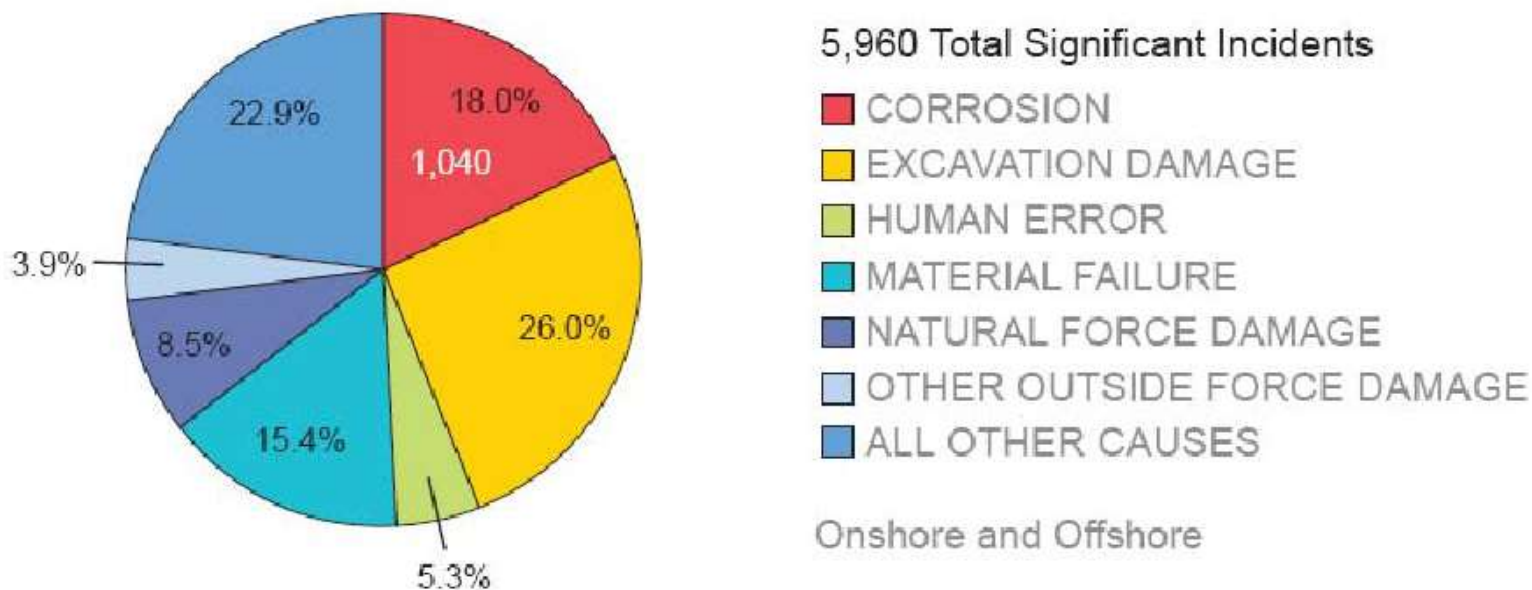


Existiam problemas no sistema de amortecimento hidráulico, mas a propagação de trincas de fadiga ocorreu apenas em tubos de um determinado fabricante ...



Mineroduto  
Apresentação WELD 2019  
Alexandre Bracarense

## All Pipeline Significant Incidents (1988 – August 2008)



**Figure 1.1** – Causes of significant incidents in onshore and offshore pipelines  
(Source: PHMSA Filtered Incident Files)

## MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

### Interno:

- Revestimentos
- Proteção catódica
- Inibidores
- Clad ou liner

### Externo:

- Revestimentos
- Proteção Catódica

Integrity Management Program  
Under Delivery Order *DTRS56-02-D-70036*

Submitted by

**Baker**

Michael Baker Jr., Inc.

FALHAS...

# Pipeline Corrosion





# FALHAS...

Corrosão sob tensão após TH,  
antes de entrar em operação  
Tubo com costura helicoidal





## Detecting Pipeline Stress Corrosion Cracking through Direct Assessment

By Ahmed Jawad Khan on 5/4/2020 1:40 PM



The ruptured portion of pipe was replaced and the pipeline was again hydrostatically tested up to a pressure of 1,803 psig (hoop stress equivalent to 100% of SMYS) for 10 min and at 1,620 psig (1.25 times MAOP) for 24 h. The pipeline was qualified for service and was put into operation.

The results of these nondestructive tests (NDTs) revealed the presence of a 4-in (102-mm) long crack at the pipe surface with a depth of 3.6 mm. The photographic records are shown in Figures 1 and 2.



FALHAS...

Corrosão sob tensão em algumas condições onde os revestimentos externos mostraram falhas e o ambiente era propício. pH próximo ao neutro

# FALHAS...

Ruptura devido ao carregamento axial causado pela movimentação de terra em duto que tinha trincas de corrosão sob tensão (revestimentos externos com falhas e ambiente propício, com proteção catódica insuficiente).

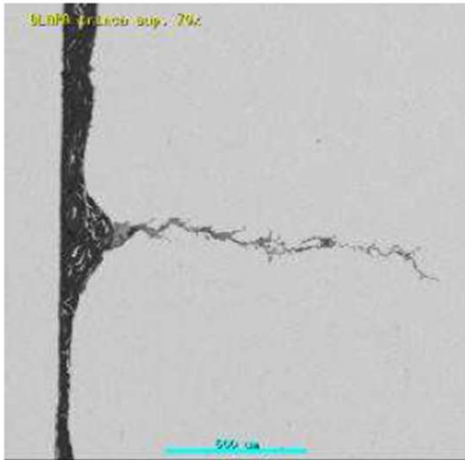


Figure 7 – SEM of a crack with 1.5 mm deep filled with corrosion products.

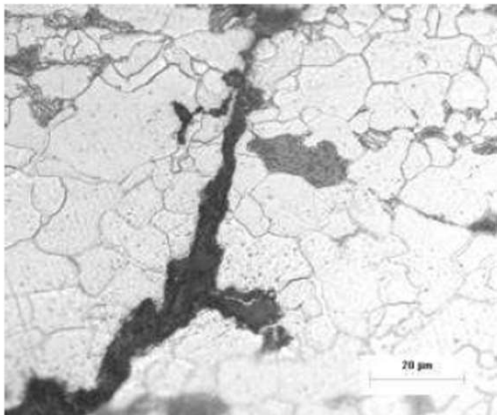


Figure 9–Crack observed under optical microscope. Nital 2%.

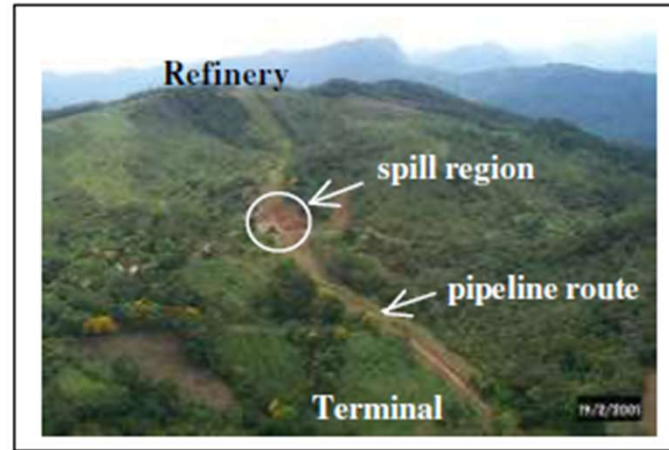


Figure 1 – Aerial view of the rupture region.

The material, API X-46, has low susceptibility to SCC;

Coal tar coatings in moist soils allows the cathodic current to reach the pipe surface;

The environment at the rupture location is classified as mildly corrosive according to the TrabANELLI's partial indexes;

It was observed that, in spite of the pipeline fracture, the cathodic protection system remained operational. However, the analyses performed after the event indicated that the soil is more aggressive in the region of the accident (km 57) than in other adjacent regions. To be effective in preventing a potential microbiological corrosive process, the applied potential should have been slightly lower, -950mV instead of -850mV.

X46

Coal tar

Meio pouco corrosivo

Para evitar MIC precisaria potencial mais baixo

Failure analyses carried out in the pipeline led to the following conclusions:

- The failure can be described as a near-neutral pH circumferential SCC.
- The soil at the failure location was slightly more corrosive than in the adjacent areas.
- The stress corrosion crack that ultimately caused the failure reduced in 12% the load bearing capacity of the pipe.
- The main factor controlling the rupture was the axial loading imposed on the pipeline by land creeping.
- The axial load at the moment of failure was estimated to be 1.25 time higher than the minimum specified yield strength of the material.
- Simulation in pull test with magnetic pig inspection, performed after the failure, was able to detect the transverse stress corrosion cracks in the absence of other discontinuities caused by corrosion.



# CORROSÃO EM FALHAS NO REVESTIMENTO ...



- QUE TIPO DE MATERIAL SERÁ UTILIZADO NO DUTO?
- DE QUE FORMA OS TUBOS SERÃO FABRICADOS?
- TERÃO COSTURA (SOLDA)? LONGITUDINAL? HELICOIDAL?
- PRECISAM SER CURVADOS?
- SERÃO REVESTIDOS?
- INTERNA OU EXTERNAMENTE? COM O QUÊ?
- QUAL O GRAU DE RESISTÊNCIA E QUAL A ESPESSURA?
- COMO SERÃO TRANSPORTADOS? MOVIMENTADOS?
- COMO SERÃO ARMAZENADOS?
- COMO SERÃO UNIDOS? INSPECIONADOS?
- COMO SERÃO TESTADOS?



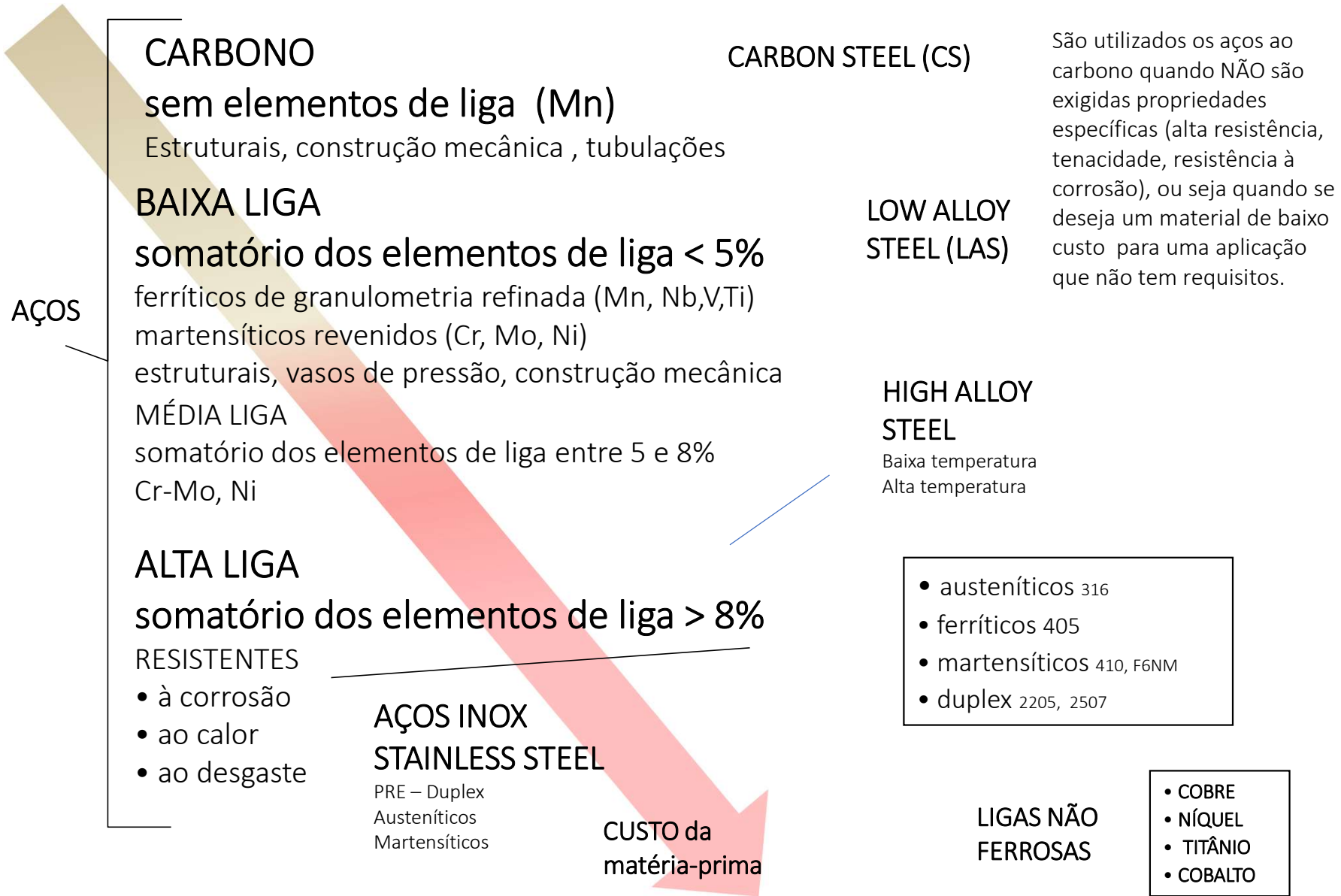
FERROS  
FUNDIDOS

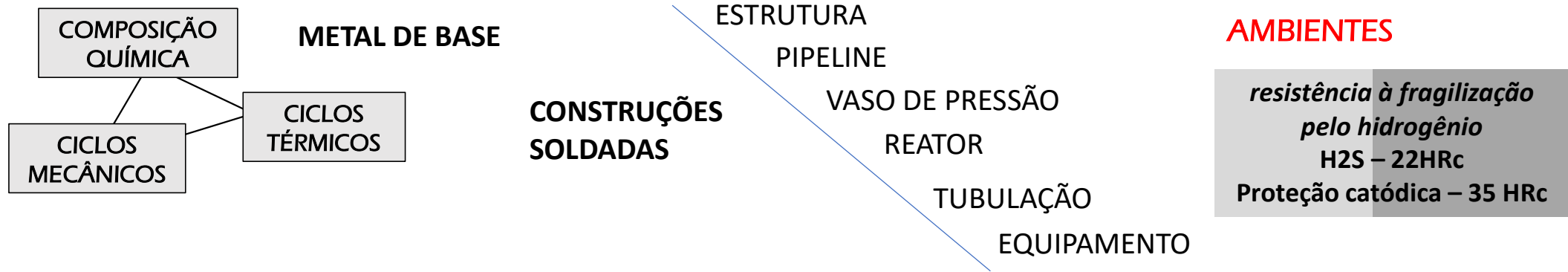


Acquaduto  
Duto de Esgoto

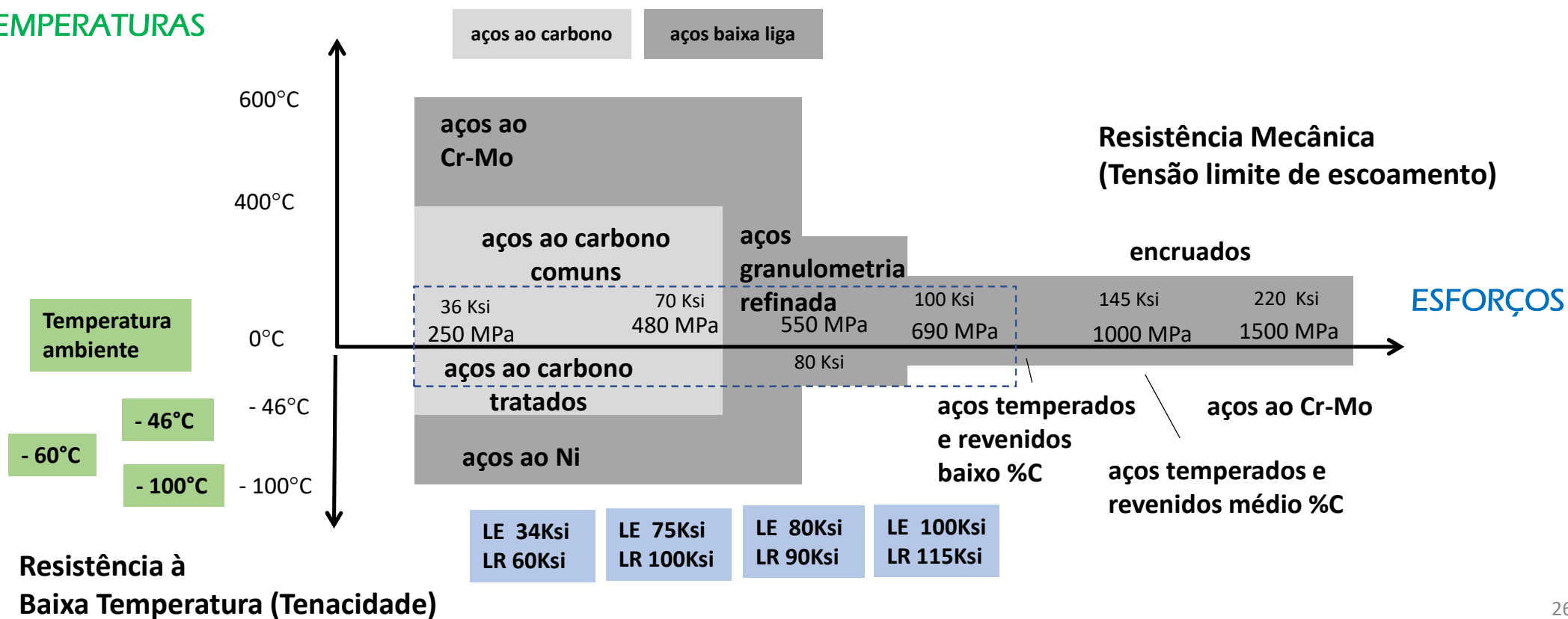
METAIS E LIGAS  
DE APLICAÇÃO  
COMERCIAL

CAPEX





**TEMPERATURAS**



# Specification for Line Pipe

API SPECIFICATION 5L

## 1 Scope

This Standard specifies requirements for the manufacture of two product specification levels (PSL 1 and PSL 2) of seamless and welded steel pipes for use in pipeline transportation systems in the petroleum and natural gas industries.

This Standard is not applicable to cast pipe.

Aços baixo carbono  
Aço C e Aços Baixa Liga

**PSL 1 e PSL 2**

# CRA Clad or Lined Steel Pipe

API SPECIFICATION 5LD

## 1 Scope

### 1.1 Coverage

This specification covers seamless and welded clad steel line pipe and lined steel line pipe with enhanced corrosion-resistant properties suitable for use in pipeline transportation systems in the petroleum and natural gas industries. The clad and lined steel line pipe specified herein is composed of a carbon steel backing or base material outside (in some cases inside and/or outside) and a corrosion-resistant alloy (CRA) layer or lining inside of the pipe. The base material conforms to API 5L (45th Ed.), product specification level (PSL) 2 and applicable annex(es), except as modified herein.

Grades of base material covered by this specification include X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70, X80, and grades intermediate to these. Grades of the CRA layer are LC 1812, 2205, 2506, 2242, 2262, unified numbering system (UNS) S31703, UNS N08904, UNS N10276, Alloy 31™<sup>1</sup> (UNS N08031), Alloy 59 (UNS N06059), Alloy 254 SMO™<sup>1</sup> (UNS S31254), Alloy 400 (UNS N04400), AL6NX (UNS N08367), and EN 1.4529 (UNS N08926). Other grades are subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.



Tubos API5L até X80  
Revestidos com  
Liga Resistente à Corrosão (CRA)

**PSL 2 apenas**



# TUBOS COM LINER OU CLAD

## 3.1.3

### CRA layer

A general term referring to any internal corrosion-resistant alloy layer.

junta soldada



## 3.1.2

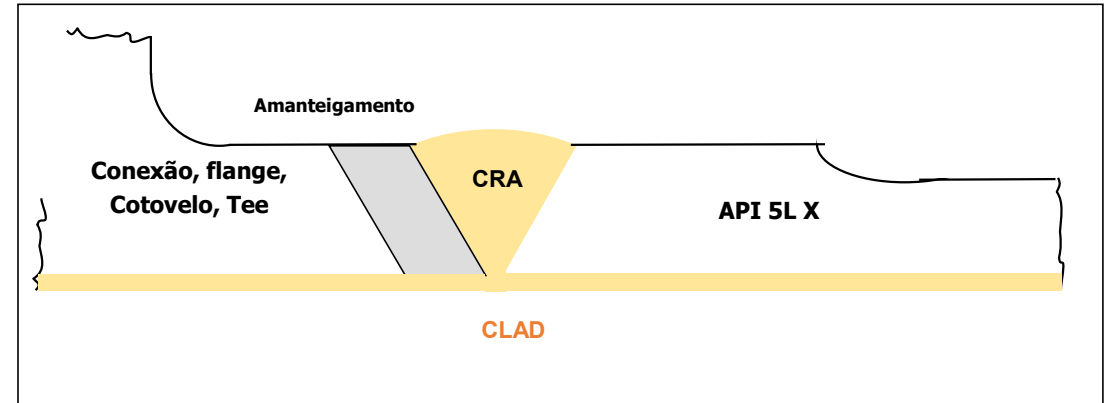
### clad cladding

Refers to a metallurgically bonded CRA layer produced by roll bonding, weld overlaying, powder metallurgy, or explosively cladding a carbon steel plate or pipe.

## 3.1.4

### lined

Refers to a mechanically expanded, fitted or installed ("mechanical bond") CRA layer with a carbon backing steel.



## 3.1.1

### backing steel

The outer wall thickness pipe of a clad or lined pipe (for pipe clad on the outside and inside, the backing steel is the core material).

NOTE Backing steel is sometimes referred to as base material or steel backing.

### **5.2.1 Clad Pipe**

Clad pipe is a bimetallic pipe composed of an internal (and in some cases external) CRA layer that is metallurgically bonded to the backing steel. The cladding may be bonded by hot rolling, coextrusion, weld overlay, explosion bonding, powder metallurgy, or some other process that produces a metallurgical bond. Clad pipe may be either seamless or welded as follows.

LIGAÇÃO METALÚRGICA DA CAMADA CRA COM O SUBSTRATO,  
PROMOVIDA POR LAMINAÇÃO, COEXTRUSÃO, OVERLAY,  
EXPLOÇÃO ENTRE OUTROS MÉTODOS

### **5.2.2 Lined Pipe**

Lined pipe consists of a carbon steel pipe meeting the requirements of API 5L (45th Ed.), PSL 2 with an internal or external CRA liner. The CRA liner is affixed or tightly fitted to the external pipe full length by expansion, compression cold forming, or some other means. The CRA liner may be a tube or pipe inserted into a steel pipe, a plate or sheet rolled into a cylinder by expanding the liner and/or shrinking the pipe, or by some other applicable processes. Lined pipe may be either seamless or welded as follows.

LIGAÇÃO MECÂNICA DA CAMADA CRA COM O SUBSTRATO,  
PROMOVIDA POR COMPRESSÃO, EXPANSÃO, ENTRE OUTROS  
MÉTODOS A FRIO, AS EXTREMIDADES PRECISAM SER SELADAS

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CRA DO LINER OU CLAD

### 6 Chemical Properties and Tests

#### 6.1 Composition

The composition of the CRA layer furnished to this specification, as determined by heat or deposit analyses, shall conform to the chemical requirements specified in Table 1. Chemical composition of the as deposited overlay of the seam or girth weld (in the case of a jointer) shall be within the tolerances of the clad layer or as agreed upon between the purchaser and manufacturer.

When agreed and specified on the purchase order or datasheet, the chemical composition of any CRA cladding or liner may be further restricted by specification of a minimum pitting resistance equivalent number (PREN) (% Cr + 3.3 % Mo + 16 % N) or PREW [% Cr + 3.3 (% Mo + 0.5 % W) + 16 % N] value. If this is the case, the actual values shall be reported on the material test certificate.

#### 6.2 Heat Analyses of the CRA Layer

The manufacturer shall furnish a report containing the heat analysis of each heat of material used in the manufacture of the CRA layer for pipe furnished on the purchase order. The analysis so determined shall conform to the requirements specified in 6.1.

1	2	16
Grades	UNS Number (NOTE 1)	Remarks
LC 1812	S31603	Austenitic SS
ASTM A240-14 TP 316L	S31603	Austenitic SS
ASTM A240-14 TP 316LN	S31603	Austenitic SS
317L	S31703	Austenitic SS
LC 2205	S31803	Duplex SS
ASTM A240-14 22-5 Duplex	S31803	Duplex SS
LC 2506	S31804	Duplex SS
ASTM A240-14 25-6 Duplex	S32740	Duplex SS
LC 2242	N08825	Ni Base Alloy
ASTM B424-14 Alloy 825	N08825	Ni Base Alloy
		Ni Base Alloy
904L	N08904	Austenitic SS
		Ni Base Alloy
LC 2262	N06625	Ni Base Alloy
ASTM B443-00 Alloy 625	N06625	Ni Base Alloy
ASTM B622-10/B619-10	N10276	
ASTM B622-10 Alloy 59	N06059	Ni Base Alloy
* Alloy 31™ (NOTE 2)	N08031	Super Austenitic SS
* Alloy 254 SMC™ (NOTE 3)	S31254	Austenitic SS
ASTM B675-01 (2013) AL6NX	N08367	Austenitic SS
6-Mo	N08926	Austenitic SS
EN 1.4529	N08367	Austenitic SS
X1NiCrMoCuN25-20-7	N08926	
Alloy 400	N04400	Ni-Cu Alloy



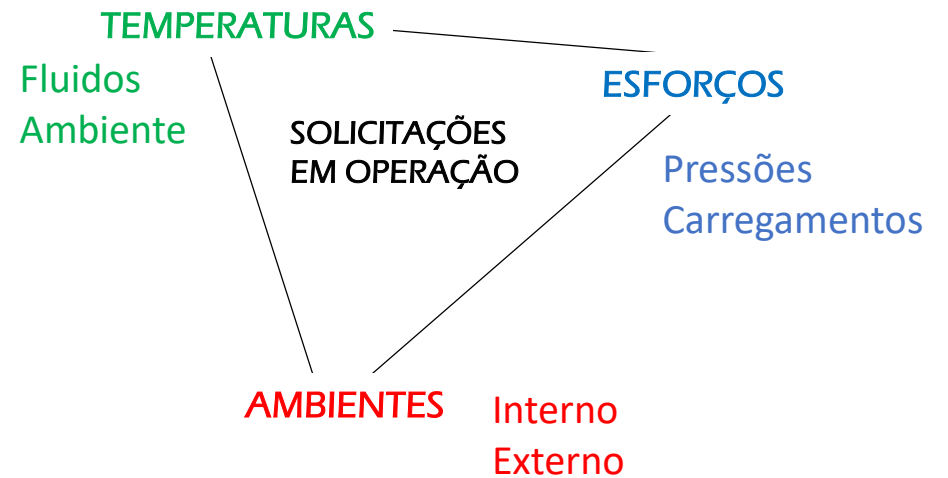
**SELEÇÃO DO MATERIAL  
X  
MÉTODO DE PROTEGER  
CONTRA O AMBIENTE**

**RESISTÊNCIA MECÂNICA**  
limite de escoamento  
espessura

**TENACIDADE**  
temperatura  
risco de falha

API 5L

**PROTEÇÃO CONTRA O AMBIENTE**  
revestimento externo e proteção catódica  
revestimento interno (cuidado com soldas de campo ...)



**RESISTÊNCIA MECÂNICA**

É a capacidade de um material resistir a aplicação de uma carga em uma determinada área.

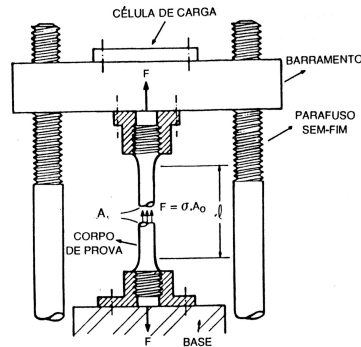
**TENSÃO LIMITE DE ESCOAMENTO (YS)** é a tensão máxima que pode ser aplicada sem que o material plastifique.

**TENSÃO LIMITE DE RESISTÊNCIA (US)** é a tensão máxima que o material pode ser submetido sem romper.

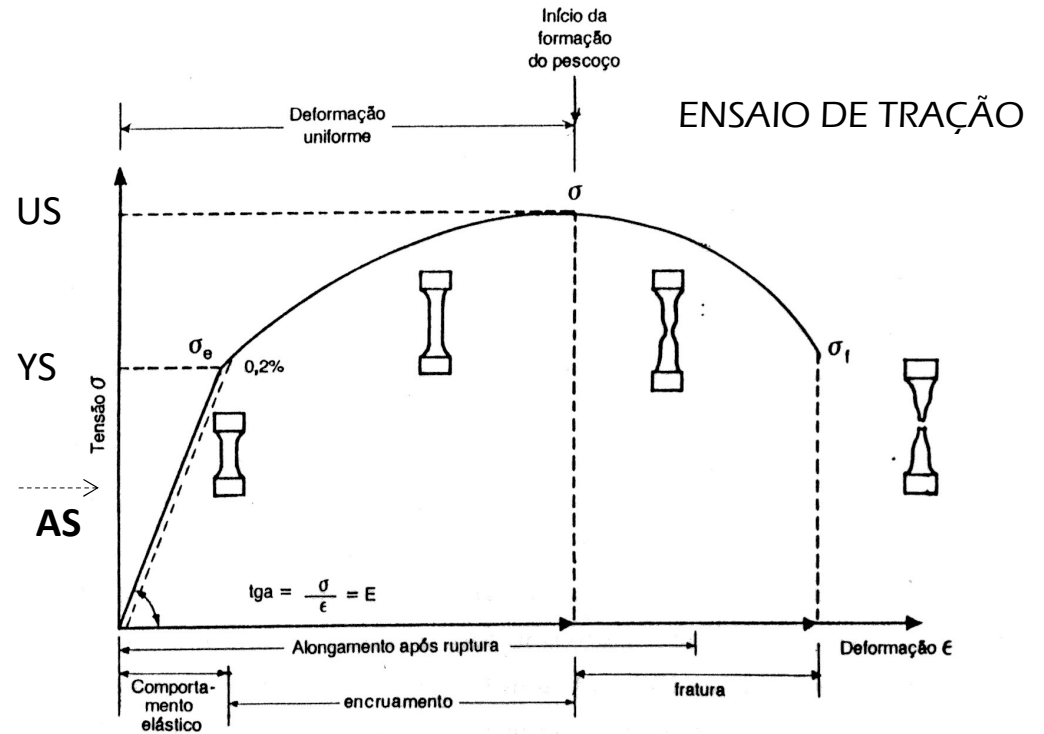
**TENSÃO ADMISSÍVEL** (ou allowable stress) é a máxima tensão (média, ou de membrana) aplicada em um projeto, considerando um fator de segurança em relação à propriedade do material.

tensão admissível (AS)

Propriedade . fator de segurança



Esquema de um ensaio de tração. Neste caso o corpo de prova é traçado pelo deslocamento de um barramento acionado pela rotação de parafusos sem-fim



Curva típica resultante de um ensaio de tração (tensão/deformação) e etapas do comportamento de um material dúctil durante o ensaio.

**Table 1 — Pipe grades, steel grades and acceptable delivery conditions**

PSL	Delivery condition	Pipe grade/steel grade <sup>a,b</sup>
PSL 1	As-rolled, normalizing rolled, normalized or normalizing formed	L175 or A25
		L175P or A25P
		L210 or A
	As-rolled, normalizing rolled, thermomechanical rolled, thermomechanical formed, normalizing formed, normalized, normalized and tempered; or, if agreed, quenched and tempered for SMLS pipe only	L245 or B
	As-rolled, normalizing rolled, thermomechanical rolled, thermomechanical formed, normalizing formed, normalized, normalized and tempered or quenched and tempered	L290 or X42
		L320 or X46
		L360 or X52
		L390 or X56
		L415 or X60
		L450 or X65
A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70	L485 or X70	
PSL 2	As-rolled	Graus B e X42
		L245R or BR
	Normalizing rolled, normalizing formed, normalized or normalized and tempered	Graus B e X até X60
		L290R or X42R
		L245N or BN
		L290N or X42N
		L320N or X46N
		L360N or X52N
		L390N or X56N
		L415N or X60N
	Quenched and tempered	Graus B e X até X80
		L245Q or BQ
		L290Q or X42Q
		L320Q or X46Q
		L360Q or X52Q
		L390Q or X56Q
		L415Q or X60Q
		L450Q or X65Q
		L485Q or X70Q
		L555Q or X80Q
L625Q or X90Q <sup>c</sup>		
L690Q or X100Q <sup>c</sup>		

## RESISTÊNCIA MECÂNICA E MÉTODOS DE OBTENÇÃO DEPENDENDO DO PSL

### API SPECIFICATION 5L

N – NORMALIZADO

Q – TEMPERADO E REVENIDO

M – COM TRATAMENTO TERMO-MECÂNICO

PSL	Delivery condition	Pipe grade/steel grade <sup>a,b</sup>
PSL 2	Thermomechanical rolled or thermomechanical formed	Graus B e X até X80
		L245M or BM
		L290M or X42M
		L320M or X46M
		L360M or X52M
		L390M or X56M
		L415M or X60M
		L450M or X65M
		L485M or X70M
		L555M or X80M
	Thermomechanical rolled	Graus X90, 100 e 120
		L625M or X90M
		L690M or X100M
	L830M or X120M	

<sup>a</sup> For intermediate grades, the steel grade shall be in one of the following formats: (1) The letter L followed by the specified minimum yield strength in MPa and, for PSL 2 pipe, the letter describing the delivery condition (R, N, Q or M) consistent with the above formats. (2) The letter X followed by a two or three digit number equal to the specified minimum yield strength in 1000 psi rounded down to the nearest integer and, for PSL 2 pipe, the letter describing the delivery condition (R, N, Q or M) consistent with the above formats.

<sup>b</sup> The suffix (R, N, Q or M) for PSL 2 grades belongs to the steel grade.

<sup>c</sup> Seamless only.



# API 5L “Specification for Line Pipe”

## NÍVEL DE ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO (PSL)

Este nível existe em diversas normas API e é determinado em função do risco de falha. Para tubos com menor risco (devido ao material ou devido ao uso) pode ser utilizado o PSL1 mas para tubos cujas falhas podem causar desastres ecológicos ou danos à vida deve ser utilizado PSL 2. Um material com PSL mais alto é um material com uma “qualidade” diferente.

Parameter
Grade range
Size range
Type of Pipe Ends
Seam welding
Electric welds: welder frequency
Heat treatment of electric welds
Chemistry: max C for seamless pipe
Chemistry: max C for welded pipe
Chemistry: max P
Chemistry: max S
Carbon Equivalent:
Yield Strength, Maximum
UTS, Maximum
Fracture Toughness
Nondestructive inspection of seamless
Repair by welding of pipe body, plate, and skelp
Repair by welding of weld seams without filler metal
Certification
Traceability

# RESISTÊNCIA MECÂNICA DEPENDENDO DO PSL

Table 6 — Requirements for the results of tensile tests for PSL 1 pipe

Pipe grade	Pipe body of seamless and welded pipes			Weld seam of EW, LW, SAW and COW pipes
	Yield strength <sup>a</sup>	Tensile strength <sup>a</sup>	Elongation (on 50 mm or 2 in)	Tensile strength <sup>b</sup>
	$R_{10,5}$ MPa (psi) minimum	$R_m$ MPa (psi) Minimum	$A_f$ % minimum	$R_m$ MPa (psi) Minimum
L175 or A25	175 (25 400)	310 (45 000)	c	310 (45 000)
L175P or A25P	175 (25 400)	310 (45 000)	c	310 (45 000)
L210 or A	210 (30 500)	335 (48 600)	c	335 (48 600)
L245 or B	245 (35 500)	415 (60 200)	c	415 (60 200)
L290 or X42	290 (42 100)	415 (60 200)	c	415 (60 200)
L320 or X46	320 (46 400)	435 (63 100)	c	435 (63 100)
L360 or X52	360 (52 200)	460 (66 700)	c	460 (66 700)
L390 or X56	390 (56 600)	490 (71 100)	c	490 (71 100)
L415 or X60	415 (60 200)	520 (75 400)	c	520 (75 400)
L450 or X65	450 (65 300)	535 (77 600)	c	535 (77 600)
L485 or X70	485 (70 300)	570 (82 700)	c	570 (82 700)

Table 7 — Requirements for the results of tensile tests for PSL 2 pipe

Pipe grade	Pipe body of seamless and welded pipes					Weld seam of HFW, SAW and COW pipes	
	Yield strength <sup>a</sup>		Tensile strength <sup>a</sup>		Ratio <sup>a, c</sup>	Elongation (on 50 mm or 2 in)	Tensile strength <sup>d</sup>
	$R_{10,5}$ MPa (psi)		$R_m$ MPa (psi)		$R_{10,5}/R_m$	$A_f$ %	$R_m$ MPa (psi)
	minimum	maximum	minimum	Maximum	maximum	minimum	minimum
L245R or BR L245N or BN L245Q or BQ L245M or BM	245 (35 500)	450 <sup>a</sup> (65 300) <sup>a</sup>	415 (60 200)	655 (95 000)	0,93	f	415 (60 200)
L290R or X42R L290N or X42N L290Q or X42Q L290M or X42M	290 (42 100)	495 (71 800)	415 (60 200)	655 (95 000)	0,93	f	415 (60 200)
L320N or X46N L320Q or X46Q L320M or X46M	320 (46 400)	525 (76 100)	435 (63 100)	655 (95 000)	0,93	f	435 (63 100)
L360N or X52N L360Q or X52Q L360M or X52M	360 (52 200)	530 (76 900)	460 (66 700)	760 (110 200)	0,93	f	460 (66 700)
L390N or X56N L390Q or X56Q L390M or X56M	390 (56 600)	545 (79 000)	490 (71 100)	760 (110 200)	0,93	f	490 (71 100)
L415N or X60N L415Q or X60Q L415M or X60M	415 (60 200)	565 (81 900)	520 (75 400)	760 (110 200)	0,93	f	520 (75 400)
L450Q or X65Q L450M or X65M	450 (65 300)	600 (87 000)	535 (77 600)	760 (110 200)	0,93	f	535 (77 600)
L485Q or X70Q L485M or X70M	485 (70 300)	635 (92 100)	570 (82 700)	760 (110 200)	0,93	f	570 (82 700)
L555Q or X80Q L555M or X80M	555 (80 500)	705 (102 300)	625 (90 600)	825 (119 700)	0,93	f	625 (90 600)
L625M or X90M	625 (90 600)	775 (112 400)	695 (100 800)	915 (132 700)	0,95	f	695 (100 800)
L625Q or X90Q	625 (90 600)	775 (112 400)	695 (100 800)	915 (132 700)	0,97 <sup>a</sup>	f	
L690M or X100M	690 <sup>b</sup> (100 100) <sup>b</sup>	840 <sup>b</sup> (121 800) <sup>b</sup>	760 (110 200)	990 (143 600)	0,97 <sup>f</sup>	f	760 (110 200)
L690Q or X100Q	690 <sup>b</sup> (100 100) <sup>b</sup>	840 <sup>b</sup> (121 800) <sup>b</sup>	760 (110 200)	990 (143 600)	0,97 <sup>f</sup>	f	
L830M or X120M	830 <sup>b</sup> (120 400) <sup>b</sup>	1 050 <sup>b</sup> (152 300) <sup>b</sup>	915 (132 700)	1 145 (166 100)	0,99 <sup>f</sup>	f	915 (132 700)

Table 2 — Acceptable processes of manufacture and product specification levels

Type of pipe or pipe end	PSL 1 pipe grade <sup>a</sup>					PSL 2 pipe grade <sup>a</sup>		
	L175 or A25 <sup>b</sup>	L175P or A25P <sup>b</sup>	L210 or A	L245 or B	L290 or X42 to L485 or X70	L245 or B to L555 or X80	> L555 or X80 to L690 or X100	>L690 or X100 to L830 or X120
<b>Type of pipe</b>								
SMLS	X	X	X	X	X	X	X	
CW	X	X						
LFW	X		X	X	X			
HFW	X		X	X	X	X		
LW					X			
SAWL <sup>c</sup>			X	X	X	X	X	X
SAWH <sup>d</sup>			X	X	X	X	X	X
COWL <sup>c</sup>			X	X	X	X		
COWH <sup>d</sup>			X	X	X	X		
<b>Type of pipe end</b>								
Belled end <sup>e</sup>	X		X	X	X			
Plain end	X		X	X	X	X	X	X
Plain end for special coupling	X		X	X				
Threaded end <sup>f</sup>	X	X	X	X				

<sup>a</sup> Intermediate grades are available if agreed, but limited to grades higher than Grade L290 or X42.

<sup>b</sup> Grades L175, L175P, A25 and A25P are limited to pipe with  $D \leq 141,3$  mm (5.563 in).

<sup>c</sup> Double-seam pipe is available if agreed, but limited to pipe with  $D \leq 914$  mm (36.000 in).

<sup>d</sup> Helical-seam pipe is limited to pipe with  $D \leq 114,3$  mm (4.500 in).

<sup>e</sup> Belled-end pipe is limited to pipe with  $D \leq 219,1$  mm (8.625 in) and  $t \leq 3,6$  mm (0.141 in).

<sup>f</sup> Threaded-end pipe is limited to SMLS and longitudinal seam welded pipes with  $D \leq 508$  mm (20.000 in).



Belled end

## PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO ACEITÁVEIS

### API SPECIFICATION 5L

4.56

seamless pipe  
SMLS pipe

pipe without a welded seam, produced by a hot-forming process, which can be followed by cold sizing or cold finishing to produce the desired shape, dimensions and properties

4.13

CW pipe

continuous welded pipe

tubular product having one longitudinal seam produced by continuous welding

4.34

low frequency electric welded pipe

LFW pipe

EW pipe produced with a welding current frequency less than 70 kHz

4.23

HFW pipe

high-frequency welded pipe

EW pipe produced with a welding current frequency equal to or greater than 70 kHz

4.33

laser welding

LW

process of forming a seam by using a laser-beam keyhole welding technique to produce melting and coalescence of the edges to be welded, with or without preheating of the edges, wherein shielding is obtained from an externally supplied gas or gas mixture

4.53

SAWH pipe

submerged-arc helical welded pipe

tubular product having one helical seam produced by the submerged-arc welding process

4.54

SAWL pipe

submerged-arc longitudinal welded pipe

tubular product having one or two longitudinal seams produced by submerged-arc welding

4.12

COW seam

combination welding seam

longitudinal or helical seam produced by a combination of gas metal-arc and submerged-arc welding wherein the gas-metal arc weld bead is not completely removed by the submerged-arc welding passes

4.19

electric welding

EW

process of forming a seam by electric-resistance welding, wherein the edges to be welded are mechanically pressed together and the heat for welding is generated by the resistance to flow of electric current applied by induction or conduction



# COMPOSIÇÃO QUÍMICA DEPENDENDO DO PSL E DO TIPO DE TUBO

# API SPECIFICATION 5L

Table 4 — Chemical composition for PSL 1 pipe with  $t \leq 25,0$  mm (0.984 in)

Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses <sup>a, g</sup>								Carbon equivalent <sup>a</sup> % maximum	
	C max. <sup>b</sup>	Mn max. <sup>b</sup>	P %		S max.	V max.	Nb max.	Ti max.		
<b>Seamless pipe</b>										
L175 or A25	0,21	0,60		0,030	0,030					
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030					
L210 or A	0,22	0,90		0,030	0,030					
L245 or B	0,28	1,20		0,030	0,030	c,d	c,d	d		
L290 or X42	0,28	1,30		0,030	0,030	d	d	d		
L320 or X46	0,28	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L360 or X52	0,28	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L390 or X56	0,28	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L415 or X60	0,28 <sup>e</sup>	1,40 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		
L450 or X65	0,28 <sup>e</sup>	1,40 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		
L485 or X70	0,28 <sup>e</sup>	1,40 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		

API 5L

COMPARAR O TEOR DE CARBONO E DE IMPUREZAS ENTRE TUBOS COM E SEM COSTURA, E ENTRE PSL1 E PSL2 ...

Table 5 — Chemical composition for PSL 2 pipe with  $t \leq 25,0$  mm (0.984 in)

Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses % maximum									Carbon equivalent <sup>a</sup> % maximum	
	C <sup>b</sup>	Si	Mn <sup>b</sup>	P	S	V	Nb	Ti	Other		
<b>Seamless and welded pipes</b>											
L245R or BR	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	c	c	0,04	e	0,43	0,25
L290R or X42R	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L245N or BN	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	c	c	0,04	e	0,43	0,25
L290N or X42N	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320N or X46N	0,24	0,40	1,40	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L360N or X52N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L390N or X56N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10 <sup>f</sup>	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L415N or X60N	0,24 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,40 <sup>f</sup>	0,025	0,015	0,10 <sup>f</sup>	0,05 <sup>f</sup>	0,04 <sup>f</sup>	g,h	as agreed	
L245Q or BQ	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L290Q or X42Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320Q or X46Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L360Q or X52Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L390Q or X56Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L415Q or X60Q	0,18 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,70 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L450Q or X65Q	0,18 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,70 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L485Q or X70Q	0,18 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,80 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L555Q or X80Q	0,18 <sup>†</sup>	0,45 <sup>†</sup>	1,90 <sup>†</sup>	0,025	0,015	g	g	g	i	as agreed	
L625Q or X90Q	0,16 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,90	0,020	0,010	g	g	g	j,k	as agreed	
L690Q or X100Q	0,16 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,90	0,020	0,010	g	g	g	j,k	as agreed	

# COMPOSIÇÃO QUÍMICA DEPENDENDO DO PSL E DO TIPO DE TUBO

## API SPECIFICATION 5L

Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses <sup>a, g</sup>								Carbon equivalent <sup>a</sup>	
	C max. <sup>b</sup>	Mn max. <sup>b</sup>	P min.	S max.	V max.	Nb max.	Ti max.	CE <sub>IW</sub>	CE <sub>PCM</sub>	
<b>Welded pipe</b>										
L175 or A25	0,21	0,60		0,030	0,030					
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030					
L210 or A	0,22	0,90		0,030	0,030					
L245 or B	0,26	1,20		0,030	0,030	c,d	c,d	d		
L290 or X42	0,26	1,30		0,030	0,030	d	d	d		
L320 or X46	0,26	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L360 or X52	0,26	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L390 or X56	0,26	1,40		0,030	0,030	d	d	d		
L415 or X60	0,26 <sup>e</sup>	1,40 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		
L450 or X65	0,26 <sup>e</sup>	1,45 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		
L485 or X70	0,26 <sup>e</sup>	1,65 <sup>e</sup>		0,030	0,030	f	f	f		

<sup>a</sup> Cu 0,50 %; Ni 0,50 %; Cr 0,50 % and Mo 0,15%  
<sup>b</sup> For each reduction of 0,01 % below the specified maximum concentration for carbon, an increase of 0,05 % above the specified maximum concentration for Mn is permissible, up to a maximum of 1,65 % for grades L245 or B, but L360 or X52; up to a maximum of 1,75 % for grades > L360 or X52, but < L485 or X70; and up to a maximum of 2,00 % for grade L485 or X70.  
<sup>c</sup> Unless otherwise agreed, Nb + V 0,06 %.  
<sup>d</sup> Nb + V + Ti 0,15 %.  
<sup>e</sup> Unless otherwise agreed.  
<sup>f</sup> Unless otherwise agreed, Nb + V + Ti 0,15 %.  
<sup>g</sup> No deliberate addition of B is permitted and the residual B 0,001 %.

Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses % maximum									Carbon equivalent <sup>a</sup> % maximum	
	C <sup>b</sup>	Si	Mn <sup>b</sup>	P	S	V	Nb	Ti	Other	CE <sub>IW</sub>	CE <sub>PCM</sub>
<b>Welded pipe</b>											
L245M or BM	0,22	0,45	1,20	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L290M or X42M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320M or X46M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L360M or X52M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e	0,43	0,25
L390M or X56M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e	0,43	0,25
L415M or X60M	0,12 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,60 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L450M or X65M	0,12 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,60 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L485M or X70M	0,12 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,70 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L555M or X80M	0,12 <sup>f</sup>	0,45 <sup>f</sup>	1,85 <sup>f</sup>	0,025	0,015	g	g	g	ij	0,43 <sup>f</sup>	0,25
L625M or X90M	0,10	0,55 <sup>f</sup>	2,10 <sup>f</sup>	0,020	0,010	g	g	g	ij		0,25
L690M or X100M	0,10	0,55 <sup>f</sup>	2,10 <sup>f</sup>	0,020	0,010	g	g	g	ij		0,25
L830M or X120M	0,10	0,55 <sup>f</sup>	2,10 <sup>f</sup>	0,020	0,010	g	g	g	ij		0,25

Table 5 — Chemical composition for PSL 2 pipe with  $t \leq 25,0$  mm (0.984 in) (continued)

<sup>a</sup> Based upon product analysis. For seamless pipe with  $t > 20,0$  mm (0.787 in), the CE limits shall be as agreed. The CE<sub>IW</sub> limits apply if C > 0,12 % and the CE<sub>PCM</sub> limits apply if C 0,12 %.

<sup>b</sup> For each reduction of 0,01 % below the specified maximum for C, an increase of 0,05 % above the specified maximum for Mn is permissible, up to a maximum of 1,65 % for grades L245 or B, but L360 or X52; up to a maximum of 1,75 % for grades > L360 or X52, but < L485 or X70; up to a maximum of 2,00 % for grades L485 or X70, but L555 or X80; and up to a maximum of 2,20 % for grades > L555 or X80.

<sup>c</sup> Unless otherwise agreed, Nb + V 0,06 %.

<sup>d</sup> Nb + V + Ti 0,15 %.

<sup>e</sup> Unless otherwise agreed, Cu 0,50 %; Ni 0,30 %; Cr 0,30% and Mo 0,15 %.

<sup>f</sup> Unless otherwise agreed.

<sup>g</sup> Unless otherwise agreed, Nb + V + Ti 0,15 %.

<sup>h</sup> Unless otherwise agreed, Cu 0,50 %; Ni 0,50 %; Cr 0,50% and Mo 0,50 %.

<sup>i</sup> Unless otherwise agreed, Cu 0,50 %; Ni 1,00 %; Cr 0,50% and Mo 0,50 %.

<sup>j</sup> B 0,004 %.

<sup>k</sup> Unless otherwise agreed, Cu 0,50 %; Ni 1,00 %; Cr 0,55% and Mo 0,80 %.

<sup>l</sup> For all PSL 2 pipe grades except those grades to which footnote j already applies, the following applies. Unless otherwise agreed no intentional addition of B is permitted and residual B 0,001%.

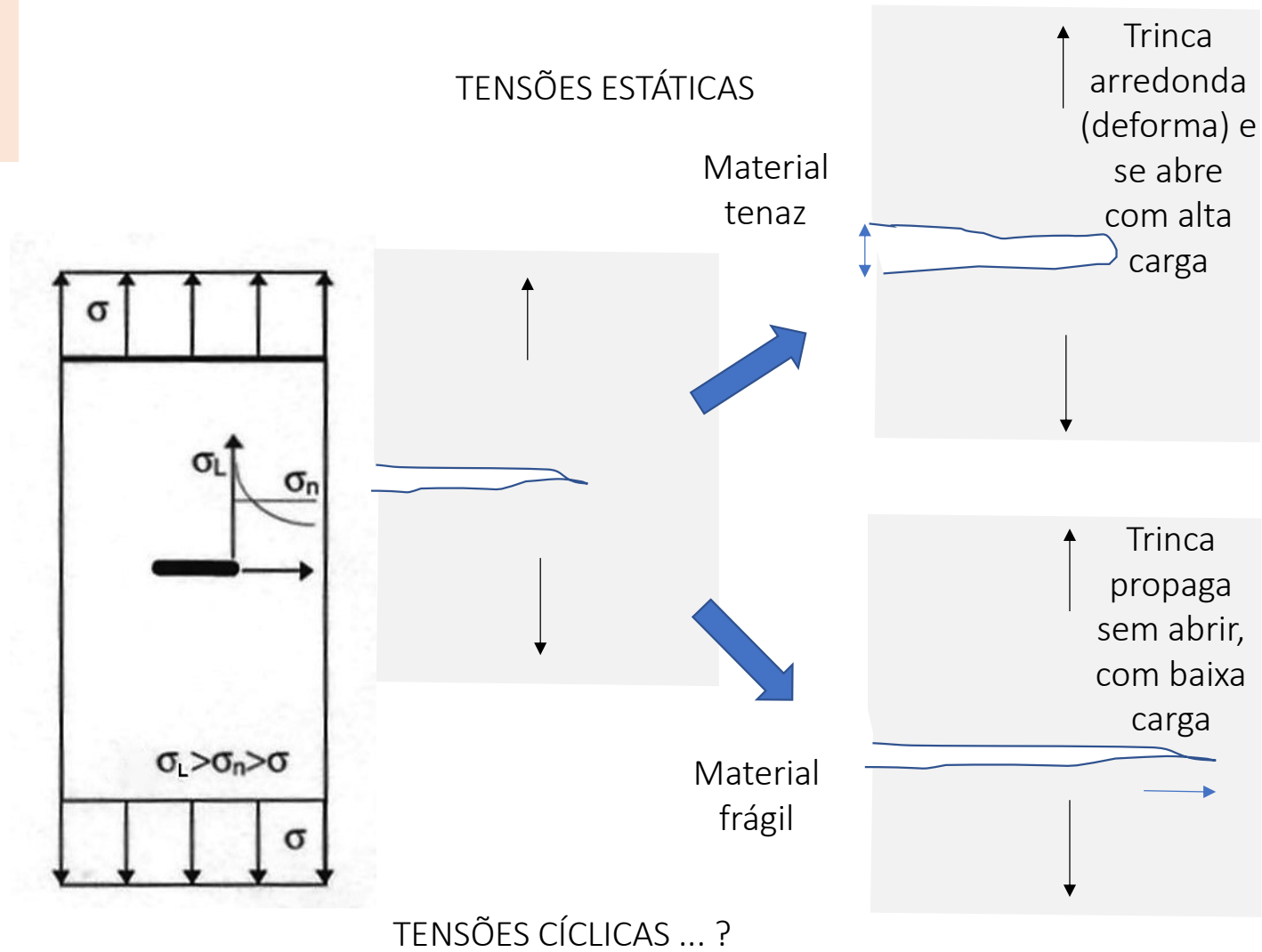
**SELEÇÃO DO MATERIAL  
X  
MÉTODO DE PROTEGER  
CONTRA O AMBIENTE**

**RESISTÊNCIA MECÂNICA**  
limite de escoamento  
espessura

**TENACIDADE**  
temperatura  
**risco de falha**

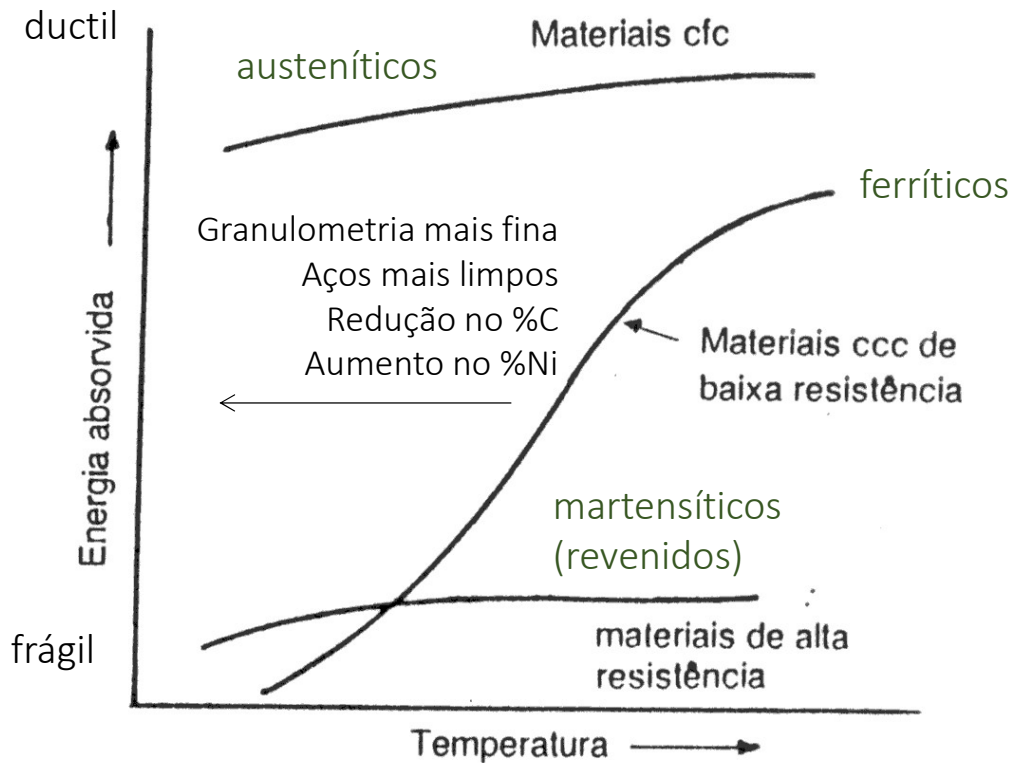
API 5L

# CONCENTRADOR DE TENSÕES



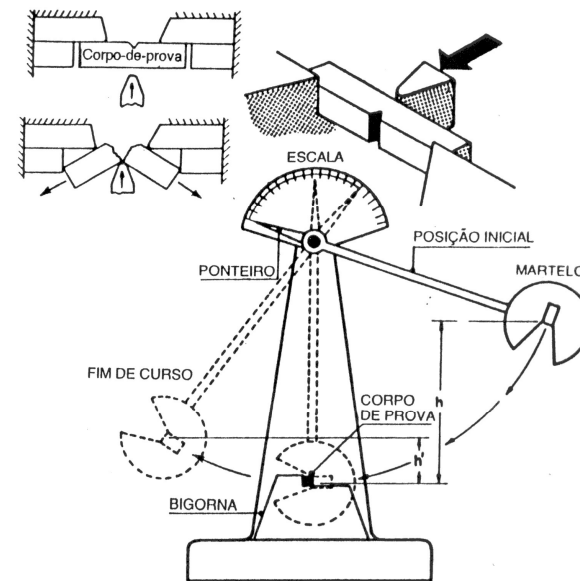


# OS MATERIAIS E A TENACIDADE MEDIDA NO ENSAIO CHARPY V, E SUA VARIAÇÃO COM A TEMPERATURA



Materiais de estrutura:

- Austenítica raramente fragilizam com a temperatura
- Martensítica em geral tem dificuldade de absorver muita energia
- Ferrítica sofrem transição de comportamento com a temperatura
  - Acima da temperatura de transição absorvem muita energia
  - Abaixo da temperatura de transição absorvem muito pouca energia



## RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Capacidade de um material absorver energia antes de romper mesmo estando em condições críticas de carregamento (dinâmico), temperatura (baixa) e com a presença de um concentrador de tensões (entalhe).

**Table 8 — CVN absorbed energy requirements for pipe body of PSL 2 pipe**

Specified outside diameter <i>D</i> mm (in)	Full-size CVN absorbed energy, minimum						
	<i>K<sub>V</sub></i> J (ft·lbf)						
	Grade						
	L415 or X60	> L415 or X60 to L450 or X65	> L450 or X65 to L485 or X70	> L485 or X70 to L555 or X80	> L555 or X80 to L625 or X90	> L625 or X90 to L690 or X100	> L690 or X100 to L830 or X120
508 (20.000)	27 (20)	27 (20)	27 (20)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)
> 508 (20.000) to 762 (30.000)	27 (20)	27 (20)	27 (20)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)
> 762 (30.000) to 914 (36.000)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	54 (40)	54 (40)
> 914 (36.000) to 1 219 (48.000)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	40 (30)	54 (40)	68 (50)
> 1 219 (48.000) to 1 422 (56.000)	40 (30)	54 (40)	54 (40)	54 (40)	54 (40)	68 (50)	81 (60)
> 1 422 (56.000) to 2 134 (84.000)	40 (30)	54 (40)	68 (50)	68 (50)	81 (60)	95 (70)	108 (80)

**TENACIDADE APENAS PARA PSL2**

**9.8.2 Pipe body tests**

**9.8.2.1** The minimum average (of a set of three test pieces) absorbed energy for each pipe body test shall be as given in Table 8, based upon full-size test pieces and a test temperature of 0 °C (32 °F) or, if agreed, a lower test temperature.

## Line Pipe



<b>Annex A</b> (informative) <b>API Monogram Program: Use of the API Monogram by Licensees</b> .....	
<b>Annex B</b> (normative) <b>Manufacturing Procedure Qualification for PSL 2 Pipe</b> .....	
<b>Annex C</b> (normative) <b>Treatment of Surface Imperfections and Defects</b> .....	
<b>Annex D</b> (normative) <b>Repair Welding Procedure</b> .....	
<b>Annex E</b> (normative) <b>Nondestructive Inspection for Pipe Not Required to Meet Annex H, J, or N</b> .....	
<b>Annex F</b> (normative) <b>Requirements for Couplings (PSL 1 Only)</b> .....	
<b>Annex G</b> (normative) <b>PSL 2 Pipe with Resistance to Ductile Fracture Propagation</b> .....	
<b>Annex H</b> (normative) <b>PSL 2 Pipe Ordered for Sour Service</b> .....	
<b>Annex I</b> (normative) <b>Pipe Ordered as TFL Pipe</b> .....	
<b>Annex J</b> (normative) <b>PSL 2 Pipe Ordered for Offshore Service</b> .....	
<b>Annex K</b> (normative) <b>Nondestructive Inspection for Pipe Ordered for Sour Service, Offshore Service, and/or Service Requiring Longitudinal Plastic Strain Capacity</b> .....	
<b>Annex L</b> (informative) <b>Steel Designations</b> .....	
<b>Annex M</b> (normative) <b>Specification for Welded Joints</b> .....	
<b>Annex N</b> (normative) <b>PSL 2 Pipe Ordered for Applications Requiring Longitudinal Plastic Strain Capacity</b> .....	





# MATERIAL PARA USO EM DUTOS

1. Baixo custo (aço ao C ou baixa liga);
2. Fabricação por um processo contínuo (laminação, extrusão).
3. Dependendo do grau de resistência selecionado, pode precisar de mais alta resistência mecânica, obtida pelo refino de grão.
4. Dependendo dos requisitos do cliente em relação ao risco, pode precisar ter tenacidade, obtida pelo refino de grão e baixo carbono.
5. Se precisar ser muito resistente à corrosão em relação aos fluidos internos e não puder contar com revestimento, pode ser usado um clad ou liner CRA.
6. Precisa obter as propriedades, mesmo quando especiais, por um método adequado a grandes comprimentos (laminação controlada, tratamento térmico contínuo).
7. Precisa ser facilmente soldado em campo.



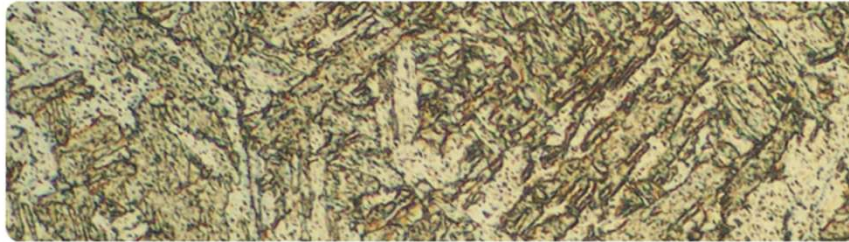
**Annelise Zeemann**  
Consultor em Materiais

 **TECMETAL SOLUÇÕES  
TECNOLÓGICAS EM  
MATERIAIS**

 **Universidade Federal do Rio  
de Janeiro**

Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil · [Contact info](#)

[10,712 followers](#) · [500+ connections](#)



**Materials Life**


@materialslife5690 · 7,33 mil inscritos · 92 vídeos

Canal brasileiro da Materials.Life, empresa criada em 2016 para disseminar informações

[materials.life](#) e mais 3 links



**MATERIALS  
.LIFE**

 materials.life

Search by keywords

COMBINE YOUR SEARCH

<b>M</b> MATERIAL	<b>P</b> PRODUCT	<b>Ap</b> APPLICATION
<b>C</b> CONDITION	<b>Cm</b> CAPTURE METHOD	<b>Df</b> DETAIL FOCUS

Banco de Imagens  
Materiais Metálicos  
[www.materials.life](http://www.materials.life)

## OBRIGADA PELA ATENÇÃO

ACESSE OS CANAIS PARA DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÕES  
TÉCNICAS DA “MATERIALS LIFE”, CASO TENHA INTERESSE EM  
MATERIAIS METÁLICOS DE USO NA ENGENHARIA.

Instagram



Instagram

[instagram.com/materialslife/?hl=pt-br](https://www.instagram.com/materialslife/?hl=pt-br)



materialslife

Seguir

Enviar mensagem

332 publicações

2.394 seguidores

154 seguindo

Materials Life

Materials Engineering is our passion.

[www.materials.life](http://www.materials.life)

[www.youtube.com/channel/UC8JjvZsU1wQGwZ8JvIcNNLQ](https://www.youtube.com/channel/UC8JjvZsU1wQGwZ8JvIcNNLQ)