

Tubos de Ferro Fundido Centrifugado

Especificação para o seu Recebimento na Repartição de Aguas e Esgotos

Pelo Eng.^o F. I. de Araujo Silva

Encarregado de ensaios de materiaes

Em 20 de abril do corrente anno apresentámos á Directoria da Repartição de Aguas um estudo de especificação de tubos de ferro fundido centrifugado, e nessa occasião lembrámos a conveniencia de se pedir o parecer da secção de construcção, assim como o do fabricante nacional daquelle producto. No intuito de ouvir todos os interessados, a Directoria da Repartição de Aguas deliberou, em data de 26 de junho do corrente, fazer publicar dito estudo no Diario Official do Estado, com caracter de "ante-projecto", expedindo circulares a todos os interessados, inclusivamente os importadores, e dando o prazo de dois meses para receber suggestões. Chegadas estas, foi logo iniciado o estudo do projecto definitivo.

Ha alguns annos vimos tentando a elaboração de uma especificação completa para recebimento de tubos de ferro fundido na Repartição de Aguas. Difficultades varias, entretanto, têm sempre retardado nosso objectivo. Uma dessas difficuldades foi o dever precipuo que nos assistia de, em primeiro lugar fixar condições technicas taes que não desamparassem a industria nacional. Ora essa industria luctava, de inicio, com falhas de toda natureza, desde a materia prima até o corpo technico e operariado especialisado, sabido como é que estes ultimos elementos não se improvisam.

Occorre ainda que a industria de tubos de ferro fundido entre nós desenvolveu exclusivamente o fabrício do typo centrifugado, da patente *Arens — De Lavaud*, quando no estrangeiro o typo mais corrente de exportação ainda era o de fundição vertical. (Quando falamos em material estrangeiro, queremos nos referir naturalmente áquelle que, por condições commerciaes proprias, tem entrado no nosso mercado, como por exemplo, o de procedencia allemã, franceza, ingleza, iaponeza, belga, etc.). Tratando-se, assim, de materiaes de condições de fabrício muito diferentes, impossivel se tornava condensar numa unica especificação as condições technicas de recebimento.

Logo que começaram a aparecer no nosso mercado offerecimentos de tubos centrifugados de importação, typo evidentemente superior ao de fundição vertical, outra difficuldade se apresentou. A industria nacional, posto que assás melhorada, não lograva igualar-se ainda ao padrão de qualidade apresentado pelo material similar importado. Esta perfeição inicial com que se apresentou o centrifugado estrangeiro, em condição de superioridade sobre o nacional, é perfeitamente comprehensivel, sabido como é o alto grão de adeantamento da technica nas grandes usinas metallurgicas estrangeiras.

Em fins de 1935 julgámos chegado o momento opportuno de estabelecermos as nossas condições technicas de recebimento, baseadas no typo então universal de tubos centrifugados em coquilhas metallicas. Si a fundição vertical representou um passo para a frente, em relação á fundição horizontal, na escala ascensional de qualidade, outro passo deveríamos dar, adoptando o typo centrifugado, cuja consagração se firma dia a dia, posto que ainda estejamos limitados neste terreno, a uma fabricação que só vai até o maximo de 500 mm. de diâmetro.

Em principios de 1936 verificámos com satisfação que as características mecanicas dos tubos nacionaes eram comparaveis ás dos bons tubos estrangeiros. Restavam entretanto ainda por melhorar alguns detalhes importantes de fabrico, taes como: perfeição no acabamento da superficie interna, regularidade na espessura das paredes e no diâmetro interno, introducção de aperfeiçoamentos no perfil da junta, melhoria no revestimento protector.

Chegada ao ponto em que chegou a nossa industria, e tendo já obtido o essencial em materia de características mecanicas, julgámos o momento proprio para exigir della que completasse e melhorasse o seu producto de forma a poder se enquadrar num padrão que nada ficasse a dever ao estrangeiro.

Attendendo á circular da Repartição de Aguas, apresentaram sugestões ao ante-projecto publicado no Diario Official do Estado os fabricantes: S. A. Metallurgique d'Aubrives et Villerupt (França), Cie. Générale des Conduits d'Eau (Belgica), S. A. Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson (França) e Barbará S. A. (Brasil). Os trabalhos apresentados pelos dois ultimos fabricantes foram os que discordaram mais do ante-projecto e por isso, neste estudo, commentámos, discutindo os itens essenciaes e explanando as razões em que nos apoiámos para aceitar ou recusar as propostas feitas.

Apreciação ás suggestões apresentadas pelas Fonderies de Pont-à-Mousson:

Artigo 3. — Neste artigo a fabrica francesa propõe a fixação de limites para os teores de alguns elementos que entram na composição chimica do tubo, assim como fixação de outras condições de fabricação.

Reproduziremos na integra a redacção proposta ao artigo 3 do ante-projecto :

"Article 3. — La teneur en Mn sera inférieure à 0.80%. La teneur en soufre ne sera pas supérieure à 0.10%. La teneur en Si sera comprise entre 1.50 et 2.50%. — La fonte pourra être fondue au cubilot ou par toute autre appareil de fusion susceptible de fournir um métal de composition normale e régulière et dans un état physique convenable pour la coulée de pièces saines et résistantes. Le lit de fusion sera constitué par de la fonte neuve coulée en gueuses propres de dimensions adéquates, et par les bocages et déchets propres de fabrication. La proportion de bocages et de déchets ne devra toutefois pas dépasser 40% de l'ensemble de la fonte liquide utilisée. Pour le contrôle de la teneur en carbone, on pourra y adjoindre jusqu'à 10% maximum de riblons d'acier non oxydés et de dimensions suffisamment réduites pour une fusion et une marche régulière du cubilot. Seront formellement exclues les ferrailles de récupération d'origine incertaine et susceptibles d'introduire des éléments anormaux ou indésirables. Tout le métal destiné au cubilot devra être divisé en lots de composition homogène et d'analyse connue. Chaque charge sera pesée de manière rigoureuse et comportera un poids contrôle de chaque constituant. — Le combustible sera de nature à donner une opération normale et régulière, et introduit en quantité suffisante pour produire un métal à la température nécessaire. — Les charges de combustible seront rigoureusement pesées et additionnées de la quantité de fondant nécessaire à la bonne marche de l'opération. — En vue de faire disparaître l'hérédité fâcheuse de certaines fontes et d'assurer une homogénéité parfaite du bain, l'opération devra être conduite de telle manière que la fonte prélevée au cubilot, sorte à une température supérieure à 1350°, température lue au pyromètre optique sur la surface du jet de fonte au trou de coulée du cubilot."

Não julgamos ser esse o melhor criterio a adoptar em uma especificação de recebimento. Daremos dois exemplos para demostrar os inconvenientes que dahi podem originar : 1.) si fixarmos o teor maximo de silicio em 2, 5%, como propõe a Pont-à-Mousson, excluiremos dos nossos fornecimentos uma grande fabrica que desde cerca de 40 annos fornece canalisações de ferro fundido para todos os mercados mundiaes. A analyse chimica do ferro de seus tubos centrifugados revela o teor de até 2, 90 de Si; 2.) si, por outro lado, adoptassemos o criterio da Especificação "Standard" Japoneza, que fixa o teor maximo permissivel de phosphoro em 0. 4%, excluiríamos quasi todos os productos da bacia da Lorraine, que tem entretanto, como é sabido, grande aceitação, pela sua alta qualidade.

De um modo geral, a nosso vêr, o projecto sugerido pela Pont-à-Mousson é mais applicavel a uma *especificação de fabricação*, o que não é o nosso caso, tanto mais que objectivámos, no estabelecimento das normas, a possibilidade de adquirirmos material de diversas procedencias, mantidas certas características dentro de limites fixados. Necessariamente as condições de fabricação variarão de acordo com as condições locaes, sobretudo devido á natureza da matéria prima.

Á vista dessas considerações achámos melhor adoptar o criterio seguido pelas especificações da Cidade de Paris, da American Society for Testing Materials, da British Standards Association além de outras, que não entram em detalhes de composição chimica e de fabricação.

Artigo 4. — Não vemos inconveniente em ampliar o limite de 210 unidades Brinell, para 240, como proposto. Temos observado que o material com este ultimo indice de dureza é perfeitamente trabalhavel ao corta-frio e perfeitamente rosqueável. Pelos ensaios feitos verificámos que acima deste limite a resistencia dos aneis de prova (exigida no artigo 22) cae abaixo do minimo permittido na nossa especificação.

Artigo 12. — A Pont-à-Mousson propõe adoptarem-se as seguintes tolerancias para os diametros da junta:

Sobre o diametro externo da ponta: $+2/3F$ e $- \frac{1}{2}F$

Sobre o diametro interno da bolsa: $+ \frac{1}{2}F$ e $- 1/3F$

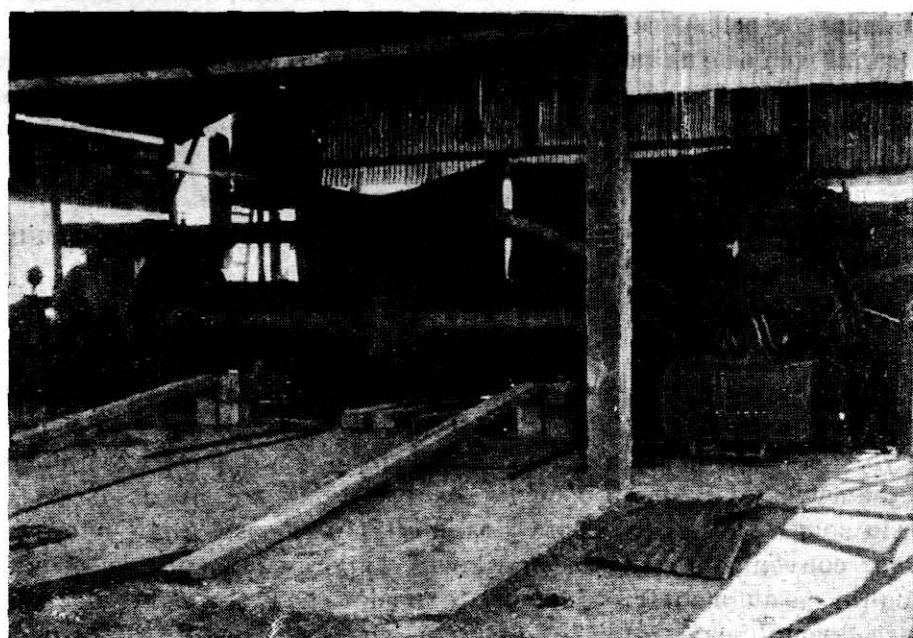
Ora, essas tolerancias propostas para as dimensões da junta admittiriam a reducção destas a 3.7, 4.2 e 5.0 mm., respectivamente para os tubos de 75, 250 e 500 mm. de diametro interno (citamos, para exemplificar, os diametros extremos e o médio), o que reputamos escasso, de acordo com a pratica corrente dos nossos serviços. Aliás não seria talvez conveniente ao fabricante levar o aproveitamento da coquilha a ponto de augmentar o diametro externo de $2/3$ de F, ou sejam (para exemplificar), 5.0, 5.7, e 6.7 mm., respectivamente para os tubos de 75, 250 e 500 mm. de diametro, pois então ahí já haveria excesso de consumo de ferro para espessuras iguaes.

Artigo 14. — A Usina Pont-à-Mousson propõe adoptar-se a formula $1\text{mm} + 5\%$ para tolerancia na espessura da parede dos tubos. Julgamos o criterio proposto pela Pont-à-Mousson mais racional do que o do texto do ante-projecto. Fazendo-se, porém, o calculo baseado na formula $1\text{mm} + 5\%$, attingem-se valores entre 11 e 18% da espessura, o que é exagerado. A melhor solução que encontrámos foi $1\text{mm} + 4\%$, que dá valores para tolerancia entre 10% (tubos maiores) e 16% (tubos menores), valores que aliás muito se approximam dos dados pela tabella da especificação adoptada no continente europeu.

Artigo 15. — Quanto á tolerancia para o diametro interno, condensámos numa tabella, com valores praticos, as mesmas exigencias propostas no ante-projecto, ou seja, approximadamente o dobro da tolerancia na espessura das paredes.

Artigo 18. — Aceitámos a modificação proposta neste artigo, ampliando de 1,25 para 1,50 mm. a tolerancia na curvatura dos tubos. De facto, a curvatura dos tubos não é um defeito grave para o caso dos centrifugados, e como ella aumenta proporcionalmente ao quadrado do comprimento, a tolerancia de apenas 1,25 para os tubos compridos, como modernamente se fabrica, seria muito exigente.

Artigo 21. — A Pont-à-Mousson suggeriu a conveniencia de ser a prova hidráulica feita antes do revestimento protector ou de, no caso de ser feita após o revestimento, elevar-se a exigencia ao dobro. Preferimos adoptar a primeira alternativa, reconhecendo que a prova feita após o banho de revestimento, pôde não revelar inteiramente e mais facilmente os porosidades muito pequenos.

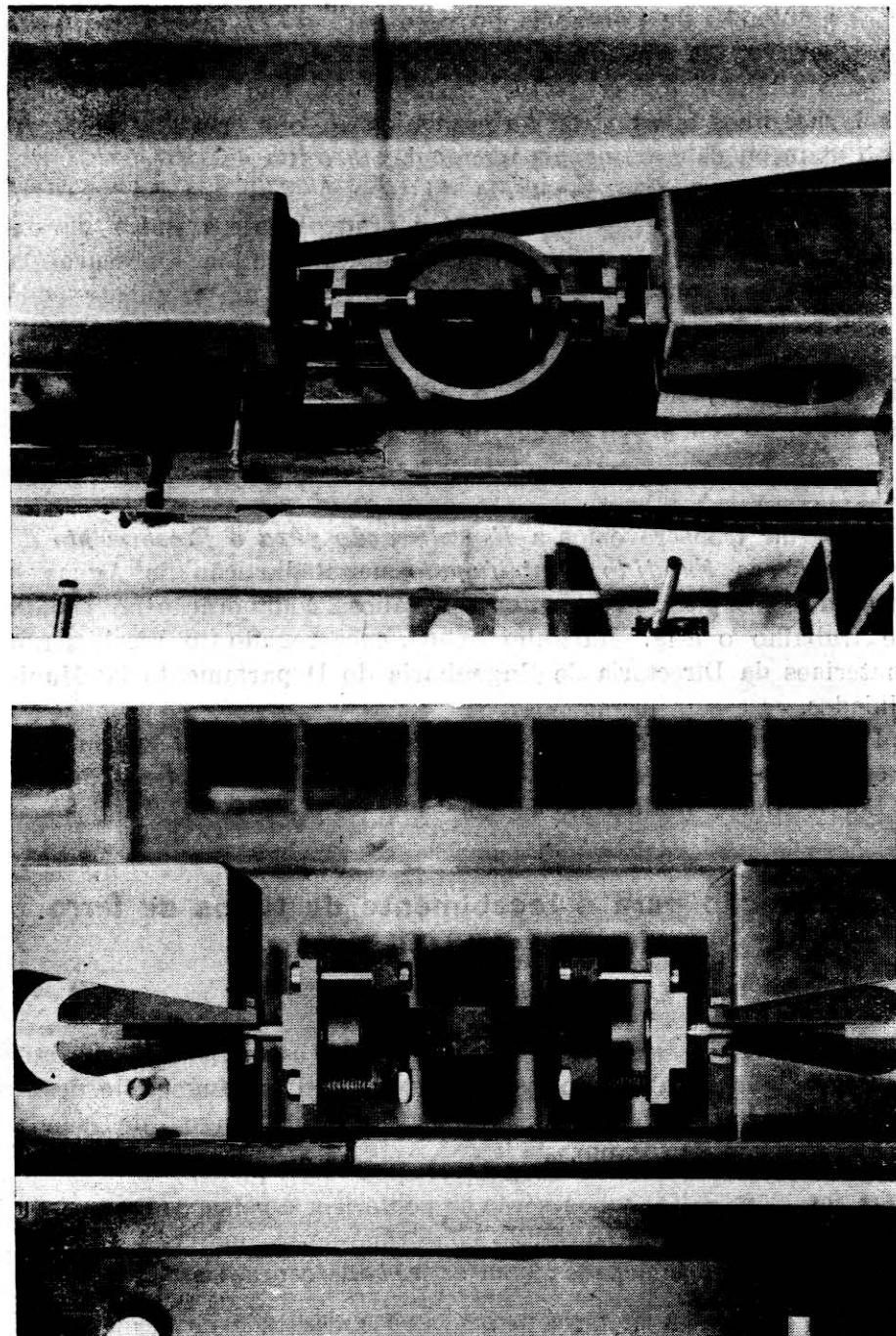


Prensa hidráulica recentemente adquirida pela Repartição de Aguas, para ensaio de pressão interna de tubos até 1250 m/m de diâmetro interno.

Como essas provas já são assás severas (principalmente para os tubos de mais de 300mm. das classes LA e A, que são de menor espessura do que os do tipo antigo de fundição vertical), não julgámos necessário introduzir nenhuma nova exigencia para o caso dos tubos serem experimentados nos nossos depositos, e portanto depois de já ter recebido o revestimento protector.

Apreciação ás suggestões apresentadas pelas usinas Barbará S.A.:

A firma Barbará S. A., actualmente unica productora de tubos nacionaes, enviou-nos tambem sua resposta, manifestando-se de accôrdo com a redacção do ante-projecto. Ponderando, porém, certas dificulda-



Dispositivo articulado para ensaio de anel (artigo 22 da Especificação), montado numa máquina de tração
Ansler do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

des com que ainda lucta, e a necessidade de algum prazo para introdução de aperfeiçoamentos no material de sua fabricação, suggerem, para o producto nacional: a) dispensa, até o fim do anno corrente, das exigencias de anel de centragem na bolsa e de esmerilhamento dos tubos; b) ampliação da tolerancia no peso para $\pm 7\%$ até o fim deste anno e para $\pm 6\%$ até o fim do anno de 1938.

Para attender á suggestão constante do item *a*, perfeitamente cabivel, redigimos o artigo 25 da especificação, que cria uma excepção para o material de procedencia nacional, até o fim de 1937.

Quanto á suggestão constante do item *b* não nos foi possivel attender. De facto, a exigencia de 5% é praticamente a unica garantia que temos para a verificação da uniformidade da espessura da parede, pois como é sabido, afóra esse recurso, a uniformidade pôde ser verificada directamente sómente na ponta do tubo. Por outro lado, a criação das tres classes de tubos — leve, média e pesada — constante do ante-projecto, permite ao fabricante larga flexibilidade na classificação de seu producto quanto ao peso.

A seguir transcrevemos a *Especificação para o Recebimento de Tubos de Ferro Fundido Centrifugado* na Repartição de Aguas e Esgotos desta Capital. Prestou-nos sua valiosa collaboração no estudo desse trabalho o Eng.^o Martinho Uchôa, encarregado do recebimento de materiaes da Directoria de Engenharia do Departamento das Municipalidades.

Para fixação das características mecanicas exigíveis, encaminhámos corpos de prova ao Instituto de Pesquisas Technológicas, da Escola Polytechnica, que executou os ensaios pedidos.

Especificação para o recebimento de tubos de ferro fundido centrifugado

Adoptada em 29-10-1937

Objecto desta especificação 1. — Esta especificação abrange os tubos de ferro fundido fabricados pelo processo de centrifugação e destinados ao serviço de abastecimento de agua da cidade de São Paulo.

Natureza dos tubos 2. — Os tubos serão de ponta lisa e bolsa com anel de centragem, devendo conformarem-se, quanto á qualidade e dimensões, com a presente especificação.

Material 3. — A materia prima será constituida de ferro guza, á qual poderá ser adicionada socata de bôa qualidade, não sendo tolerada adição de metal inferior.

Dureza 4. — Os tubos centrifugados, qualquer que seja o processo de centrifugação usado, deverão ser facilmente

trabalhaveis ao corte, furação e rosqueamento. Seu índice de dureza superficial não será superior a 240 unidades Brinell.

- Limpeza** 5. — Os tubos serão limpos e lisos internamente e externamente, devendo quaisquer asperezas ou rebarbas serem removidas a esmeril ou outro processo adequado.
- Revestimento** 6. — Os tubos serão revestidos internamente e externamente, após aquecimento adequado, com uma solução Angus Smith ou outra equivalente, de modo a obter-se uma camada lisa, elástica, não pegajosa, que não escame e não communique gosto á agua.
- Marcação** 7. — Os tubos deverão trazer, fundida ou gravada, a indicação do nome do fabricante e do anno de fabricação.
- Peso** 8. — Cada tubo será pesado na fabrica, depois de revestido, e o seu peso claramente marcado a punção ou a tinta branca, em lugar conveniente.
- Ausencia de defeitos** 9. — Os tubos deverão ser rectos, de boa fundição, isentos de escamas, gotas frias, bolhas ou outros defeitos que os tornem inadequados para o uso a que são destinados. Não serão permitidos tapulhos, enchimentos, soldas ou outros quaisquer reparos.
- Classificação** 10. — Serão admittidas tres classes de tubos, de accôrdo com a espessura da parede e a prova de pressão interna a que serão submettidos:
- | |
|---|
| Classe L A — Pressão de prova 15 ks/cm ² |
| Classe A — > > > 20 > |
| Classe B — > > > , 25 > |
- Dimensões e pesos** 11. — As dimensões e os pesos normaes serão os constantes da Tabella I, que faz parte integrante desta especificação.
- Tolerancia na folga entre a ponta e a bolsa** 12. — Designando-se por F a folga da junta, as tolerancias serão as seguintes:
Para o diametro externo
normal da ponta..... + 1/3 F e - 1/2 F
Para o diametro interno
normal da bolsa..... ± 1/3 F
- Tolerancia na profundidade da bolsa** 13. — Será tolerada uma diferença de ± 5 m/m em relação á profundidade normal.

Tolerancia na espessura da parede do tubo

14. — As tolerancias nas espessuras normaes serão as seguintes, para menos:

Espessuras normaes, em m/m	7.5	8.0 e 8.5	de 9.0 a 11.0	de 11.5 a 13.5	de 14.0 a 16.0
Tolerancia, em m/m	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6

Estas tolerancias correspondem, praticamente, a 1 m/m + 4 % da espessura, excepto quanto á espessura de 7.5 m/m.

Tolerancia no diametro interno 15. — As seguintes tolerancias serão admittidas para menos, no diametro interno:

Diametro interno nominal, em m/m	Até 100	de 125 a 175	de 200 a 300	de 350 a 500
Tolerancia para menos, em m/m	2.0	2.5	3.0	3.5

Tolerancia nos comprimentos uteis

16. — A tolerancia em relação aos comprimentos normaes de fabricação é de \pm 20 m/m. Para cada diametro admitte-se o fornecimento, até 10 % do total encommendado, de tubos cortados em comprimentos abaixo do normal; taes comprimentos não poderão, porém, ser menores do que 85 % do comprimento normal encommendado. Essa tolerancia refere-se sómente a tubos de comprimento normal acima de 3 metros.

Tolerancia no peso

17. — O peso de um tubo não poderá differir, para mais ou para menos, em mais do que 5 % do seu peso normal. A juizo da R. A. E. será admittida a pesagem em lotes até 2.000 kgrs. de tubos de diametro até 100 m/m inclusive.

Deformações

18. — *Tolerancia na curvatura dos tubos.* Extendendo-se um fio entre a ponta e a origem da bolsa, a flexa do tubo não poderá ser maior do que 1,5 m/m por metro de tubo ao longo de uma geratriz.

Quebras

19. — As quebras que se derem no transporte dos tubos até os depositos de recebimento da R. A. E., correrão por conta do fornecedor. A R. A. E., porém, receberá os tubos que permittirem um aproveitamento até 30 % do seu comprimento normal (desde que as fendas sejam do lado da ponta), ficando com a socata resultante em pagamento do trabalho de corte.

Ensaios de recebimento

20. — Os tubos serão submettidos aos ensaios de pressão interna e de tracção.

21. — *Pressão interna.* Todos os tubos deverão, antes do revestimento, ser ensaiados á pressão interna, de accordo com a classe, como abaixo indicado:

Classe L A — Pressão de prova 15 ks/cm²

Classe A — > > > 20 >

Classe B — > > > 25 >

O tubo permanecerá sob a pressão de prova durante um minuto no maximo, devendo nessa occasião ser martellado moderadamente, com martello de bocca arredondada de 1 kgr. de peso e com braço de comprimento normal. Si o tubo accusar vasamento será recusado. Si 10 % de um lote não resistir á prova de pressão interna, todo o lote será recusado.

22. — *Ensaio de tracção.* Este ensaio será executado: sobre anneis para os tubos até 300 m/m de diametro, inclusive; sobre barras cylindricas para os tubos acima de 300 m/m de diametro.

a) — *Anneis de ensaio.* O corpo de prova é constituido de um anel de 25 m/m de largura, destacado do tubo acabado, do lado da ponta. Este anel será submettido a um esforço de tracção exercido por intermedio de 2 cutelos actuando sobre duas geratrices internas oppostas. A resistencia R do anel será deduzida da carga de ruptura pela formula:

$$R = \frac{3}{\pi} \frac{P}{b} \frac{(d - e)}{e^2}$$

onde: R é a resistencia do anel em kgr/mm²; P é a carga em kgr., sob cuja accão o anel se rompeu; d é o diametro externo do anel, em m/m; b é a largura do anel em m/m; e é a espessura da parede do anel, em m/m.

b) — *Barras de ensaio.* Do lado da ponta do tubo acabado, destaca-se uma barra que, depois de trabalhada, terá proximamente 90 m/m de comprimento total, com extremidades filetadas e com proximamente 6 m/m de diametro, num comprimento de 60 m/m.

Número de ensaios e interpretação dos resultados.

De cada lote de 200 tubos ou fracção retirar-se-á um anel ou uma barra, conforme o diametro do tubo, para ensaio. A resistencia do anel, calculada pela formula acima, não poderá ser inferior 40 k/mm², e a re-

sistencia à tracção da barra não poderá ser inferior a 20k/mm^2 . No caso do corpo de prova dar resultado inferior aos limites acima indicados, deverão ser executados ensaios sobre 3 aneis ou barras, do mesmo tubo, e então prevalecerá o resultado da média dos 3 aneis ou barras. Si as condições do presente artigo não forem preenchidas, o lote será recusado.

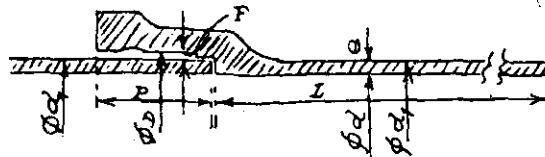
Local da inspec- 23. — A inspecção será feita, salvo especificação em contrario, no deposito da R. A. E., por esta designado para recebimento.

Inspecção na fabrica 24. — No caso de ser previsto em contracto o recebimento na fabrica, deverá esta dispôr de todo o apparelhamento necessário ás verificações e ensaios constantes desta especificação. A R. A. E. designará oportunamente o agente-rebedor.

O fabricante porá á disposição do agente-rebedor os apparelhamentos e os operarios necessarios, ficando dito fabricante responsável pelos accidentes de que possam vir a ser victimas os operarios. As verificações e provas serão effectuadas antes da applicação do revestimento e durante o cyclo normal das operaçoes de fabricação.

Material nacional 25. — As exigencias relativas ao annel de centragem na bolsa e á limpeza interna dos tubos (artigos 2 e 5 respectivamente), começarão a vigorar sómente de 1.^º de janeiro de 1938 em diante, para material de procedencia nacional.

TABELA I Peso e dimensões dos tubos centrifugados



Dimensões em m/m

Diam. in- te- rior no- mi- nal	Comp. util L metros	Diam. ex- terno d_1	Diam. int. da bolsa D	Prof. da bolsa P	Classe L A (Prova 15 k/c2)		Classe A (Prova 20 k/c2)		Classe B (Prova 25 k/c2)	
					Espessura e	Peso do tubo inclusive bolsa-kgr.	Espessura e	Peso do tubo inclusive bolsa-kgr.	Espessura e	Peso do tubo inclusive bolsa-kgr.
75	$\frac{3}{4}$	92	107	82	7.5	$\frac{49}{63}$	8	$\frac{51}{66}$	8.5	$\frac{54}{70}$
100	$\frac{4}{5}$	118	133	88	7.5	$\frac{82}{101}$	8	$\frac{87}{106}$	9	$\frac{96}{118}$
125	$\frac{4}{5}$	144	159	91	7.5	$\frac{102}{124}$	8.5	$\frac{113}{139}$	9.5	$\frac{124}{154}$
150	$\frac{4}{5}$	170	185	94	8.0	$\frac{128}{157}$	9	$\frac{142}{174}$	10	$\frac{156}{192}$
175	$\frac{4}{5}$	196	211	97	8.5	$\frac{158}{193}$	9.5	$\frac{174}{215}$	10.5	$\frac{190}{234}$
200	$\frac{4}{5}$	222	238	100	9.0	$\frac{188}{232}$	10	$\frac{206}{254}$	11	$\frac{226}{279}$
250	$\frac{4}{5}$	274	291	103	10.0	$\frac{258}{318}$	11	$\frac{280}{346}$	12	$\frac{306}{378}$
275	$\frac{4}{5}$	300	317	103	10.5	$\frac{298}{365}$	11.5	$\frac{320}{396}$	12.5	$\frac{348}{432}$
300	$\frac{4}{5}$	326	343	105	11.0	$\frac{332}{416}$	11.5	$\frac{352}{433}$	13	$\frac{395}{489}$
350	$\frac{4}{5}$	378	395	107	12.0	$\frac{428}{527}$	12.5	$\frac{444}{547}$	14	$\frac{497}{613}$
375	$\frac{4}{5}$	403	421	107	12.0	$\frac{457}{562}$	12.5	$\frac{474}{584}$	14	$\frac{531}{655}$
400	$\frac{4}{5}$	429	448	110	12.5	$\frac{508}{625}$	13	$\frac{525}{647}$	14.5	$\frac{587}{724}$
450	$\frac{4}{5}$	480	499	112	13.0	$\frac{591}{727}$	13.5	$\frac{611}{752}$	15	$\frac{681}{840}$
500	$\frac{4}{5}$	538	562	115	14.0	$\frac{707}{869}$	14.5	$\frac{729}{897}$	16	$\frac{807}{995}$

7-10-37

(ass.) Aranjo Silva