

end  
end  
abende  
end  
end  
end  
end

BR 9229628  
INIS-BR-298

ULTRA SOM X GAMAGRAFIA

Adilson Menegatte de Mello Campos  
Cia. Saneamento Básico do Est. S. Paulo - SARESP

Trabalho apresentado no IX Congresso  
Nacional de Ensaio Não Destrutivos,  
São Paulo, novembro, 1989

ema  
end  
abende  
end  
end  
end  
end

ULTRA SOM X GAMAGRAFIA

Adilson Menegatte de Mello Campos  
Cia. Saneamento Básico do Est. S. Paulo - SABESP

Trabalho apresentado no IX Congresso  
Nacional de Ensaio Não Destrutivos,  
São Paulo, novembro, 1989

As informações e opiniões contidas neste trabalho  
são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es)

SINOPSEULTRA SOM X GAMAGRAFIA

Este trabalho relata a experiência acumulada nos últimos 10 anos de substituição aos ensaios por gamagrafia pelo ensaio por ultra som, à partir da comparação e tabulação sistêmica dos resultados obtidos por ambos os ensaios aplicados a juntas soldadas de topo, no campo, em tubulações de aço da SABESP.

## 1- INTRODUÇÃO

A partir de 1.980 a SABESP iniciou um plano de substituição dos ensaios de controle de qualidade das juntas soldadas em suas tubulações, passando a adotar paulatinamente, o ensaio por ultra som ao invés do uso de gamagrafia.

Na época, algumas razões se impuseram para que essa mudança fosse realizada:

- 1 - Aumentos constantes nos custos dos ensaios por gamagrafia.
- 2 - Por se tratar, principalmente, de obras urbanas, o ultra som apresentava algumas vantagens:
  - a) Menor risco de acidentes com o público e/ou trabalhadores.
  - b) Desnecessária a paralização da obra para a execução do ensaio.
  - c) Realização do ensaio imediatamente após a soldagem.
  - d) Agilização do laudo.
  - e) Melhoria da imagem da Companhia perante o público, visto que devido aos grandes diâmetros envolvidos, normalmente utiliza-se fontes com grandes atividades (50 a 100 Ci) em exposição panorâmica, sem uso de colimador, o que acarretava, via de regra, evacuação de residência e interdição de ruas.
  - f) Menor quantidade de documentos a serem arquivados.
- 3 - Possibilidade de atendimento às obras com uso de técnicos pertencentes ao quadro de funcionários da Cia.
- 4 - Maior vida útil dos equipamentos.
- 5 - Menor custo de aquisição de equipamentos, comparativamente, temos:

**GAMAGRAFIA**

- Irradiador
- Fontes<sup>x</sup>
- Ecrans
- Filmes<sup>x</sup>
- Instalação de câmara escura
- Negatoscópio
- Densitômetro
- Colgaduras
- Tanques de revelação
- Produtos químicos para revelação<sup>x</sup>
- Estufa de secagem de filmes
- Instalação de Bunker
- Mangueira e atuadores
- Números e letras de chumbo
- Contador Geiger
- Cordas para balizamento
- Irradiador de reserva p/ resgate de fonte

x material de consumo

**ULTRA SOM**

- Aparelho de ultra som
- Transdutores
- Blocos padrão
- Sapatas de desgastes<sup>x</sup>
- Líquido acoplante<sup>x</sup>

Por outro lado, podia-se verificar algumas desvantagens:

- 1 - Operadores melhor qualificados, com treinamento mais caro e mais demorado.
- 2 - Inexistência de documento comprobatório do laudo, o que levou alguns engenheiros a apresentarem certas prevenções quanto ao ensaio.

- 3 - Necessidade de qualificação prévia do inspetor, antes de permitir a execução dos serviços, visto ser difícil a comprovação "a posteriori" dos resultados.
- 4 - Trabalhos publicados principalmente pela PETROBRÁS, que davam conta de divergência de laudos entre a gazagrafia e o ultra som, assim como divergências entre laudos de diferentes inspetores de ultra som para uma mesma peça.

Analisando pormenorizadamente todos os pontos concluimos por definir uma estratégia, buscando obter os resultados mais reais possíveis.

## 2- DESENVOLVIMENTO DA SISTEMÁTICA ADOTADA PARA COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Ao contrário dos trabalhos que já possuímos em mãos, decidimos impor o procedimento de inspeção por ultra som para todos os inspetores envolvidos, assim como definimos previamente quais aparelhos e transdutores poderiam ser utilizados, optando-se pelo seguinte esquema:

### A - Ultra som

- 1 - Aprovação prévia em ensaio visual
- 2 - Aparelhos - KRAUTKRAEMER USM-2 E USK-7:
- 3 - Cabeçotes - Duplo cristal - 6MHz  
Angular - 60º e 70º - 4 e 5 MHz
- 4 - Acoplante - Metil celulose
- 5 - Calibração da escala - Bloco V1 e V2
- 6 - Calibração da sensibilidade - Bloco Petrobrás de 10 mm
- 7 - Preparação da superfície - Escovamento mecânico numa faixa de 200 mm para cada lado do cordão de solda

**8 - Execução do ensaio:**

a - Inspeção da faixa de aplicação do cabeçote angular com cabeçote duplo-cristal.

b - Inspeção com cabeçotes angulares de 70° e 60° em ambos os lados do cordão de solda, pelo lado interno ou externo

9 - Critério de aceitabilidade - Norma ASME (refletividade inferior à curva de 100% da Referência Primária) com registro dos ecos superiores à curva de 50%.

10 - Nível de inspeção : NP + AT + 6 db

NP - Nível primário

AT - Atenuação

11 - Nível de avaliação : NP + AT.

12 - Localização : método gráfico.

13 - Comprimento : técnica da queda dos 6 ab.

**B - Gamagrafia**

1 - Prévia aprovação em ensaio visual.

2 - Execução do ensaio segundo ASTM E-94.

3 - Laudo, segundo norma ASME V .

**C - Peças Ensaçadas**

- Soldas circunferenciais em tubo, realizadas com eletrodos revestidos, executadas em campo.

- Material base : aço ASTM A 283 D.

- Espessuras : entre 6,35mm a 19,0mm.

- Diâmetro dos tubos : entre 500mm e 2.100mm.

- Soldas executadas externamente, com posterior esmerilhamento e soldagem interna.

## D - Metodologia de Comparação

- Algumas soldas, escolhidas aleatoriamente, em diversas obras, eram submetidas ao ensaio visual, aprovadas ou reparadas, conforme o caso, em seguida, ensaiadas por gamagrafia e ultra som em 100% do seu perímetro.

Os laudos de cada ensaio eram mantidos em sigilo, à fim de não influenciar um ou outro laudo.

As soldas que apresentavam indicação de descontinuidade reprovadas, por qualquer dos ensaios, era submetidas à uma exploração do local defeituoso, através da retirada cuidadosa, por esmerilhamento daquela porção de solda e efetuado ensaio por líquido penetrante até a localização da descontinuidade detectada.

Nesse ponto, efetuava-se a medição das suas dimensões principais, da sua profundidade, extensão e identificação do tipo de descontinuidade.

- Ver figura 1

Para melhor caracterização do estudo, adotou-se as seguintes premissas básicas:

- 1 - As soldas submetidas ao estudo, não eram analisadas individualmente, quanto ao seu comportamento sob ensaio, mas sim, media-se o seu perímetro, totalizando-se mensalmente e anualmente, a fim de se determinar a razão comprimento de solda sã / comprimento da somatória dos defeitos, por ano, conforme fig. 2
- 2 - O comprimento de defeito aludido no item 1, refere-se àquele medido mecânicamente.
- 3 - Nomenclatura
  - 3.1 - Laudo coincidente (LC) - Descontinuidade de-



tectadas e reprovadas por ambos os ensaios e confirmadas pela exploração no local.

Nota: Pequenas divergências quanto à localização exata e/ou quanto à extensão dos defeitos foram desconsideradas, como segue:  
- localização  $\pm$  50% da maior dimensão do defeito.

3.2 - Laudo divergente (LD) - analisado separadamente como segue:

a - Defeito reprovado por radiografia (DRx).

Defeitos detectados e comprovados, reprovados pela radiografia e aprovados pelo ultra som.

b - Defeito reprovado por ultra som (DUS)

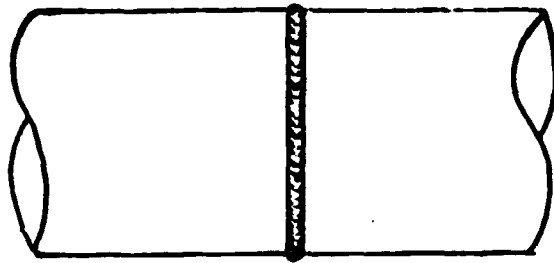
Defeitos detectados e comprovados, reprovados pelo ultra som e aprovados pela radiografia.

Defeitos planares / Defeitos esféricos.

3.3 - Erros de laudo

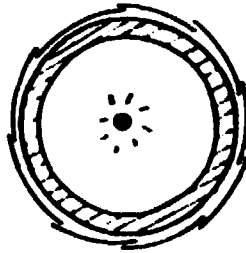
a - Indicação de defeitos reprovados por radiografia (ERx) ou por ultra som (EUS) não comprovados por exploração no local.

# FIGURA 1



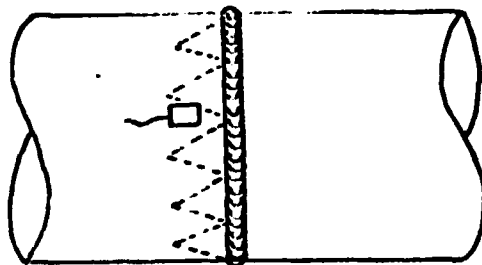
1

ensaio visual



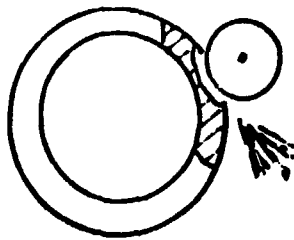
2

gamagrafia



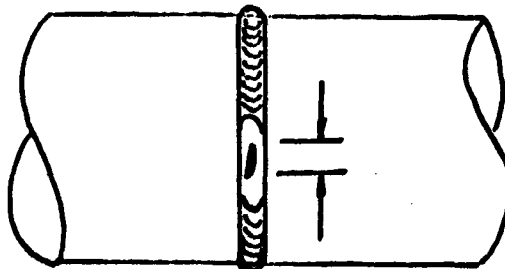
3

ultra som



4

exploração  
mecânica



5

medição  
mecânica


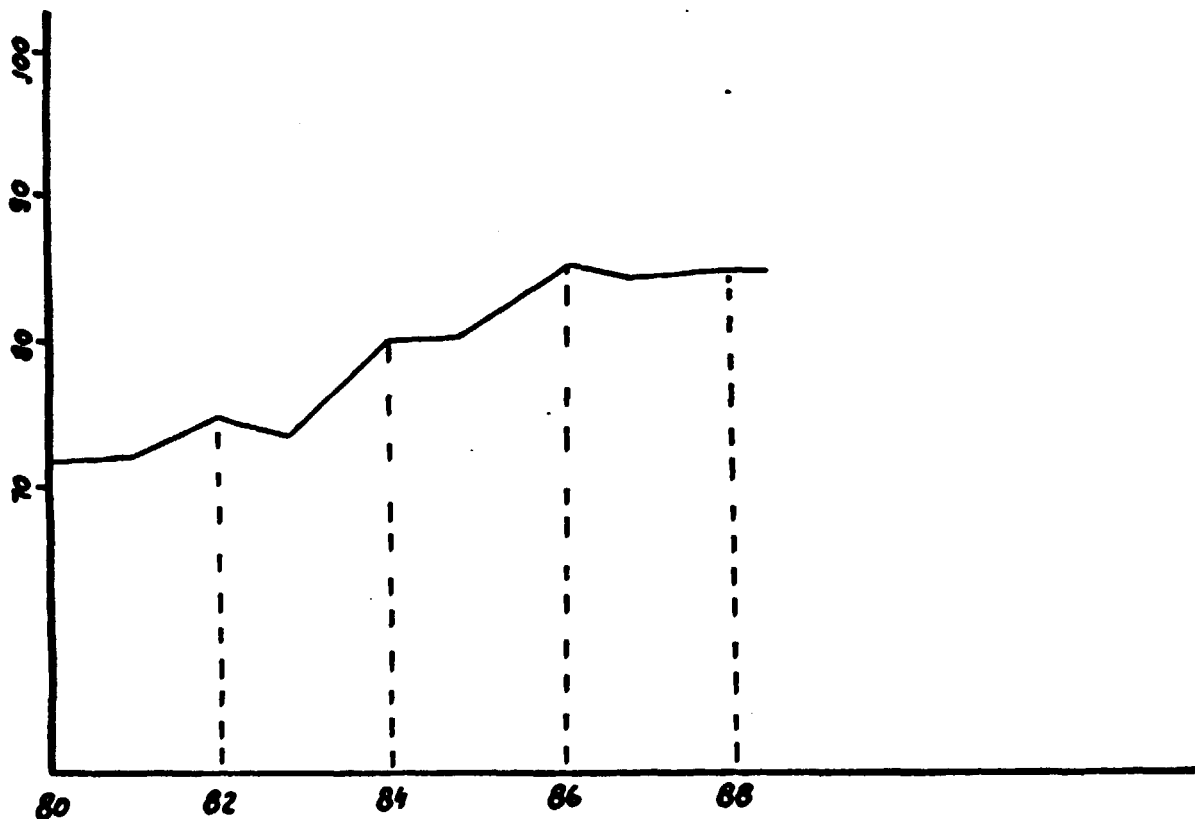

<b>sabesp - VISTO E ACEITO</b>		<b>companhia de saneamento básico do estado de são paulo</b>		 <p><b>sabesp</b></p>	Nº REV.    PL. Nº CONTRATADA ESCALA
ANALISADO	/ /	ÁREA PROJ.			
ACEITO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.			
VISTO	/ /	DES. / /			
EXECUTADO		APROVADO POR			

FIGURA 2

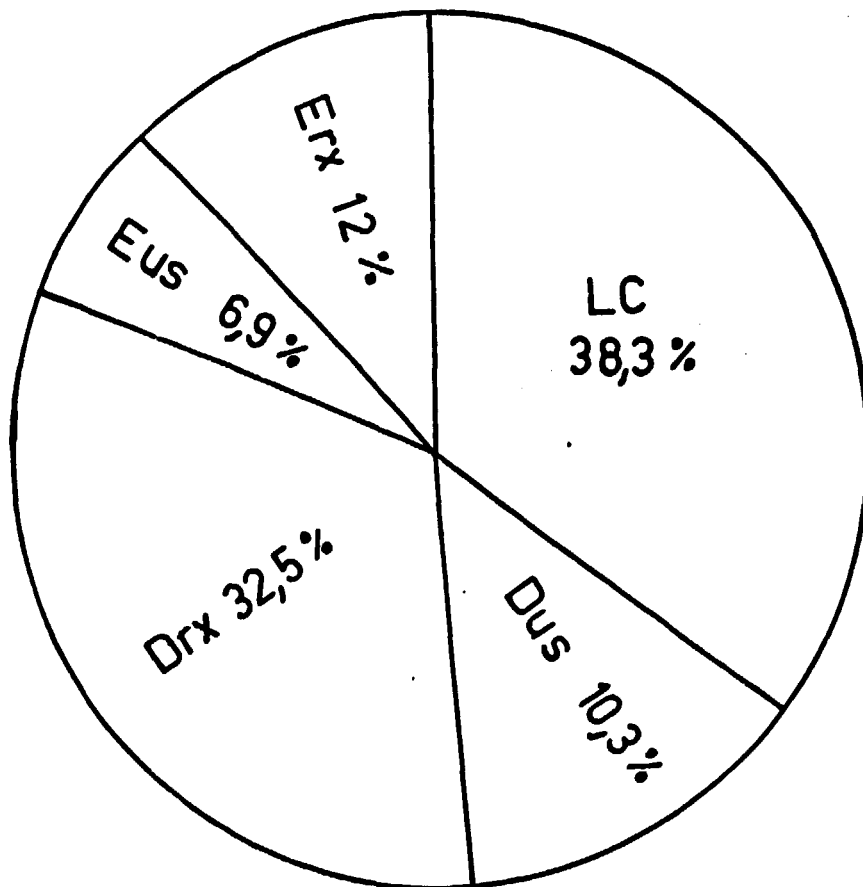
solida sã / solda defeituosa (%)




<b>sabesp - VISTO E ACEITO</b>		companhia de saneamento básico do estado de são paulo		Nº	
ANALISADO	/ /			REV.	PL.
ACEITO	/ /	ÁREA PROJ.		IN CONSTRUIÇÃO	
VISTO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.			
EXECUTADO		DES.	/ /	APROVADO POR	
			/ /	ASS.	CREA

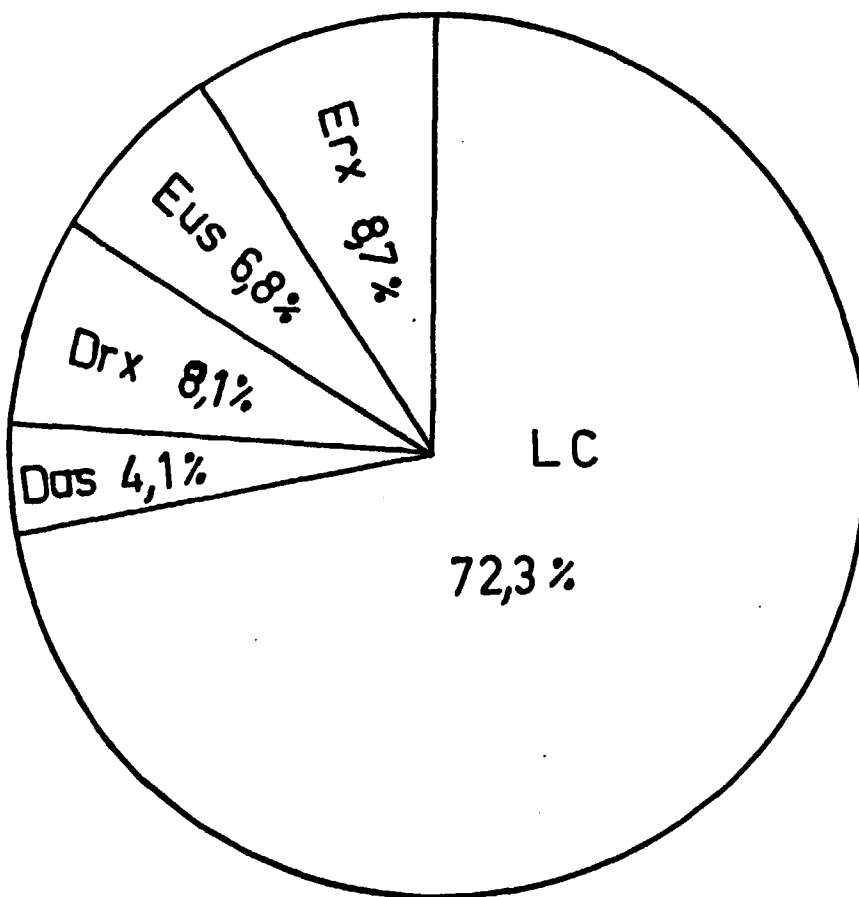


Escala	
--------	--



1983

<b>sabesp - VISTO E ACEITO</b>		<b>companhia de saneamento básico do estado de são paulo</b>		 <b>sabesp</b>	Nº REV.   FL. Nº CONTRATADA ESCALA
ANALISADO	/ /	ÁREA PROJ.			
ACEITO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.			
VISTO	/ /	DES.	/ /		APROVADO POR
EXECUTADO		PROJ.	/ /		DATA

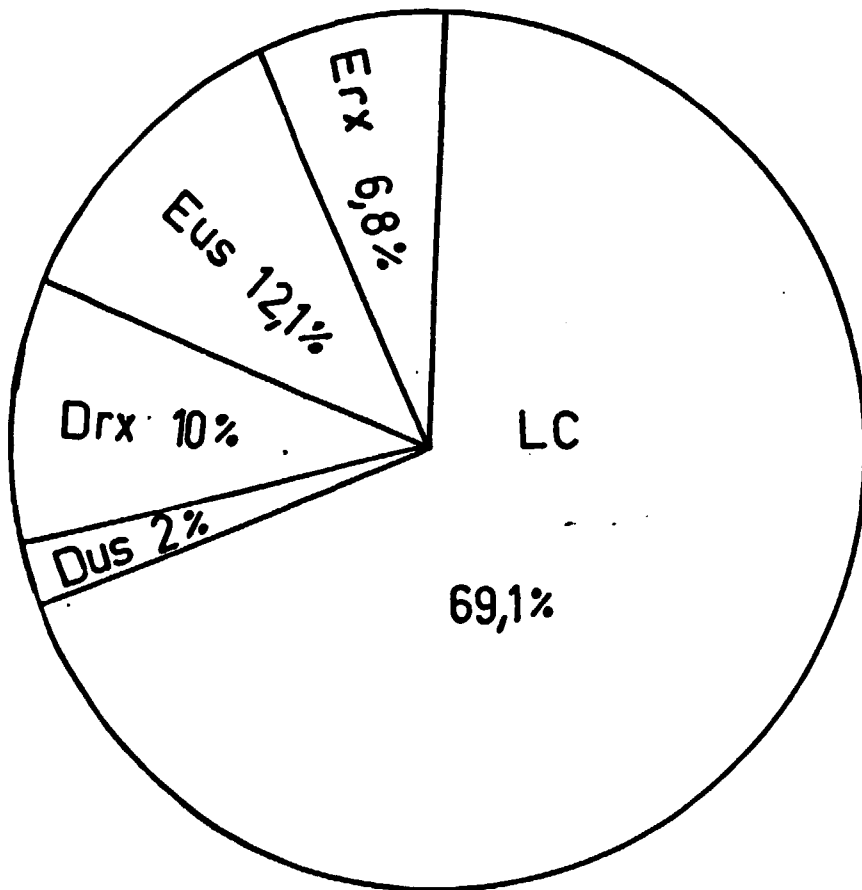


1984


<b>sabesp - VISTO E ACEITO</b>		<b>companhia de saneamento básico do estado de são paulo</b>	
ANALISADO	/ /	ÁREA PROJ.	
ACEITO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.	
VISTO	/ /	DESA.	/ / /
EXECUTADO		APROVADO POR	



Nº	
REV.	PL.
Nº CONTRATADO	



1980 a 1988

<b>sabesp - VISTO E ACEITO</b>		<b>companhia de saneamento básico do estado de são paulo</b>		 <b>sabesp</b>	Nº	
ANALISADO	/ /	ÁREA PROJ.			REV.	FL.
ACEITO	/ /	SUB-ÁREA PROJ.			Nº CONTRATADA	
VISTO	/ /	DES.	/ /		APROVADO POR	
EXECUTADO	/ /				ESCALA	

### III - ESTUDOS DOS DADOS OBTIDOS

#### 1 - Consequências

- 1.1- Comparando-se os diagramas de bola montados ano a ano, observamos que:
  - a - Em 1985 houve um acentuado aumento de coincidências entre ambos os exames, estabilizando-se à seguir no patamar de 70%, que vem se mantendo desde então.
  - b - Desde o início dos trabalhos o "erro de laudo de ultra som" manteve-se abaixo do "erro de laudo de gamagrafia".
- 1.2- Até o momento não ocorreu nenhum colapso, provocado por defeito em solda, em nenhuma das adutoras submetidas ao estudo.
- 1.3- Redução acentuada nos custos com inspeção nas obras
- 1.4- Redução do tempo de espera de laudo, com consequente agilização da obra.

#### 2 - Causas

- 2.1- Obrigatoriedade da inspeção visual, precedendo aos outros ensaios, o que minimizou os defeitos superficiais nas soldas; defeitos estes, de difícil detecção por ambos os ensaios.
- 2.2- Desde 1984 não houve alteração no quadro de inspetores por ultra som, quer sejam inspetores próprios quer sejam de empresas contratadas.
- 2.3- Aprimoramento, em 1985, do "Procedimento de Inspeção por Ultra som".
- 2.4- Maior rigor na qualificação dos soldadores.

- 2.5- Acompanhamento, por inspetores visuais de soldagem de toda a execução do cordão de solda, evitando e corrigindo preditivamente os possíveis defeitos.

#### IV - CONCLUSÃO

Pelo exposto, concluímos que:

- 1 - Todas as obras, independentemente do seu porte e/ou importância, devem ser acompanhadas em todas as suas etapas, dando-se atenção ao emprego de pessoal, material e técnicas de trabalho qualificados através de ensaios normalizados previstos para cada atividade específica.
- 2 - O uso de inspeção por ultra som apresenta grandes vantagens econômicas e operacionais, em relação ao ensaio por gamagrafia; tecnicamente, porém, o ultra som só será confiável se forem tomadas as seguintes precauções:
  - a - Inspectores bem treinados, qualificados previamente e periodicamente auditados.
  - b - O ultra som mostrou-se muito bom na detecção de defeitos planares, sendo porém, pouco indicado na resolução de defeitos esféricos de pequenas dimensões. No entanto, não existe historicamente informações seguras quanto à fragilização da estrutura em virtude desses defeitos, mesmo quando submetidos a ensaios destrutivos simulados.
- 3 - Com o crescimento da qualidade das juntas soldadas,



o controle da qualidade das mesmas em tubulações que operam com pressão de trabalho inferior a 20% da tensão de escoamento do aço do tubo (tubulações de descarga, drenos, etc) poderá ser feito exclusivamente por ensaio visual.