

DESENVOLVIMENTO DO TRATAMENTO TÉRMICO DE TUBOS SEM COSTURA API 5CT GRAU N80 NA TENARIS CONFAB, UMA VISÃO INDUSTRIAL ¹

Marcelo Salani ²
Aleksandro Amorim ³

Resumo

Hoje com as exigências cada vez maiores das empresas petroleiras, fazendo perfurações cada vez mais profundas, exigiu-se que a tecnologia para fabricação de tubos aumentasse ao longo dos anos, assim como seus beneficiamentos, com o não atendimento das propriedades mecânicas através da laminação e sendo obrigatório o uso de Tratamento Térmico para atingir essas exigências. Os tubos termicamente tratados vêm atender à grande demanda do mercado OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) por tubos *casing* para exploração e produção de petróleo e gás. Atualmente, os poços chegam a atingir profundidades superiores a 6 mil metros e as condições, cada vez mais severas e Altas pressões, exigem grande resistência dos materiais aplicados. O objetivo desse artigo é apresentar como se desenvolveu o processo de tratamento térmico de tubos sem costura seguindo a norma API 5CT grau N80 mostrando como foi o processo, assim como seu desenvolvimento para atender todas as especificações requeridas, apresentando: métodos, resultados e análises feitas no decorrer dessa obra. Serão descritas as características químicas, físicas e metalográficas ao longo do processo de têmpera e revenimento com foco no processo metalúrgico de tratamento térmico para a obtenção das propriedades requeridas em norma.

Palavras-chave: Têmpera; Revenimento; Tubos de aço sem costura; Tratamento térmico em tubos.

API 5CT GRADE N80 SEAMLESS TUBES HEAT TREATMENT DEVELOPMENT AT TENARIS CONFAB - AN INDUSTRIAL VIEW

Abstract

Today with the oil companies' higher requirements, drilling deeper and deeper, the demand higher technology tubes increased through the years as well as the benefits, with the noncompliance of the mechanical proprieties the rolling and being mandatory a heat treatment to comply with all these requirements. The heat treated tubes come to fulfill the demand of OCTG (OIL COUNTRY TUBULAR GOODS) for casing pipe to explore and produce oil and gas. Nowadays, Oil wells can easily be deeper than 6.000 meters (six thousand meters) but with these severe conditions and high pressures the material needs to be very resistant. The point of this paper is to present how the heat treatment process of an API 5CT grade N80 seamless pipe was developed, as well as the development of the project to comply with all the specifications required, analysis and methods. Chemical, physical and metallographic characteristics ill all be describe during the quench and tempering process in a way that the main focus is the heat treatment of the metallurgic process in order to obtain the required proprieties.

Key words: Quench; Tempering; Steel seamless pipe; Heat treatment of pipes.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Processos Pleno das Plantas de Tratamento Térmico e Roscados, Tenaris Confab, Pindamonhangaba-SP. E-mail: msalani@confab.com.br

³ Engenheiro Mecânico, Gerente de Manufatura das Plantas de Tratamento Térmico e Roscados, Tenaris Confab, Pindamonhangaba-SP. E-mail: aamorim@confab.com.br

1 INTRODUÇÃO

Há milhares de anos o petróleo tem participação na vida do homem, registros mostram que Babilônios, Fenícios, Egípcios o utilizavam, assim como os Gregos e Romanos que o usavam para fins bélicos, mais adiante os índios pré-colonizados o usavam para decorar e impermeabilizar seus potes de cerâmicas, o petróleo era retirado de excudações naturais encontradas em todos os continentes, porém somente em 1859 nos Estados Unidos é que foi registrado o primeiro poço de exploração comercial, onde o Cel. Drake com um poço de apenas 21 metros de profundidade, perfurado com um sistema de percussão movido a vapor, produziu 2 m³/dia de óleo.⁽¹⁾

No Brasil, o primeiro poço data-se de 1897, onde, Eugenio Ferreira de Camargo, no município de Bofete, no estado de São Paulo, atingiu 488 metros e produziu 0,5 m³/dia.⁽¹⁾

Com a exploração cada vez mais profunda tanto para *offshore* como para *onshore*, a demanda por produtos com melhores propriedades mecânicas, para suportar a elevada pressão, sem que ocorra rompimento dos mesmos, foram desenvolvidos diversos graus que são abrangidos pela API 5CT.⁽²⁾

Cada coluna tem uma configuração diferente, que pode variar em função dos esforços solicitados, como pressão externa na parede do poço, que pode chegar a 10000 psi. Para tanto, são necessários tubo com alto valor de colapso e alto limite de escoamento, por isso, a TENARIS fornece tubos hoje que chegam a ter até 150000 psi de limite de escoamento.

As colunas de produção são constituídas geralmente por tubos que são classificados como: tubo condutor, revestimento de superfície e revestimento intermediário, como pode ser visto na Figura 1.

O tubo condutor é utilizado como o primeiro revestimento do poço e é assentado a pequenas profundidades, de 10 a 50 metros. Os diâmetros típicos são de 30", 20" e 13 3/8".⁽³⁾

O revestimento de superfície é assentado entre 100 a 600 metros com diâmetros de 20", 18 5/8", 16", 13 3/8", 10 3/4" e 9 5/8".⁽³⁾

O revestimento intermediário possui uma faixa de assentamento bastante variável podendo ir de 1000 a 4000 metros; Os diâmetros típicos são de 13 3/8", 9 5/8" e 7".⁽³⁾

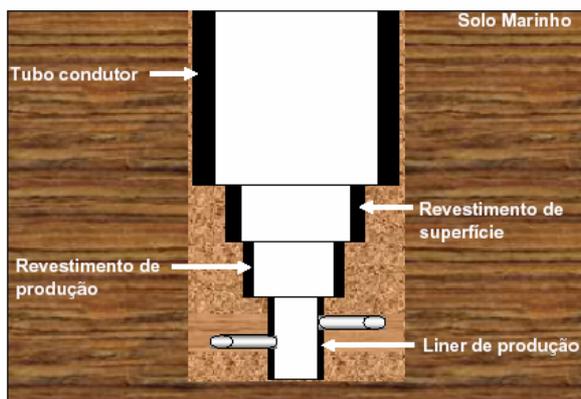


Figura 1. Esquema ilustrativo de uma coluna usada em poços submarinos

A Tenaris Confab (Pindamonhangaba-Brasil) é uma empresa tradicionalmente produtora de tubos soldados (com costura) ou *welded*, porém, em parceria com a Tenaris Siderca (Campana-Argentina), empresa do grupo Tenaris, produtora de tubos *seamless* (sem costura), iniciou se em setembro desse ano, a produção de uma obra no qual a parte de aciaria, laminação e extrusão do tubo seria feita em Campana e a parte de tratamento térmico e roscas seria feita em Pindamonhangaba.

A Tenaris Confab tem uma planta de tratamento térmico com capacidade para até 20 ton/hora de tubos, nos dimensionais que variam de 5 ½” à 16” e espessura máxima de até 0.514”, fazendo hoje os graus API 5CT: P110, C95, L80 e o referido N80. A planta possui um forno que utilizando-se de gás natural, tem capacidade para até 16 tubos num processo contínuo, onde, enquanto sai um tubo entra outro, conta com um descamador de alta pressão (~180 Bar), um cabeçote com 2600 bicos para resfriar o tubo tangencialmente e uma endireitadeira que chega a 1000KN de força, conforme Figura 2.

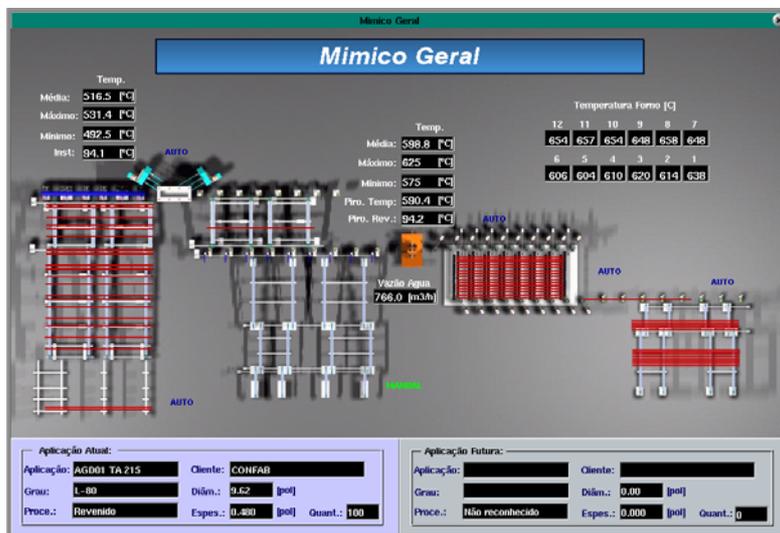


Figura 2. Layout geral da planta de tratamento térmico da Tenaris Confab.

Por termos somente um forno, a produção se divide em duas etapas distintas, onde, na primeira é feita a austenitização do tubo, passando pelo descamador, e cabeçote de têmpera, saindo a temperaturas baixíssimas conforme curva CCT do material. Esse primeiro fluxo de processo é mostrado na Figura 3.

A segunda etapa é o revenimento, que consiste em aquecimento do tubo há cerca de 470° C à 650° C variando de acordo com o grau (limite de escoamento) desejado. Esse fluxo é mostrado conforme Figura 3.

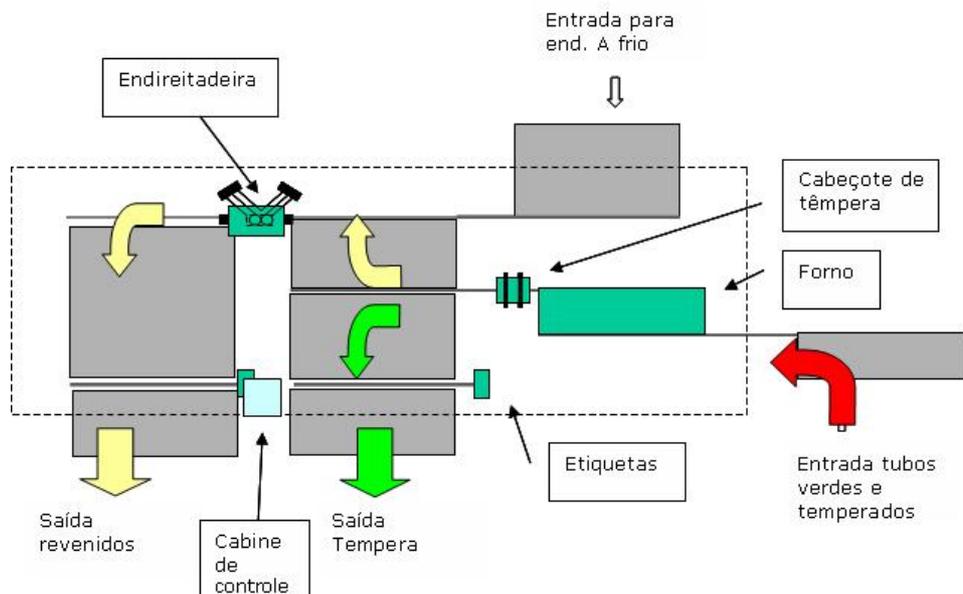


Figura 3. Fluxo da planta para o processo de têmpera (verde) e revenimento (amarelo).

Nosso trabalho consistiu em tratarmos termicamente uma ordem de cerca de 7500 tubos para um cliente internacional, aplicando-se assim, o processo de têmpera e revenimento para agregar ao tubo propriedades mecânicas necessárias para suportar a pressão do poço onde seria aplicado.

2 MATERIAIS E ENSAIOS REALIZADOS

Para esta obra o cliente solicitou tubos de 9 5/8" (245 mm) de diâmetro externo e 0.472" (12 mm) de espessura, o comprimento do tubo foi em média 13 m e seu grau solicitado foi o API 5CT N80.

As retiradas de corpos de prova se dividiram em duas etapas. Na primeira, após têmpera, retiramos amostras de dureza ao longo do diâmetro inteiro do tubo, usando escala HRC (Rockwell C), conforme norma ASTM E18, e na segunda, após revenimento, foram realizados ensaios de tração, metalográficos e análise química do material conforme norma API 5 CT de 2005 (2) e ASTM A 370 de 2003.

3 PROCESSO E CONTROLE DO PROCESSO

O forno de tratamento térmico da TENARIS CONFAB possui 12 zonas, que tem de 3 a 4 queimadores de chama direta, conforme Figura 4, e atinge temperatura máxima 1000°C.

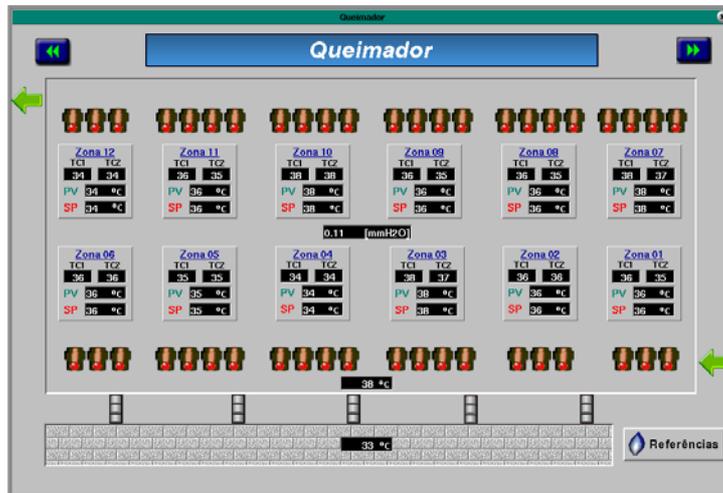


Figura 4. Layout das zonas do forno e queimadores.

O primeiro processo a ser realizado é o de austenitização, onde foi objetivado uma temperatura média na saída do forno de 890°C, com variação de +50°C/-40°C, à um tempo suficiente para homogeneizar a temperatura ao longo do tubo, assim, como o seu encharque, o controle de processo é realizado através de uma curva de pirometria, onde temos as bandas máximas e mínimas de processo garantindo, assim, que não ocorra variações significativas no processo, conforme Figura 5.

Logo após a saída do forno, o tubo passa por um descamador, que consiste em um equipamento de alta-pressão (~180 bar) que remove as carepas oriundas dos processos anteriores, garantindo assim, uma têmpera mais homogênea, já que não terá óxidos na superfície, para depois entrar no cabeçote de têmpera com uma vazão de aproximadamente 800 m³/h a uma pressão de 2 bar, conforme Figura 6.

Após o processo de têmpera estar completo, a temperatura do forno é baixada e iniciamos o processo de revenimento, onde os tubos são tratados a uma temperatura média de 610°C, mostrado na Figura 7.

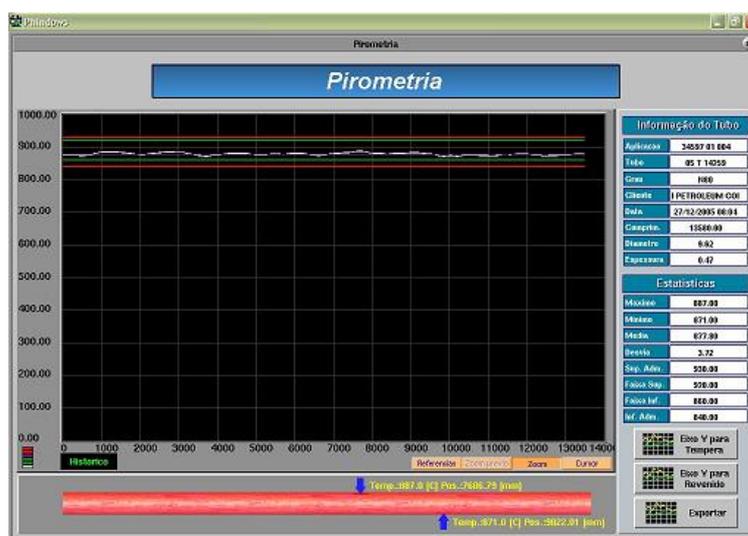


Figura 5. Curva de pirometria da austenitização.

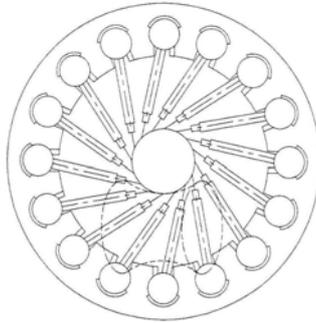


Figura 6. Esquema ilustrativo do cabeçote de têmpera.



Figura 7. Curva de pirometria de revenimento.

Devido à contração volumétrica na passagem da austenita para a martensita os tubos tendem a ficar ovalizados e empenados.

Quanto menos uniforme for o seu processo mais distorção será criada no seu tubo conforme Figura 8.⁽⁴⁾

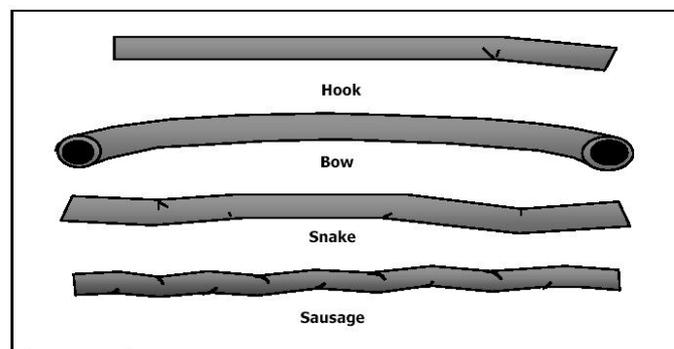


Figura 8. Exemplos e tipos de tubos torcidos após têmpera.

Como esses tubos serão roscados é necessário um dimensional muito bom, por isso, após revenimento os tubos passam por uma endireitadeira um equipamento com 3 pares de rolos e variação de ângulos, *bending*, e aperto, conforme Figura 9.



Figura 9. Foto da endireitadeira de tubos.

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1 Composição Química

Para esta obra usamos aproximadamente 86 corridas diferentes, onde esta representada uma média na Tabela 1.

Tabela 1. Composição média das corridas em % em peso

Elemento	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	Cr	Ni	Mo	N	B
Mínimo	0,25	0,22	1,30	0,01	0,01	0,015	0,03	0,01	0,15	0,03	0,05	0	0,001
Maximo	0,35	0,32	1,40	0,02	0,02	0,020	0,08	0,02	0,30	0,05	0,30	0,004	0,002

4.2 Temperabilidade

A dureza foi medida por corrida (composição química) para obter a dureza (temperabilidade) mínima exigida pela API 5CT 2005 pela equação 1 abaixo.

$$HRC_{\min} = ((\%C) \times 52) + 21 \quad (1)$$

Foram retiradas amostras ao longo de todo diâmetro do tubo, ou seja, de cada ponta de tubo foram retiradas quatro amostras, e foram medidos os pontos de dureza em cada quadrante, como mostrado na Figura 10 abaixo.

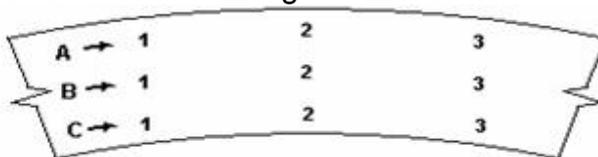


Figura 10. Esquema de identificação das perfurações de dureza no quadrante.

Tabela 2. Resultados médio de dureza por quadrante em HRC

LOCAL	RESULTADO DOS PONTOS DE IMPRESSÃO												
	LINHA "A"				LINHA "B"				LINHA "C"				
	1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA	1	2	3	MÉDIA	
P1	Q1	42,7	44,1	44,1	43,6	43,7	45,1	45,4	44,7	43,5	44,9	45,0	44,5
	Q2	42,6	43,6	44,1	43,4	42,5	43,7	44,3	43,5	43,0	43,5	43,4	43,3
	Q3	42,4	42,7	42,9	42,7	43,6	43,9	44,4	44,0	43,7	44,4	45,1	44,4
	Q4	45,0	46,2	45,8	45,7	45,3	46,5	46,6	46,1	44,8	44,6	45,3	44,9
P2	Q1	42,4	41,6	41,8	41,9	41,3	42,4	43,4	42,4	40,1	40,2	40,0	40,1
	Q2	42,3	41,4	42,4	42,0	40,3	44,1	44,1	42,8	40,0	43,8	44,5	42,8
	Q3	43,4	44,4	44,9	44,2	44,4	46,0	46,1	45,5	45,0	45,7	46,0	45,6
	Q4	42,5	43,4	43,6	43,2	44,4	45,0	44,9	44,8	44,7	45,3	45,6	45,2

P1 e P2 – Ponta 1 e Ponta 2 / Q1, Q2, Q3 e Q4 quadrantes 1,2,3 e 4 respectivamente.

4.3 Metalografia

Foi feita também análise metalográfica nos três estados, tubo verde (sem tratamento térmico), temperado e temperado e revenido, conforme Figura 11.

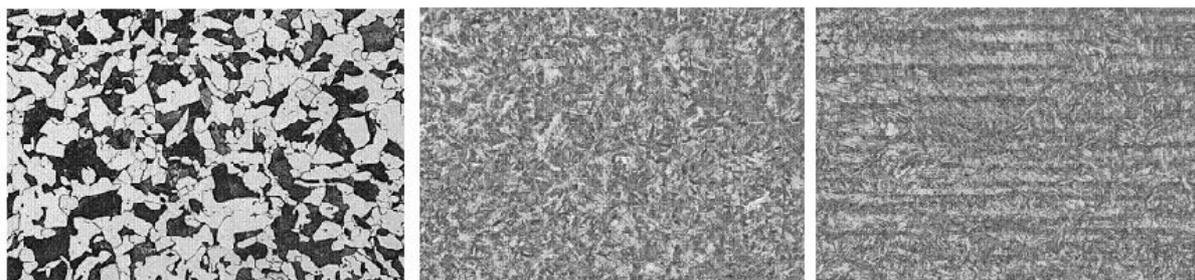


Figura 11. Micrografia com aumento de 200x. As micrografias, da esquerda para a direita, mostram, respectivamente, a presença de uma estrutura perlítica-ferrítica (tubo em estado verde), martensítica (tubo temperado) e por último martensita revenida (tubo revenido).

4.4 Ensaio de Tração

Realizamos ensaios de tração em todas as corridas. Na Tabela 3 podemos analisar os resultados, onde segundo a API 5CT 2005, teríamos especificado um valor entre 80.000 – 110.000 psi, portanto tivemos uma media nominal com desvio padrão de +/- 20 MPa.

Tabela 3. Resultados médios obtidos no ensaio de tração.

LE	LR	LE/LR	AI	LE	LR	LE/LR	AI
MPa	Mpa	Ratio	%	psi	psi	Ratio	%
655	779	0,84	33,3	94.984	113.007	0,84	33,3

5 CONCLUSÕES

O controle de processo se mostrou absolutamente eficaz, tendo excelentes resultados tanto na têmpera como no revenimento, demonstrando como é importante um controle eficaz de processo, assim como mantê-lo homogêneo.

Na têmpera podemos notar que os resultados de dureza estão acima do especificado e, além disso, homogêneos, garantindo assim, que, com um mesmo processo de revenimento, as propriedades mecânicas tenderão a ficar próximas.

O resultado da homogeneidade na temperabilidade aliada a um controle de temperatura, foi um processo de revenimento com resultados homogêneos,

Com esses resultados chegamos à conclusão de que a TENARIS CONFAB está pronta e apta para tratar tubos sem costura provenientes de outras plantas do grupo TENARIS.

Agradecimentos

-Benedito Cavalheiro- Supervisor de laboratórios da TENARIS CONFAB.

-Gaspar Soares de Oliveira- Técnico de Laboratório da TENARIS CONFAB

REFERÊNCIAS

- 1 Triggia A. A, Correia C. A, Filho C. V, Xavier J. A. D, Machado J. C. V, Thomas J. E, Filho J. E. S, Paula J. L, De Rossi N. C. M, Pitombo N. E. S; Gouvêa P, C, V, M, Carvalho R. S, Barragan R. V, *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*, editora Interciência, 2001;
- 2 American Petroleum Institute, *Specification for casing and tubing*, API specification 5CT, 8ª edição, julho de 2005;
- 3 GOMES, Ricardo V. B.; ROZA, Juliana E.; KOJIMA, Sérgio S.. DESENVOLVIMENTO DE LUVAS DE ALTA RESISTÊNCIA AO COLAPSO PARA TUBOS UTILIZADOS COMO REVESTIMENTO EM POÇOS DE PETRÓLEO. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL. , 59., 2004, Frei Caneca Shopping & Convention Center. Anais...
- 4 P.E., Robert K. Nichols,. *QUENCH AND TEMPERING OF WELDED CARBON STEEL TUBULARS*. , 1998.