



Instituto de Engenharia

**MANUTENÇÃO DA SUPERESTRUTURA
EM CONCRETO PROTENDIDO DA
PONTE RIO-NITERÓI**

NILTON VELIHOVETCHI (1)

CARLOS HENRIQUE SIQUEIRA (2)

CONCESSIONÁRIA DA PONTE RIO-NITERÓI S/A - GRUPO CCR

(1) GERENTE DE ENGENHARIA - (2) CONSULTOR

SÃO PAULO. 15 DE JULHO DE 2010



CCR

Ponte

MAIOR PONTE DO HEMISFÉRIO SUL – 8ª DO MUNDO

**MAIS IMPORTANTE GRUPO DE ESTRUTURAS
PROTENDIDAS DAS AMÉRICAS**

43.000 CABOS PROTENDIDOS

140.000km DE FIOS - 3,5 VOLTAS À TERRA

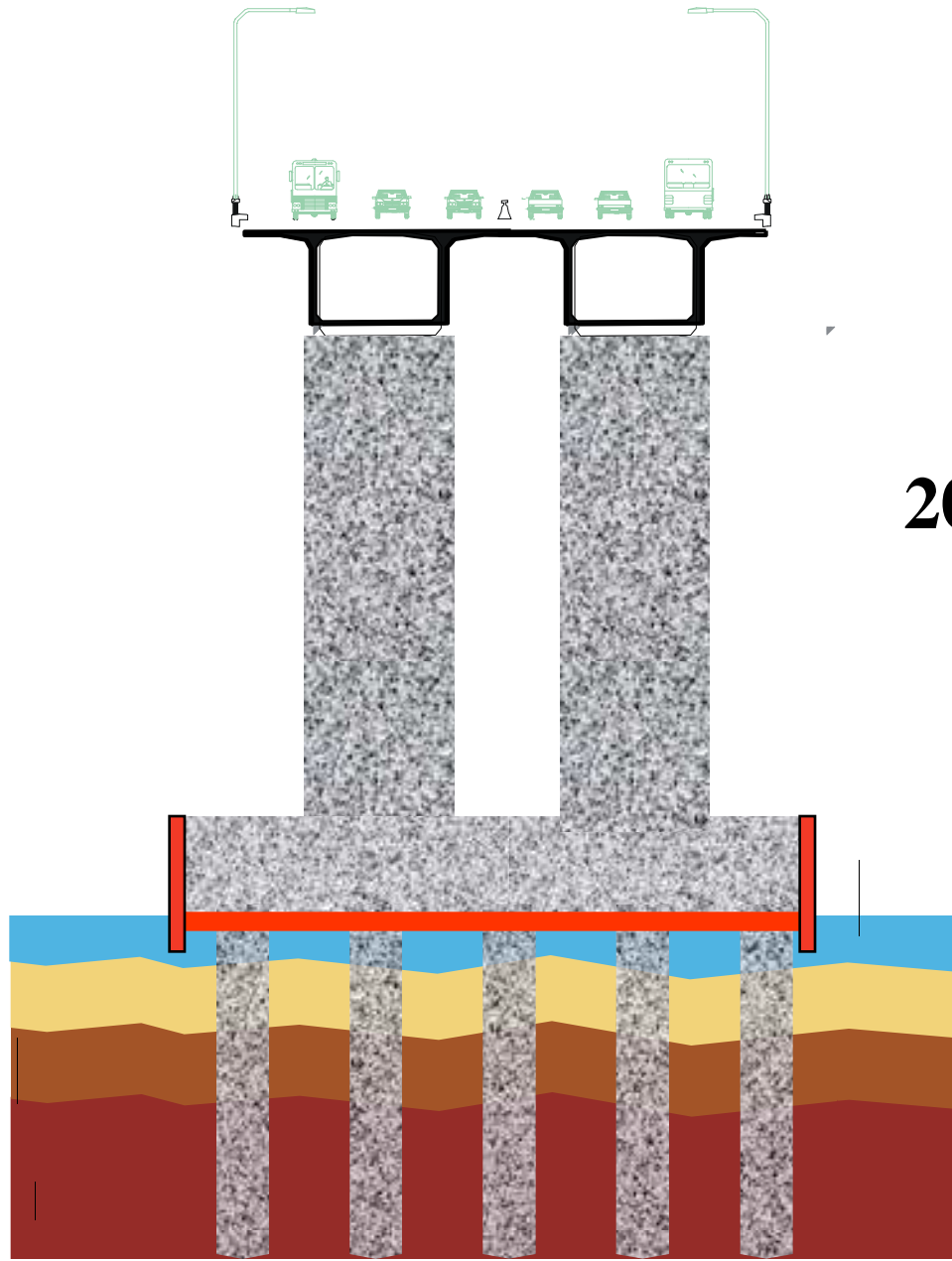
1.400.000m² ÁREA DE CONCRETO



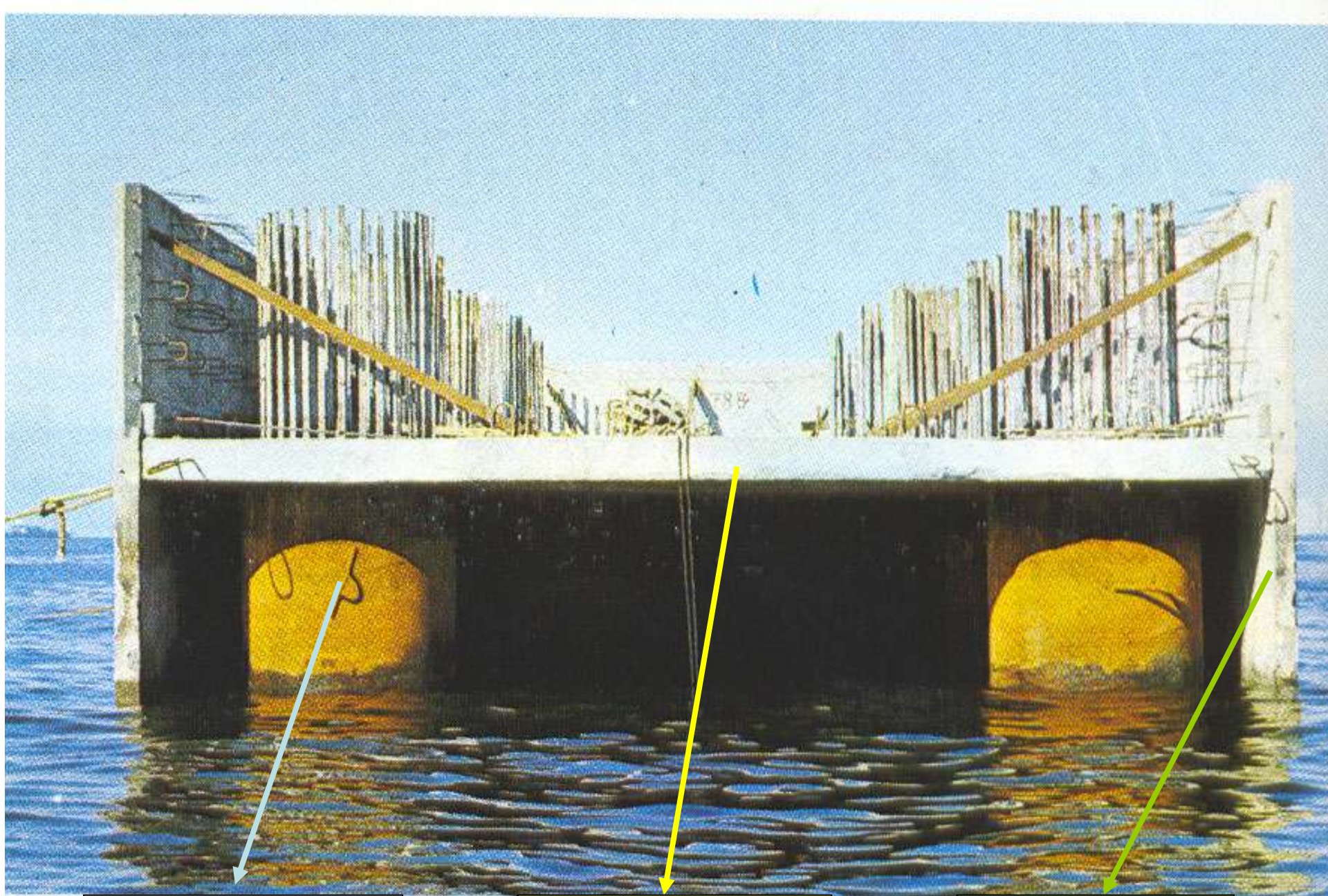
**RECORDE MUNDIAL EM
DEFENSAS ELASTOMÉRICAS**

**RECORDE MUNDIAL EM VIGA RETA CONTÍNUA
EM CAIXÃO ORTOTRÓPICO – 300m**

130m



20.000.000 m³



CAMISA METÁ-LICA/TUBULÃO

LAJINHA

SAIA PRÉ-MOLDADA

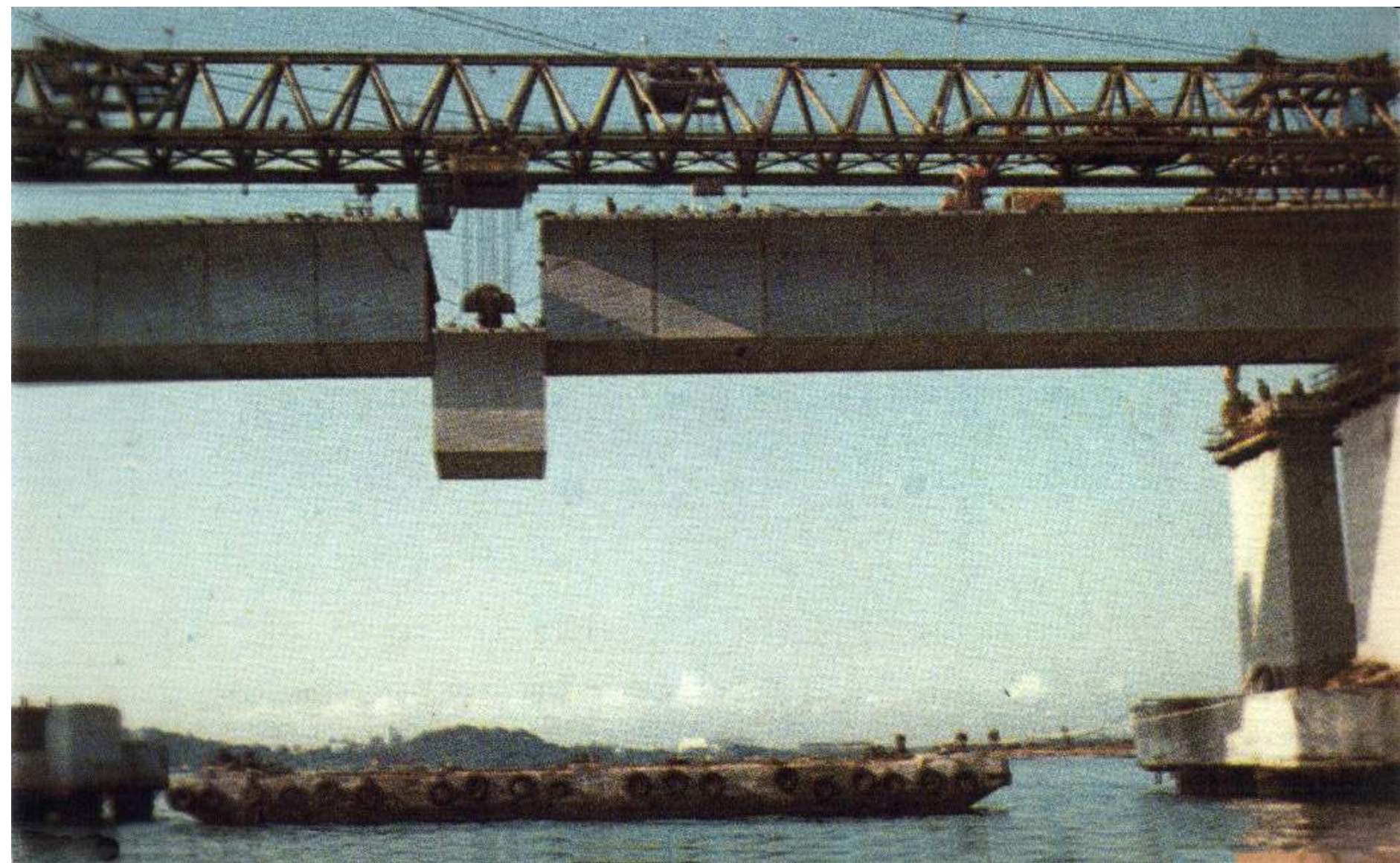








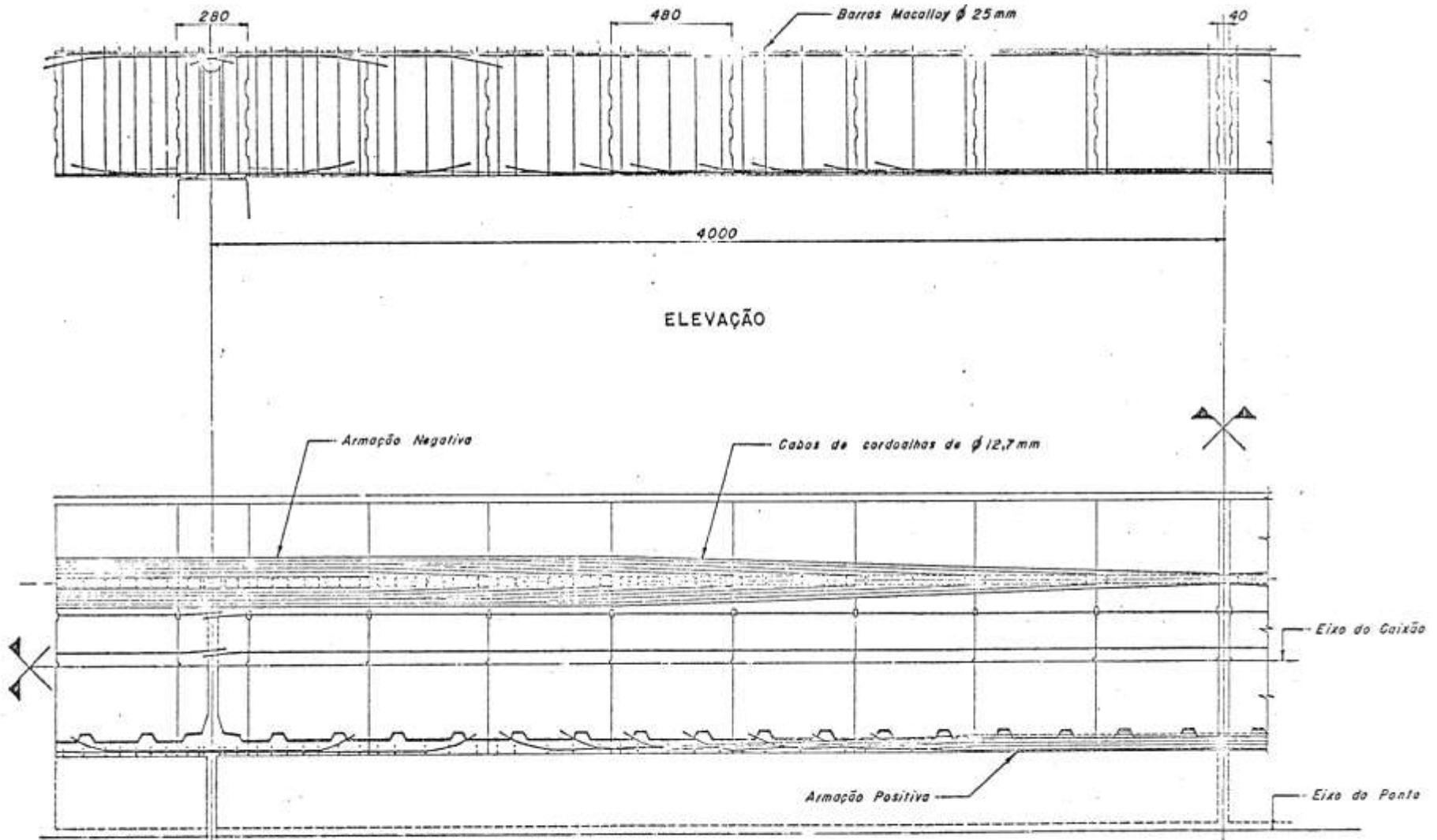








CABLAGEM POSITIVA E NEGATIVA







8PN 118

ME4A INFERIOR

PROVA

(1)

(1)



CONTRA
PROVA





SELD 4

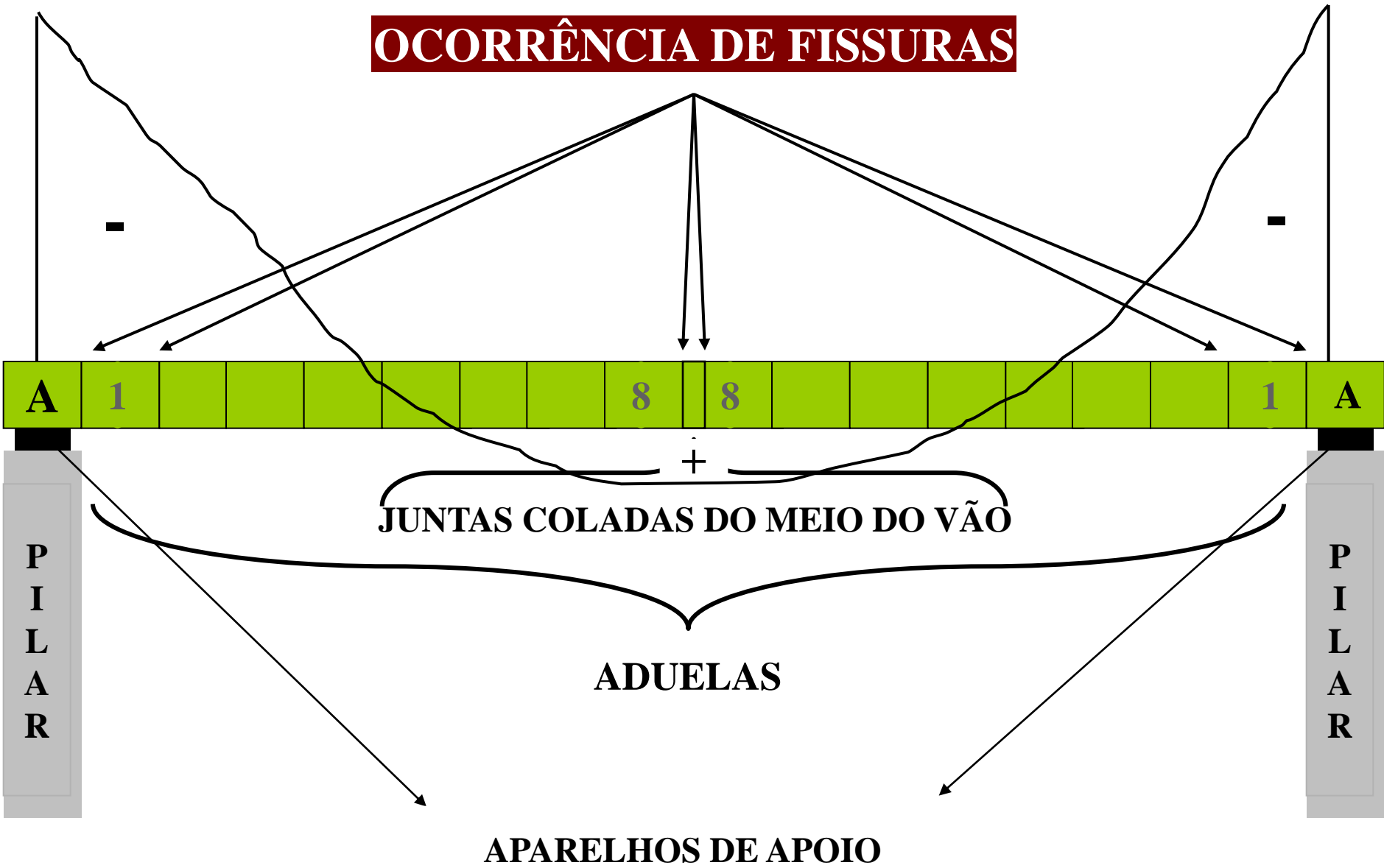
8 PR 139

CAIXA PARQUETA
ALMA PARQUETA

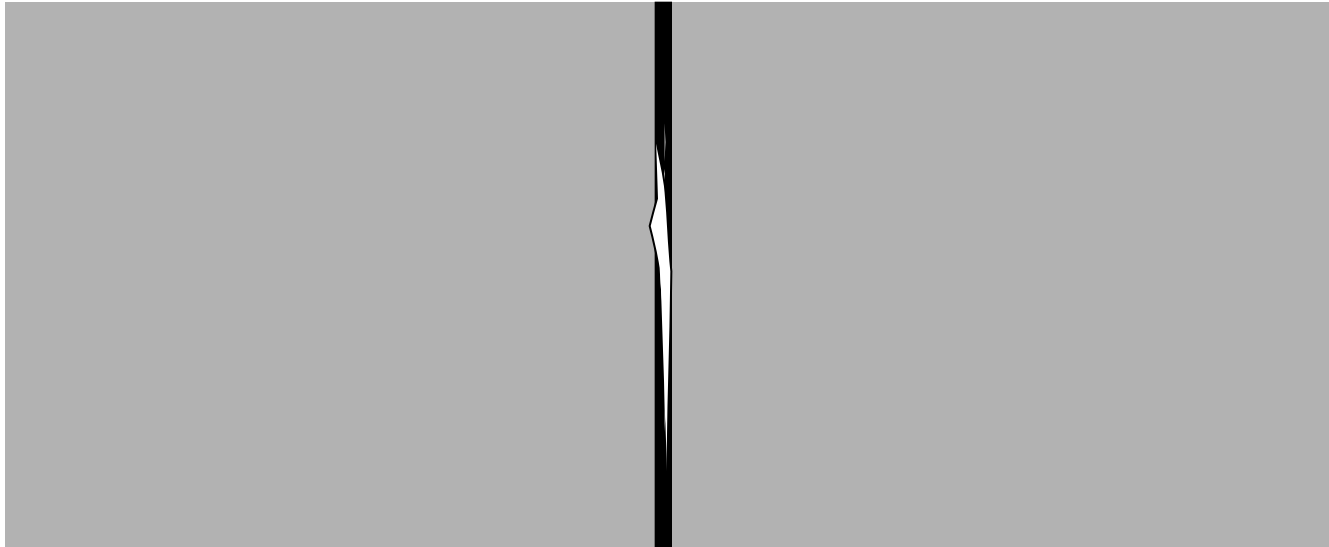
OUTRA PRON

NOVA

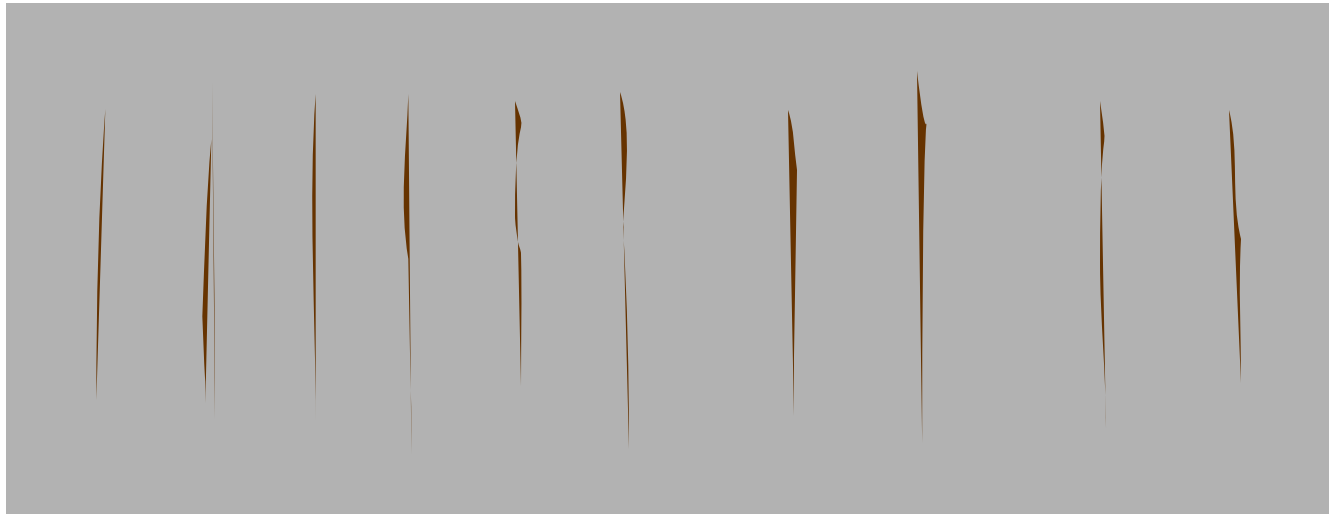
OCORRÊNCIA DE FISSURAS



ESTRUTURA COLADA



ESTRUTURA “IN LOCO”



PERDAS DE TENSÃO



DEFORMAÇÃO IMEDIATA

FLUÊNCIA

RETRAÇÃO

ATRITO

RELAXAÇÃO

PRESTRESSED CONCRETE RESEARCH IN RIO-NITEROI BRIDGE.

- *NON DESTRUCTIVE INVESTIGATION*
 - *DESTRUCTIVE INVESTIGATION*
 - *PLASTER STAMPS*
- *CHLORIDS AND SULPHATES EXAMINATION*
 - *CARBONATION DEPTH*
 - *TEMPERATURE MONITORING*
- *RELAXATION CABLES EVALUATIONS*
- *THEORETICAL AND PRACTICE EVALUATION*
 - *INTERNATIONAL EXCHANGE*

INVESTIGAÇÃO DE BAINHAS E CABOS

PRÁTICAS TRADICIONAIS

**INSPEÇÃO VISUAL DO
CONCRETO**

**INSPEÇÃO VISUAL DOS
CABOS**

**MEDIÇÕES
VOLUMÉTRICAS**

INVESTIGAÇÃO DE BAINHAS E CABOS

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

RADIOMETRIA MICRO-ONDA

ENDOSCOPIA

IMPACTO-ECO

RADIOGRAFIA

SOUND PRINT

TERMOGRAFIA

GROUND-PENETRATING RADAR

ULTRA-SOM

POTENCIAL ELÉTRICO

FLUXO MAGNÉTICO

R.I.M.T.



ASCO

Item	Quantity	Unit
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	1	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	1	1
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	1
29	1	1
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	1	1
34	1	1
35	1	1
36	1	1
37	1	1
38	1	1
39	1	1
40	1	1
41	1	1
42	1	1
43	1	1
44	1	1
45	1	1
46	1	1
47	1	1
48	1	1
49	1	1
50	1	1







POSSÍVEIS ATRIBUIÇÕES AO CABO TESTADO	GRADUAÇÃO QUALITATIVA	POSSÍVEIS INTERVENÇÕES
<p>Perda da superfície protetora com presença de oxidação muito superficial e difusão</p>	<p>Grau 1 Anomalia irrelevante, sem alguma redução de seção útil.</p>	<p>Nenhuma intervenção aplicável.</p>
<p>Presença de leve oxidação, com formação de pequenos pontos de corrosão em zonas esparsas</p>	<p>Grau 2 Anomalia leve, com oxidação superficial.</p>	<p>Nenhuma intervenção aplicável.</p>
<p>Presença de pontos de oxidação mais relevantes, seja em profundidade tanto quanto em extensão</p>	<p>Grau 3 Anomalia média, com uma discreta redução de seção do cabo.</p>	<p>Verificar eventual evolução com reexames periódicos, a cada 12 ou 18 meses.</p>
<p>Corrosão difusa com presença de crosta superficial</p>	<p>Grau 4 Redução relevante da seção útil do cabo.</p>	<p>Verificar eventual evolução com reexames periódicos, a cada 6 ou 12 meses.</p>
<p>Forte corrosão, com presença de crosta de notável relevância</p>	<p>Grau 5 Redução da seção útil do cabo, de modo a comprometer a sua funcionalidade.</p>	<p>Verificar a gravidade da anomalia através de métodos complementares (abertura do cabo).</p>
<p>Rompimento do cabo, seja por corrosão ou dano mecânico</p>	<p>Grau 6 Redução total da seção útil do cabo.</p>	<p>Substituição ou reforço.</p>

POSSÍVEIS ATRIBUIÇÕES AO CABO TESTADO	GRADUAÇÃO QUALITATIVA	POSSÍVEIS INTERVENÇÕES
<p>Locais com descolamento da calda de injeção, em relação ao elemento metálico. Leve ausência ou microfissuração da calda de injeção.</p>	<p>Grau 1 Anomalia irrelevante, sem notável ausência de injeção.</p>	<p>Nenhuma intervenção aplicável.</p>
<p>Fissuração da calda de injeção, com ausência mais relevante.</p>	<p>Grau 2 Anomalia leve, com discreta ausência de injeção</p>	<p>Nenhuma intervenção aplicável.</p>
<p>Discreta ausência de calda de injeção, com eventual fissuração.</p>	<p>Grau 3 Anomalia média, com discreta presença de vazios de injeção.</p>	<p>Verificar as características da anomalia com métodos complementares. Eventual intervenção de reinjeção.</p>
<p>Ausência de calda de injeção, com fissuração.</p>	<p>Grau 4 Anomalia significativa, com relevante presença de vazios de injeção.</p>	<p>Verificar as características da anomalia com métodos complementares. Eventual intervenção de reinjeção.</p>
<p>Ausência total de calda de injeção.</p>	<p>Grau 5 Forte anomalia, com total ausência de injeção.</p>	<p>Intervenção imediata com aberturas de seções do cabo e eventual reinjeção geral.</p>

SELOS DE GESSO NA PONTE RIO-NITERÓI

10.000 UNIDADES

**(PROVA, CONTRA-PROVA, ALMAS, MESA
INFERIOR, MESA SUPERIOR)**

AVALIAÇÃO DE CLORETOS E SULFATOS

→ RETIRADA DE CORPOS DE PROVA NAS FACES EXTERNAS DAS ADUELAS;

→ ENSAIOS A VÁRIAS PROFUNDIDADES;

→ RESULTADOS SEM QUALQUER INTERFERÊNCIA NA DURABILIDADE;



VERIFICAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

**RESULTADOS SEM QUALQUER INTERFERÊNCIA
NA DURABILIDADE;**

VERIFICAÇÃO DA TEMPERATURA

ALMA PAQUETÁ

INVERNO: 21°C

VERÃO: 32°C

RELAXAÇÃO DOS CABOS PROTENDIDOS

→ CORDOALHA DE RELAXAÇÃO NORMAL;

**→ PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO APÓS A
CONSTRUÇÃO DA PONTE;**

→ RELAXAÇÃO NORMAL: ALTA RELAXAÇÃO.

CONTROLE DA QUALIDADE DAS CORDOALHAS

ENSAIO DE RELAXAÇÃO

- CORDOALHAS DE RELAXAÇÃO BAIXA - RB

- PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO (CORDOALHA ESTABILIZADA)

- ESTABILIZAÇÃO: TRATAMENTO TERMOMECÂNICO APLICADO ÀS CORDOALHAS DE AÇO, QUE SÃO SUBMETIDAS A UMA TEMPERATURA DE 350°C E SIMULTANEAMENTE TRACIONADAS.

- O PROCESSO NADA MAIS É QUE A ACELERAÇÃO DE PARTE DA RELAXAÇÃO, OU SEJA, NO PROCESSO DA ESTABILIZAÇÃO GRANDE PARTE DA RELAXAÇÃO OCORRE.

CONTROLE DA QUALIDADE DAS CORDOALHAS

ENSAIO DE RELAXAÇÃO

NBR-7484/91

- **RELAXAÇÃO: MANUTENÇÃO DA DEFORMAÇÃO COM VARIAÇÃO DA CARGA.**
- **ENSAIO REALIZADO DURANTE 1000 HORAS, COM TEMPERATURA CONTROLADA DE $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.**

CONTROLE DA QUALIDADE DAS CORDOALHAS

ENSAIO DE RELAXAÇÃO

NBR-7484/91

- **LEITURAS NOS SEGUINTE TEMPOS:**

**1min, 3min, 5min, 6min, 9min, 15min, 30min, 45min, 1h,
1,5h, 2h, 4h, 8h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h, 240h, 500h,
1000h.**

- **AS PERDAS DE CARGA CAUSADAS PELA
RELAXAÇÃO DEVEM SER DETERMINADAS COM
APROXIMAÇÃO DE 0,05% DE F_0 .**



STRANDS LOST BY RELAXATION

LR - 20°C

1,5%

2,5%

3,5%

NR - 20°C

4,5%

7,0%

12,0%

0,6 f_{ptk}

0,7 f_{ptk}

0,8 f_{ptk}



Departamento de Produção de Fios e
Cordoalhas para Concreto Protendido

Av. Gal. David Samoff, 909 - 32210-110
Cid. Industrial - Contagem - MG - Brasil

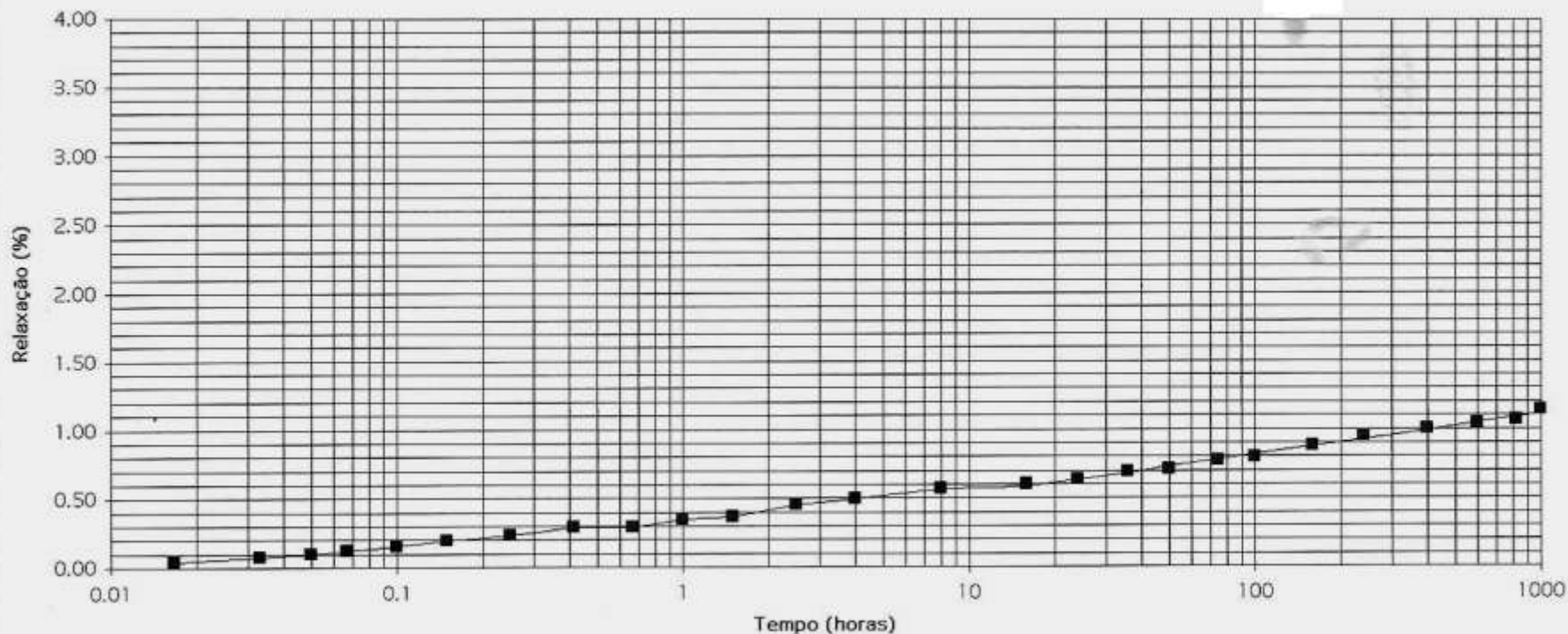
TESTE DE RELAXAÇÃO

N° 43/01

Produto: Cordoalha 7 fios CP RB190
Baixa Relaxação

Norma NBR7483

Diâmetro 15.20 mm Lote: 05606-6 Pedido -



Data de início do teste 14/11/01

Duração do teste (hs)

1000

Temperatura (°C)

20 +/- 2

Carga inicial (% da carga de ruptura)

80%

Perda de carga após 1.000 h (%)

Especificado

3.5 MAX

Obtido

1.14

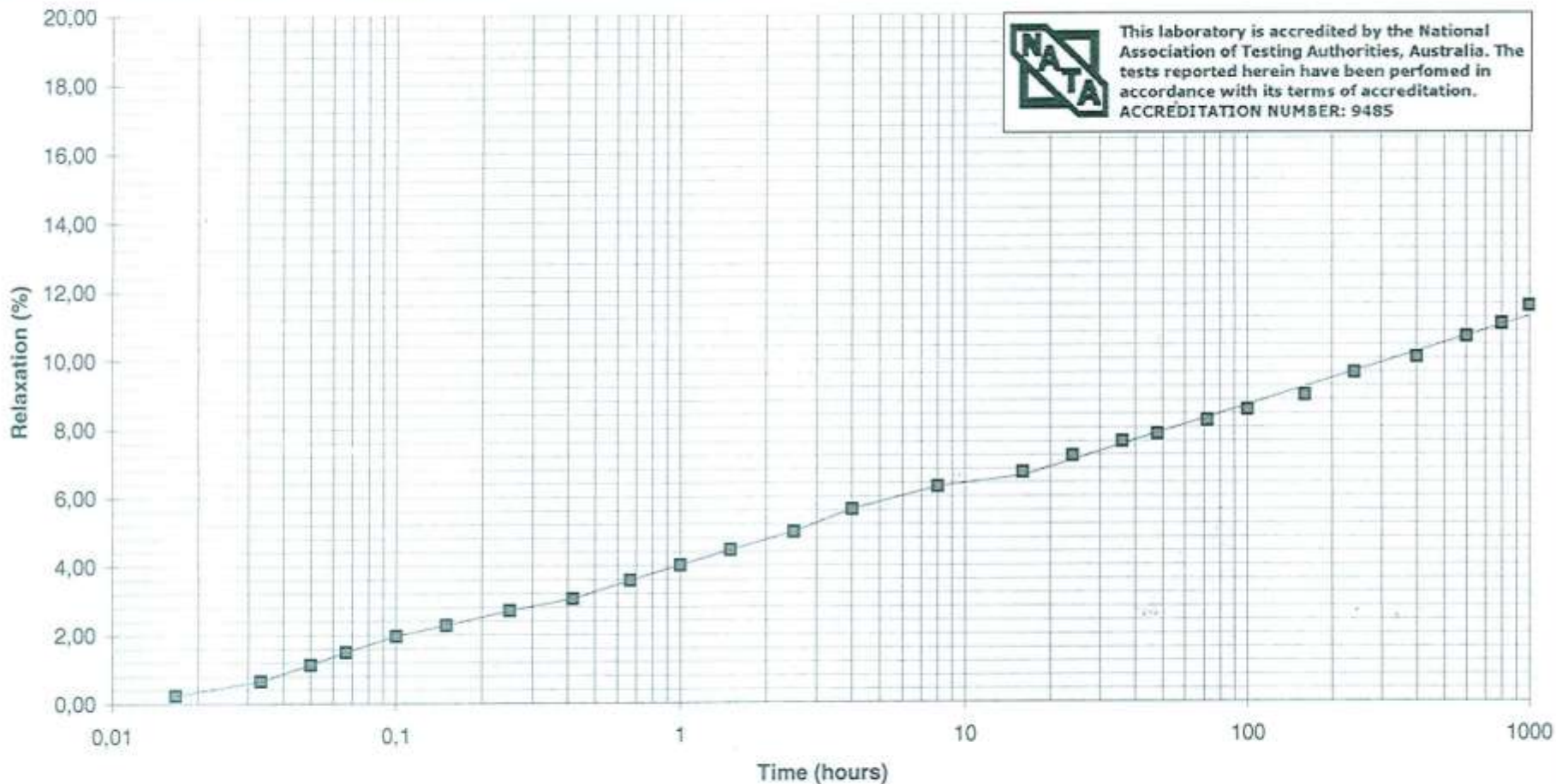
CONTAGEM - BRASIL

26/12/01

RELAXATION TEST

Nº 00/00

PRODUCT:	0,000	STANDARD:	0,000	
NORMAL RELAXATION				
DIAMETER:	12,70 mm	LOT:	0	
			ORDER:



This laboratory is accredited by the National Association of Testing Authorities, Australia. The tests reported herein have been performed in accordance with its terms of accreditation. ACCREDITATION NUMBER: 9485

TEST STARTED AT	27/6/2008
DURATION OF THE TEST (hs)	1000

TEMPERATURE (°C)	20 +/- 2
------------------	----------

% OF BREAKING STRENGTH	80%
------------------------	-----

LOSS RELAXATION IN 1.000 hs (%)	
SPECIFIED	OBTAINED
12	11,52

The relaxation test is according to ASTM E 328 standard.

Contagem - Brasil

9/8/2008

Altair Vieira de Souza
Laboratory Foreman

Rodrigo K. Bruzuzek
Plant Manager

CABLES RELAXATION

→ *SLOW PROCESS: OVER 50 YEARS*

**MAGURA, SOZEN, SIESS – 1964 – 10 YEARS -
50 YEARS**

→ *CEB: 50 YEARS – 3 X 1000 hours*

→ *INFLUENCE OF TEMPERATURE*

→ *RELAXATION VALUES MUST BE
REEVALUATED!*

ENSAIO DE RELAXAÇÃO EM CORDOALHA X REAL SITUAÇÃO EM SERVIÇO.

INFLUÊNCIA DIRETA DA TEMPERATURA
(NUCLEAR REGULATORY COMMISSION - LEHIGH UNIVERSITY)

CRUCIAL QUESTIONS

- **WHEN WILL THE STABILIZATION OF THE LOSS TENSION BY RELAXATION FROM PRESTRESSED CABLES OCCUR?**
- **AFTER 100 YEARS, WHAT WILL HAPPEN WITH THE BRIDGES BUILT WITH NORMAL RELAXATION PRESTRESSED CABLES?**

SOLUÇÃO ADOTADA NA PONTE RIO-NITERÓI

- 1 - REFORÇAR VÃOS FISSURADOS;**
- 2 - CONTINUAR MONITORANDO OS SELOS DE GESSO;**
- 3 - VIABILIZAR ENSAIO DE RELAXAÇÃO COM TEMPERATURA DE 32°C E TEMPO SUPERIOR A 1000 HORAS.**

7PR115



SITUAÇÃO ATUAL DA SUPERESTRUTURA SOBRE O MAR

182 VÃOS

84 VÃOS REFORÇADOS

MOMENTO POSITIVO (48%)

12: 2000

28: 2005

44: 2009

PREVISÃO 2010

3 VÃOS: MOMENTO NEGATIVO

40 VÃOS: MOMENTO POSITIVO

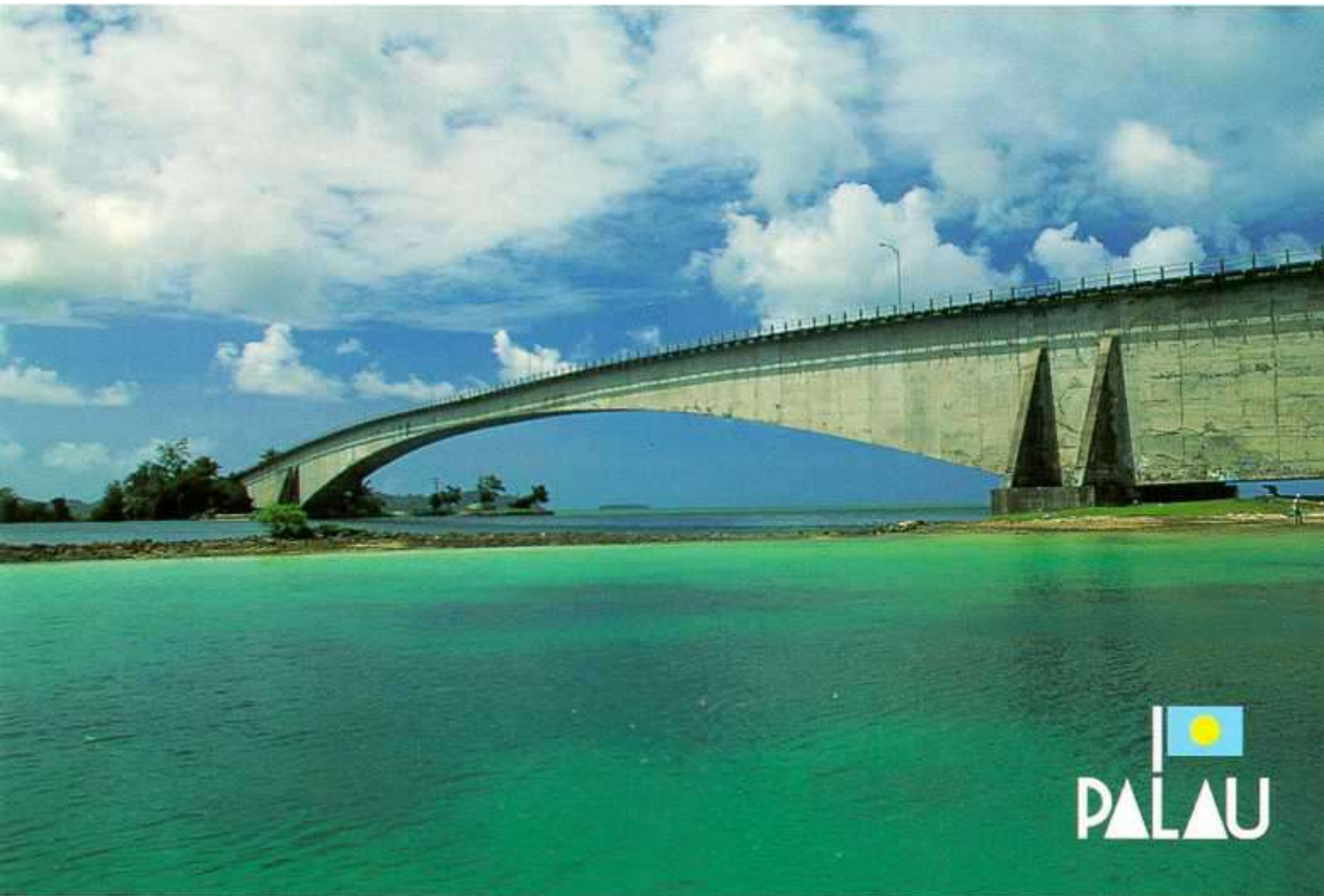






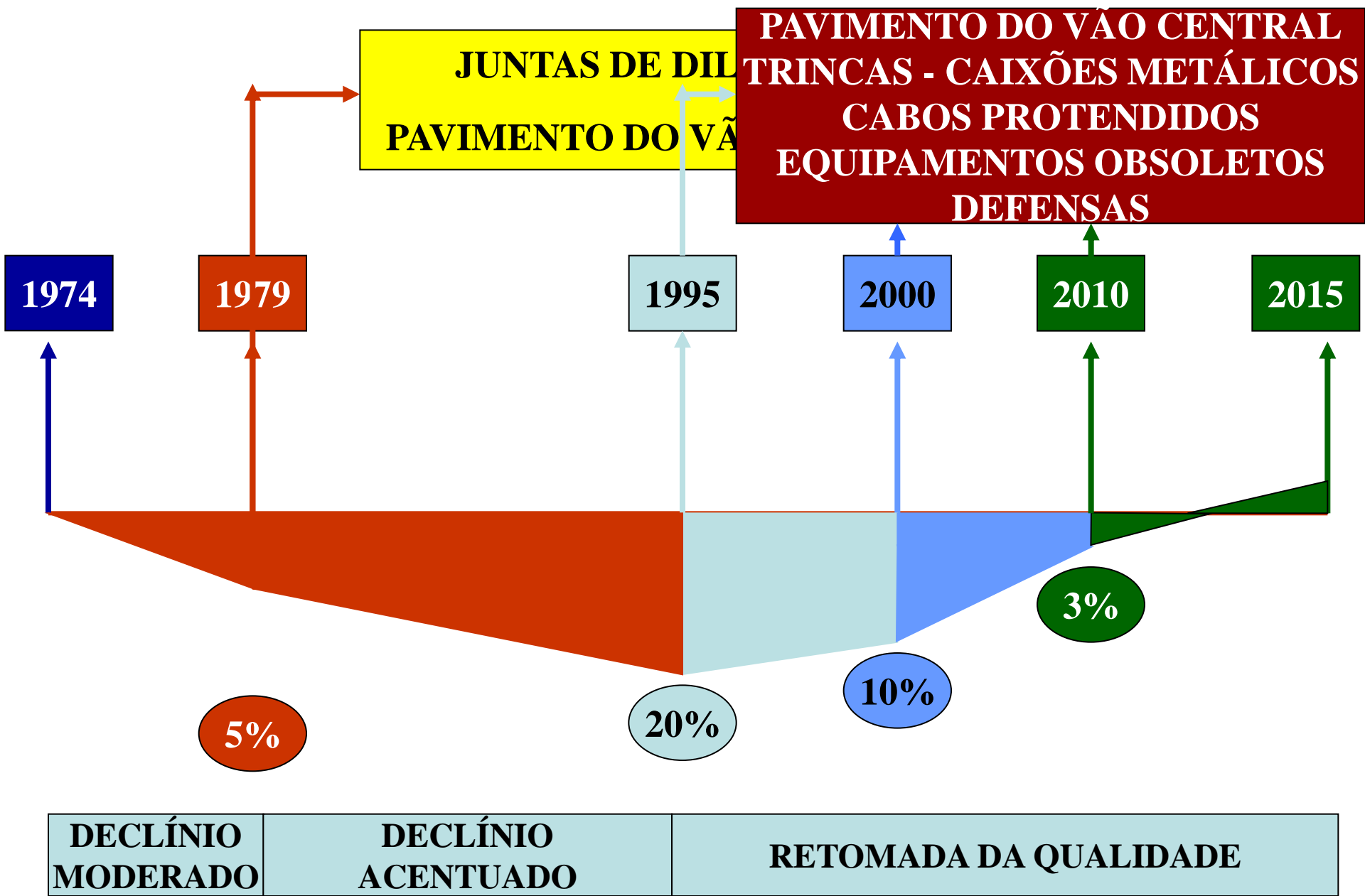








SAÚDE DA PONTE ANTES E APÓS A CONCESSÃO



CONCLUSIONS

- **RELAXATION: LONG TERM PROCESS AND STILL NOW THERE ISN'T STABILIZATION OF RELAXATION IN ANY CASE;**
- **THE LOSS OF TENSION MUST BE SEPARATED: IN A SECOND TIME OCCURS PURE RELAXATION;**
- **THE INFLUENCE OF TEMPERATURE IN RELAXATION MUST BE CONSIDERED;**
- **THE BRIDGES BUILT WITH NORMAL RELAXATION PRESTRESSED CABLES WILL HAVE TO PRESENT CRACKINGS.**

MANUTENÇÃO DA SUPERESTRUTURA EM CONCRETO PROTENDIDO DA PONTE RIO-NITERÓI

CONCLUSÕES

- 1 - ESTRUTURA PERMANENTEMENTE VISITADA E CUIDADOSAMENTE MANTIDA.**
- 2 - VIDA ÚTIL A PERDER DE VISTA.**
- 3 - CONCESSÃO: O REMÉDIO CORRETO AOS MALES DA PONTE.**



Instituto de Engenharia

**MANUTENÇÃO DA SUPERESTRUTURA
EM CONCRETO PROTENDIDO DA
PONTE RIO-NITERÓI**

O B R I G A D O !

NILTON VELIHOVETCHI (1)

CARLOS HENRIQUE SIQUEIRA (2)

CONCESSIONÁRIA DA PONTE RIO-NITERÓI S/A - GRUPO CCR

(1) GERENTE DE MANUTENÇÃO - (2) CONSULTOR

SÃO PAULO. 15 DE JULHO DE 2010