

**SIMPÓSIO SOBRE
REATIVIDADE
ÁLCALI-AGREGADO
EM ESTRUTURAS
DE CONCRETO**

Goiânia, novembro de 1997

ANAIS

**A Evolução da Reação Álcali - Agregado ao Longo do
Tempo : 25 anos de Observação**

REALIZAÇÃO:



**Comitê Brasileiro de
Grandes Barragens**

FURNAS  CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

Apoio:



IBRACON

A Evolução da Reação Álcali - Agregado ao Longo do Tempo :

25 anos de Observação

Paulo José Oliveira

CESP - Companhia Energética de São Paulo- Ilha Solteira/ São Paulo

Flavio Moreira Salles

CESP - Companhia Energética de São Paulo- Ilha Solteira/ São Paulo

Francisco Rodrigues Andriolo

Engenheiro Consultor – Andriolo Ito Engenharia S/C Ltda

Rua Cristalândia 181-São Paulo- CEP-05465-000- Tel: ++55-11-2605613- Fax:++55-11-260 7069

RESUMO

A visualização dos fenômenos físico-químicos e autógenos que ocorrem nos concretos com base, apenas e tão somente, nas condições laboratoriais e com base nos dados dos ensaios padronizados por vezes dificulta a sua compreensão ou até mesmo proporciona dúvidas e, pior ainda, leva ao descrédito por parte dos mais reticentes.

Nessas situações a visualização dos fenômenos através de protótipos ou testemunhos é uma ferramenta didática e de grande validade para o aprendizado e treinamento, bem como para o entendimento dos fenômenos.

O Laboratório de Concreto da CESP, em Ilha Solteira, a partir de 1971 elaborou um programa de moldagem de testemunhos de concreto, de grande porte (cerca de 0,3m³) de maneira a visualizar os fenômenos autógenos, decorrente do emprego de vários tipos de cimentos e agregados com diversas composições mineralógicas.

Isso tem permitido a observação de fenômenos, até o momento, por mais de 25 anos.

A Reação Álcalis Agregados foi tema de preocupação durante o estabelecimento do Programa de Estudos, e as observações efetuadas são apresentadas nesta publicação.

1- APRESENTAÇÃO

A evolução das construções das Hidroelétricas no Brasil, claramente observada a partir de 1960, fez imperativo o desenvolvimento da tecnologia do concreto, das velocidades de execução e das técnicas de construção.

Devido ao crescimento das construções, alguns problemas surgidos chamaram a atenção dos técnicos envolvidos.

Um desses problemas foi o da Reação Álcalis Agregados (RAA), observado nos estudos preliminares para a construção da Hidroelétrica de Jupia (UHE Engenheiro Souza Dias), durante o período de 1962 a 1969, com um volume de concreto de cerca de 1.500.000m³. As avaliações técnicas à época, associadas às dificuldades

de estabelecer outras alternativas inibidoras das reações, ao panorama da indústria cimenteira, bem como à imperativa necessidade de garantir defesas técnicas preventivas quanto as expansões decorrentes das reações, orientaram a tomada de decisão, de se instalar no canteiro da obra, um sistema de moagem de clínquer (para obter cimento) e um sistema de produção de pozolana a partir da calcinação de argila, com alto teor de SiO_2 , encontrada nas proximidades da obra.

A CESP nessa oportunidade desenvolveu, primeiramente em conjunto com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), e posteriormente nos seus laboratórios, estudos de investigação dos materiais disponíveis para agregados, de maneira a caracteriza-los e poder certificar-se de suas potencialidades para minimizar a RAA.

De mesma maneira permitiu-se determinar o tipo de aglomerante ideal para uso com o agregado disponível, prevenindo-se contra a reação e garantindo a durabilidade do concreto e das estruturas.

As medidas técnicas adotadas pela CESP, levando a estabelecer a implantação de sistemas de moagem de clínquer e de produção de pozolana, depois de passar pelo uso de cinzas volantes trazidas das centrais termoeletricas do sul do Brasil e, pelo envio de “diatomito” para incorporação na fabricação do clínquer em Corumbá, provocaram debates de opiniões entre os técnicos, que perduraram até meados da década de 70.

Questionava-se na época, os desenvolvimentos técnicos impostos pela CESP em suas obras, não só pelo emprego da pozolana como inibidora da RAA, mas também, pelo uso de concreto pré-refrigerado, emendas topo-a-topo para barras de armadura e outros detalhes da tecnologia do concreto e de técnicas de construção.

A CESP, diante desse panorama, através de seus profissionais, procurou disseminar esses avanços técnicos, frutificando debates e publicações técnicas, e outras medidas de reciclagem de conhecimentos.



Figura 01- Usina Hidroelétrica de Jupia (UHE Engenheiro Souza Dias), da CESP.

Uma das medidas para reciclagem e de treinamento foi o de estabelecer um pátio de observação de testemunhos de concretos moldados com diversos tipos de agregados e aglomerantes, nas composições empregadas nas obras da CESP.

2- PROGRAMA DE OBSERVAÇÕES

2.1- Generalidades e Objetivo

O programa de observações ^[1] consistiu da moldagens de testemunhos e corpos de prova cilíndricos 150mm*300mm, para serem deixados ao ambiente, e da verificação de seus comportamentos ao longo do tempo.

Os testemunhos foram moldados para ser a base das observações visuais, e corpos de prova cilíndricos, para a determinação da resistência ao longo de um período de exposição.

As moldagens tiveram início em Março de 1971, e as observações visuais foram efetuadas semestralmente, até a época atual.

2.2- Materiais

Os materiais utilizados nos concretos para a moldagem dos testemunhos foram:

2.2.1- Aglomerantes (Características mostradas na Figura 02)

2.2.1.1- Cimentos

- Cimento Corumbá, moído no sistema da CESP, em Jupiá, de referências –3819, 4256, 4597, 4993, 5719, 5823, 5882, 5963, 5987, 6060, 6159;
- Cimento Santa Rita, com alto teor de álcalis, de referências 4049, 6319;
- Cimento Votoran, de referência 4079;
- Cimento Maringá, caracterizado pelas referências 4387 e 4519;
- Cimento Proletari (origem soviética), designado pela referência 3944.

2.2.1.2- Pozolana

Pozolana obtida pela calcinação e moagem de argila, no sistema industrial montado pela CESP, em Jupiá, de referências 730, 753, 868, 937, 985, 1017.

2.2.2- Agregados (Características mostradas na Figura 03)

2.2.2.1- Agregados Miúdos

- Areia natural extraída da jazida do pontal do Rio Sucuriu (a montante da Barragem de Jupirá), de uso na construção da Barragem de Ilha Solteira;
- Areia natural, de granulometria “fina”, extraída de jazida à margem direita do Rio Paraná, nas imediações da Barragem de Ilha Solteira;
- Areia natural extraída de jazida do rio Paranapanema, utilizada na construção da Barragem de Capivara;
- Areia natural extraída da jazida da foz do Rio Aporé, utilizada na construção da Barragem de Água Vermelha;
- Areia de Pyrex, usada como padrão do Método ASTM-C-441, como sílica reativa com os álcalis do cimento.

2.2.2.2- Agregados Graúdos

- Cascalhos de D_{max} 19 e 38 mm, da jazida do pontal do Rio Sucuriu, de grãos arredondados, possuindo quartzo, ágata, calcedônia e quartzito;
- Cascalhos de D_{max} 19 e 38 mm, da jazida do Rio Paranapanema;
- Cascalhos de D_{max} 19 e 38 mm, da jazida do Rio Aporé;
- Britas de D_{max} 38 mm, de basalto (denso e são) utilizadas na obra de Ilha Solteira;
- Britas de D_{max} 19 e 38 mm, de basalto tipo “A” (denso e são) utilizadas na obra de Capivara;
- Britas de D_{max} 19 e 38 mm, de basalto tipo “B” (vesículo amigdaloidal), disponíveis na obra de Capivara;
- Britas de D_{max} 19 e 38 mm, de basalto tipo “C” (possuindo argilo-minerais expansivos) disponíveis na obra de Capivara.

2.2.3- Aditivo

Aditivo incorporador de ar-Vinsol, preparado no Laboratório de Concreto de Ilha Solteira.

3- CONCRETOS

Para a observação dos concretos, ao longo do tempo, foram moldados dois tipos de blocos-testemunhos de acordo com o indicado na Figura 04. Para acompanhamento das resistências à ruptura por compressão axial simples foram utilizados os espécimes cilíndricos.

Os concretos usados nas moldagens foram, orientativamente, baseados nas misturas de nomenclaturas 38A-T05 e 38C-T09, cujas composições são mostradas na Figura 05. Para as diversas moldagens as dosagens foram devidamente ajustadas em relação às de referência.

REPÚBLICA DO BRASIL - AMATYVA		3819	4256	4597	4993	5719	5823	5882	5963	5987	6060	6159	4049	6319	4074	4387	4519	3944	730	753	868	937	985	1017	
Materia		Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Concreta	Santa Rita Sane. Res.	Vitorian	Mariyga	Mariyga	Prokian	Poazolana	Poazolana	Poazolana	Poazolana	Poazolana	Poazolana	
Tipo		11-Jan-71	27-Ago-71	28-Ago-71	13-Mar-71	19-Jun-71	19-Jun-71	27-Fev-71	28-Mar-71	06-Abr-71	11-Mai-71	04-Jun-71	14-Mai-71	28-May-71	26-Mai-71	15-Jun-71	30-Jun-71	28-Jun-71	08-Jun-71	13-Jun-71	11-Jun-71	15-Jun-71	15-Jun-71	28-Jun-71	21-Jun-71
PAINEL FOR	RETO DO	7.2	5.6	4	5.2	8	6.4	6.8	7.4	8	8.2	8	4.2	2.6	8.8	5	6.4	12							
	PERCENTUAL	9.8	9.1	7.8	7.1	13.7	9.3	11.8	12.7	13	13.3	12.1	5.7	4.3	10.5	9	12.3	13.3	1.7	2.6	12.6	16.9	13.8	18.4	
PAINEL SUPORTE	RETO DO	38.48	41.95	31.33	31.77	37.58	38.03	37.85	37.03	35.87	36.28	36.22	36.72	35.32	31.33	28.51	27.88	30.10	7.110	8.880	7.112	8.002	8.633	8.502	
	PERCENTUAL																		2.53	2.5	2.47	2.51	2.45	2.52	
RESISTENCIA	RETO DO																		96.2	93.6	99.5	93.8	98.3	97.9	
	PERCENTUAL																		-0.002	-0.004	0	-0.003	-0.004	-0.006	
Módulo de Elasticidade	RETO DO																		101.5	104.5	108.5	105.5	105.6	106.1	
	PERCENTUAL																		95.4	86.2	80.4	73.3	84.1	84.9	
Compressão	RETO DO	110	110	118	113	113	112	113	113	111	113	112	111	120	109	110	111	110							
	PERCENTUAL	22	22	23.2	22.6	22.6	22.4	22.6	22.2	22.2	22.2	22.4	22.2	24	21.8	22	22.2	22	22	22	22	22	22	22	
Tensão de Ruptura	RETO DO	01.50	02.22	02.28	01.41	01.17	01.22	01.53	01.52	01.56	01.43	02.00	02.36	02.31	03.02	03.19	02.19	02.33							
	PERCENTUAL	0.058	-0.013	0.031	0.113	0.098	0.092	0.048	0.141	0.115	0.108	0.133	0.191	0.182	0.348	0.514	0.688	0.01	0.079	0.05	0.059	0.068	0.068	0.054	
Autoclavagem	RETO DO	143	145	146	152	149	147	147	146	144	146	147	147	143	147	144	148	148							
	PERCENTUAL	0.458	0.465	0.468	0.487	0.478	0.471	0.468	0.462	0.468	0.471	0.471	0.471	0.458	0.471	0.462	0.468	0.474							
Água para	RETO DO	164	163	167	165	167	162	168	163	168	165	167	165	166	164	168	168	168							
	PERCENTUAL	155	292	244	213	197	228	221	229	205	158	230	211	253	107	204	224	152							
Compressão	RETO DO	224	344	325	319	307	303	313	302	291	288	331	284	320	182	288	300	238							
	PERCENTUAL	319	419	395	417	382	401	415	406	399	389	434	373	395	272	387	393	384							
Resistência	RETO DO	400	451	435	453	438	417	449	456	456	419	436	405	434	345	489	487	385							
	PERCENTUAL	73	80	79	78	75	83	76	81	82	79	81	71	88	80	78	75	88	0.004	0.005	0.013	-0.013	-0.013	-0.007	
Calor de Hidratação	RETO DO	85	87	90	91	91	94	91	90	96	95	91	80	79	72	83	85	84							
	PERCENTUAL	1.30	0.95	1.35	0.75	1.20	1.40	1.55	1.10	1.25	1.40	1.00	2.80	2.90	2.80	1.00	1.25	0.75	0.50	1.10	0.25	0.40	0.50	0.05	
Influência	RETO DO	0.25	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	0.05	0.20	0.15	0.15	0.30	0.25	0.85	0.05	0.05	0.10							
	PERCENTUAL	21.25	18.70	20.75	21.70	21.50	21.40	21.40	21.25	21.10	21.15	21.15	18.60	19.05	21.35	21.55	21.35	21.30	86.30	67.90	86.00	86.80	87.20	67.50	
Ondulação	RETO DO	3.40	3.62	3.32	3.12	3.21	3.00	2.83	2.96	2.93	2.89	3.18	3.88	3.55	3.50	2.06	2.10	4.40	5.34	6.05	4.85	4.47	4.51	4.37	
	PERCENTUAL	5.30	5.08	5.08	5.38	5.89	5.40	5.27	5.44	5.47	5.51	5.32	6.22	5.55	5.40	4.84	4.70	5.20	23.16	23.06	25.55	26.03	25.29	24.83	
%	RETO DO	63.50	63.90	64.40	64.30	64.20	64.30	64.20	63.60	63.60	64.20	64.20	61.80	62.57	59.90	63.20	63.10	64.60							
	PERCENTUAL	2.75	2.21	2.50	3.15	1.82	2.24	1.95	2.79	3.15	2.14	2.42	2.93	3.33	4.53	5.25	5.18	1.08	0.88	0.83	1.34	1.23	0.94	1.12	
Comportamento	RETO DO	1.46	3.64	1.73	0.78	1.54	1.39	1.78	1.96	1.37	1.68	1.68	1.95	1.63	0.88	1.75	1.75	1.80	Tracços	Tracços	Tracços	Tracços	Tracços	Tracços	
	PERCENTUAL	0.08	0.08	0.09	0.12	0.08	0.08	0.04	0.10	0.08	0.09	0.08	0.51	0.49	0.11	0.20	0.24	0.37							
Boleagem	RETO DO	0.80	0.77	0.85	0.75	0.74	0.70	0.68	0.76	0.75	0.73	0.71	0.82	0.73	0.57	0.28	0.38	0.51							
	PERCENTUAL	0.82	0.59	0.52	0.81	0.58	0.54	0.49	0.80	0.55	0.57	0.53	1.05	0.97	0.49	0.38	0.48	0.71	28.50	29.10	30.40	30.50	29.80	29.20	
Cilindros	RETO DO	0.81	0.60	0.48	0.57	1.32	1.34	1.23	1.32	1.17	1.20	1.28	1.38	0.67	0.50	0.74	1.00	0.19	94.80	87.00	96.40	97.30	97.00	96.70	
	PERCENTUAL	52.38	58.66	60.68	54.08	50.75	54.60	54.05	51.86	53.71	54.88	55.54	57.53	62.93	37.51	52.58	55.06	54.76							
Cilindros	RETO DO	21.40	12.23	13.73	21.41	23.35	20.19	20.57	21.90	19.97	19.39	18.74	10.08	7.15	32.91	22.28	19.67	19.76							
	PERCENTUAL	8.30	7.00	7.84	8.88	8.65	9.23	9.01	9.41	8.54	9.71	8.72	9.92	8.70	8.59	8.60	8.91	8.34							
Cilindros	RETO DO	10.35	11.62	10.10	9.48	8.77	9.13	8.92	9.01	8.92	8.79	9.68	11.81	10.80	10.65	6.27	6.39	13.39							
	PERCENTUAL																								

FIGURA 02- DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS CIMENTOS E POZOLANAS

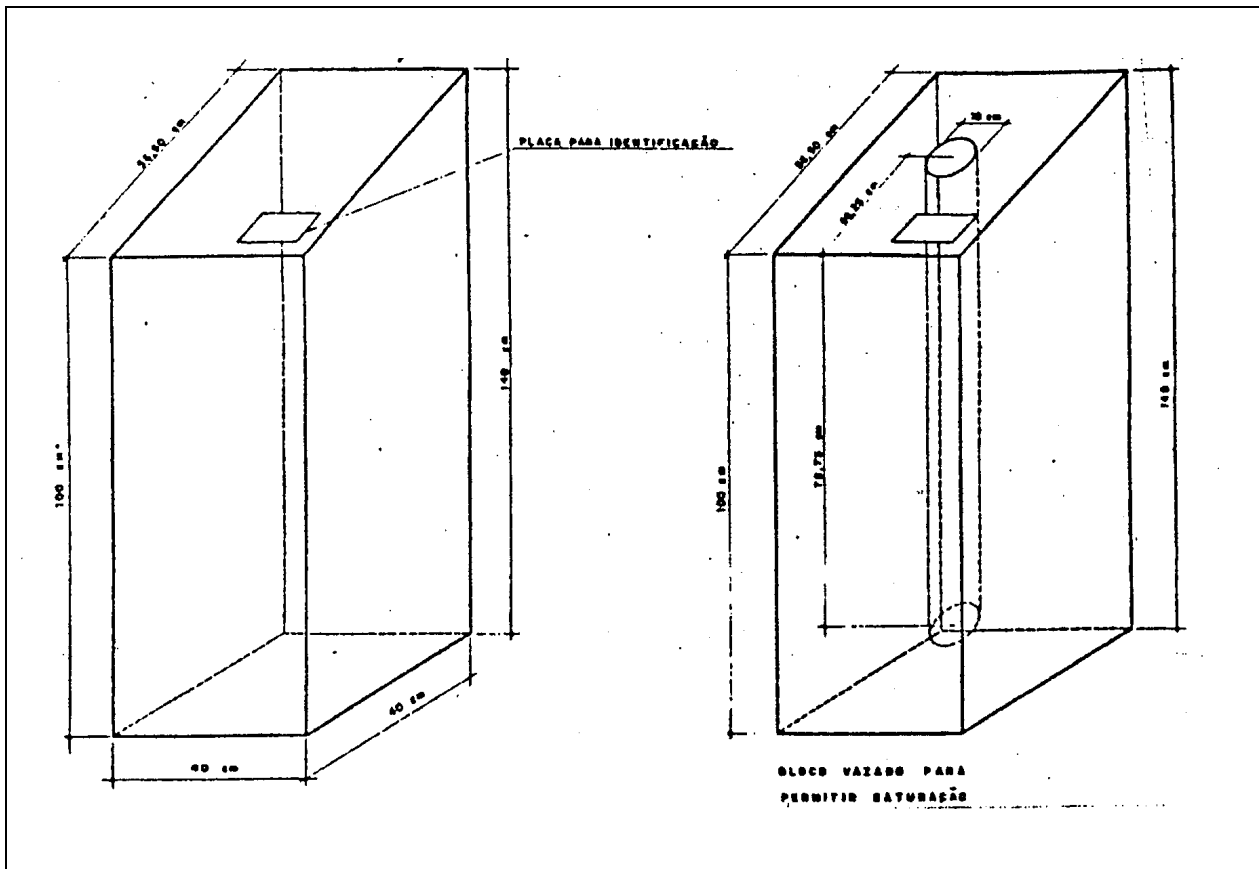


FIGURA 04- GEOMETRIA E DIMENSÕES DOS BLOCOS-TESTEMUNHOS

Materiais (Proporção Kg/m ³)	Mistura 38AT05	Mistura 38 CT09
Cimento	278	176
Pozolana	55	35
Água	132	132
Areia	523	629
Agregado D _{max} 19mm	684	684
Agregado D _{max} 38mm	684	684
Incorporador de Ar – Vinsol	0,12	0,05
<i>Trabalhabilidade (Slump)</i>	$5 \pm 0,5$	$5 \pm 0,5$
<i>Teor de Ar Incorporado (%)</i>	$4 \pm 0,5$	$4 \pm 0,5$
<i>Temperatura do concreto na colocação</i>	16 °C	16 °C

FIGURA 05- DADOS DAS MISTURAS DE REFERÊNCIA

A Figura 06, fornece as características dos concretos de cada um dos Blocos-testemunhos, moldados, bem como das resistências obtidas às várias idades.

4- OBSERVAÇÕES

4.1- Gerais

No âmbito geral pode-se observar a tendência de evolução das resistências com a idade dos concretos, fato esse normalmente esperado, porem de pouca percepção, tendo em vista as idades comparadas – ½, 1, 2 e 5 anos. Observam-se algumas resistências de valores menores, à idades maiores, que as respectivas à idades menores (como por exemplo a dos Blocos- 3) porém esse fato é perfeitamente explicável, quando se atem aos percentuais de evolução das resistências a essas idades, bem como às variações (Coeficientes de Variação) de que as amostras de concretos são passíveis de sofrer.

4.2- Particularidade I

Os Blocos 25 a 34, (e outros com os concretos da UHE Porto Primavera, não listados) referem-se à observações de fenômenos relativos ao emprego de agregados obtidos a partir de rocha basáltica com minerais argilo expansivos (do tipo nontronita, montmorilonita, e esnectitas) que podem se desagregar quando expostos à ciclagem molhagem-secagem.

As observações e avaliações técnicas desse concretos encontram-se publicadas na referência ^[5], não tendo, entretanto mérito para o tema da Reação Álcalis Agregados.

4.3- Particularidade II

A disposição dos corpos de prova cilíndricos junto aos blocos-testemunhos, expostos às mesmas condições, permite avaliar o comportamento do concreto e associar suas alterações ao parâmetro resistência à compressão.

4.4- Particularidade III

Não foram criados artifícios externos para provocar ou acelerar a ocorrência de fenômenos, mantendo-se apenas sob as condições ambientes.

4.5- Particularidade IV

O Programa ^[1] estabelecia que fossem moldados 2 pares de blocos-testemunhos para cada cimento e agregado, diferenciados por concretos de maior (“rico”) e menor (“pobre”) consumo de aglomerante, com e sem adição de pozolana.

4.6- Reações Álcalis - Agregados

4.6.1- Gerais

As observações quanto a esse fenômeno podem ser concentradas nos blocos 7; 9; 15 e 19 e 41.

Pode ser observado visualmente que o Bloco 9, moldado com concreto com cimento de alto teor de álcalis, agregados potencialmente reativos e sem pozolana, apresentou fissuras (Figura 09) na superfície, após 6 meses da sua moldagem.

Para dar ênfase ao fenômeno, foi moldado em Novembro de 1973, o Bloco 41, com concreto composto por cimento de alto teor de álcalis, areia de Pyrex (sílica reativa), e cascalhos potencialmente reativos, sem pozolana.

Observou-se, após dois meses da moldagem, um panorama de fissuração como mostram as Figura 12 e 13.

Essa fissuração se generalizou e atualmente (Setembro de 1997) apresenta-se como evidenciado na Figura 10.

As Figuras 08 a 11 caracterizam o comportamento-desempenho dos concretos com agregados potencialmente reativos e o emprego de cimento com alto teor de álcalis, comparativamente com e sem a adição de pozolana.

Isso evidencia, visualmente, a ação da pozolana no combate à reação álcalis-agregados.

4.6.2- Resistências à Compressão Axial Simples

Bloco	Número	CEEP	Cimento		Orç. Litros	Água		Vidro		Aço		Incrustações	Teor (%)	Teor de A	Teor de M	Slump	idade					Observações				
			Marcas	Referência		Teor (kg/m³)	Densidade	Teor (kg/m³)	AC	AC ₂₀	Teor (kg/m³)						Teor (kg/m³)	190 dias	1 ano	2 anos	5 anos					
1A	0057	Pradifort	3044	177	857	35	0,872	126,8	1,3	Pradifort	308	0,97	4,4	50	308	247	348	206								
1	8119	Pradifort	3044	177	857	35	0,865	127	1,3	Pradifort	308	0,97	5,8	308	244	348	206									
2	8177	Pradifort	3044	177	857	35	0,830	138	1,3	Sucro-Br	308	0,91	4,3	41	348	306	248	252								
3	8415	Cembel	3019	175	808	35	0,873	116	1,3	Sucro-Br	308	0,87	4	46	348	306	248	226								
4	8208	Cembel	3019	175	808	35	0,858	140	1,3	Sucro-Br	308	0,91	3,8	50	348	408	302	294								
5	8234	Pradifort	3044	200	888	35	0,809	133	1,3	Sucro-Br	308	0,94	3,8	48	382	397	314	291								
6	8243	Pradifort	3044	200	888	35	0,809	138	1,3	Sucro-Br	308	0,94	4	30	423	372	404	407								
7	8491	Cembel	3019	200	888	35	0,809	132	1,3	Sucro-Br	308	0,94	3,8	46	325	337	324	219								
8	8446	Cembel	3019	200	888	35	0,849	135	1,3	Sucro-Br	308	0,91	3,8	56	374	423	404	408								
9	8682	Beta Rts	4048	346	1177	35	0,867	137	1,3	Sucro-Br	308	0,89	3,8	45	396	416	427	428								
10	8217	Beta Rts	4048	375	1208	35	0,852	135	1,3	Sucro-Br	308	0,89	3,8	47	396	425	417	423								
11	8776	Beta Rts	4048	375	1208	35	0,876	127	1,3	Sucro-Br	308	0,89	4	43	316	371	371	371								
12	8734	Beta Rts	4048	175	808	35	0,863	128	1,3	Sucro-Br	308	0,87	4,3	47	306	299	379	278								
13	8806	Valente	4074	177	886	35	0,859	131	1,3	Sucro-Br	308	0,89	4,3	48	388	389	306	306								
14	7036	Valente	4074	278	886	35	0,873	129	1,3	Pradifort	308	0,92	4,3	49	388	402	306	417								
15	7067	Valente	4074	375	1208	35	0,888	128	1,3	Pradifort	308	0,89	3,7	49	315	334	351	147								
16	7116	Valente	4074	381	1211	35	0,862	128	1,3	Pradifort	308	0,89	3,8	49	404	377	427	421								
17	7091	Cembel	4094	267	927	35	0,891	128	1,3	Pradifort	308	0,89	4,3	48	404	377	427	421								
18	7100	Cembel	4094	267	927	35	0,878	130	1,3	Pradifort	308	0,89	4	48	371	394	406	348								
19	7068	Cembel	4094	308	988	35	0,874	137	1,3	Pradifort	308	0,87	3,8	54	328	379	381	381								
20	7075	Cembel	4094	308	988	35	0,882	128	1,3	Pradifort	308	0,89	4,1	60	361	398	379	383								
21	8034	Beta Rts	4087	271	1017	44	0,839	144	1,3	Pradifort	308	0,91	3,8	49	348	339	336	341								
22	8420	Beta Rts	4087	176	9817	26	0,828	137	1,3	Pradifort	308	0,97	3,8	46	397	344	385	386								
23	8648	Beta Rts	4039	205	808	35	0,896	128	1,3	Pradifort	308	0,97	3,8	48	398	398	387	322								
24	8879	Beta Rts	4039	304	944	35	0,886	128	1,3	Pradifort	308	0,94	3,8	48	388	418	444	444								
25	8908	Cembel	4087	372	1208	35	0,890	148	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	408	476	408	428								
26	9110	Cembel	4083	461	1208	35	0,889	121	1,3	Cembel	308	0,97	3,8	49	361	392	398	366								
27	9110	Cembel	4083	343	779	40	0,868	121	1,3	Cembel	308	0,97	3,8	41	328	404	347	391								
28	12075	Cembel	4719	348	944	35	0,888	148	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	387	399	397	391								
29	13040	Cembel	4719	343	783	30	0,888	160	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	329	334	336	319								
30	13035	Cembel	4823	306	944	35	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,97	3,8	48	391	419	409	419								
31	13038	Cembel	4823	306	944	35	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,97	3,8	48	328	319	345	344								
32	13067	Cembel	4823	375	1208	35	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	346	389	389	371								
33	13049	Cembel	4823	371	783	38	0,888	161	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	41	368	366	371	369								
34	13101	Cembel	4823	331	783	63	0,888	161	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	41	368	366	371	369								
35	13116	Cembel	4807	305	944	35	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	328	319	345	344								
36	13128	Cembel	4808	171	783	32	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	48	346	389	389	371								
37	13138	Cembel	4800	295	783	39	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	41	328	368	368	351								
38	13168	Cembel	4809	308	783	39	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	41	368	366	371	369								
39	13168	Cembel	4809	308	783	39	0,888	128	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	41	368	366	371	369								
40	13167	Cembel	4800	311	783	38	0,888	127	1,3	Cembel	308	0,94	3,8	46	368	379	372	352								
41	14110	Beta Rts	4719	337	1208	35	0,888	128	1,3	Pradifort	308	0,94	3,8	48	388	408	398	406								
41	14110	Beta Rts	4719	337	1208	35	0,888	128	1,3	Pradifort	308	0,94	3,8	48	388	408	398	406								

Figura 06- Características e Observações sobre os Blocos Moldados

Os valores de resistências à compressão axial simples, obtidos através dos espécimes cilíndricos, moldados com os mesmos concretos dos Blocos-testemunhos, e expostos ao ambiente, nas mesmas condições, dos Blocos-testemunhos são mostrados na Figura 06 e evidenciaram que:

- ❑ Para o concreto em que as trincas apareceram aos dois meses de idade (Bloco 41), moldado com sílica reativa, as resistências aumentaram até a idade de 1 ano, estabilizando-se, e apresentaram diminuição à idade de 5 anos, com valores absolutos baixos;
- ❑ Se comparado os resultados desse Bloco 41, com os do Bloco 9, moldado com concreto com o mesmo cimento, relações A/C próximas, e mesma composição de materiais, apenas com a troca de agregado miúdo (areia de sílica reativa- Bloco 41, e areia quartzosa do Pontal do Sucuriú), tem-se que o primeiro apresentou níveis de resistências bem inferiores, com diferença relativa de cerca de 50%, evidenciando a ação maléfica da fissuração devido à RAA;
- ❑ Para o concreto do Bloco 9, confeccionado com concreto mais “rico” e sem pozolana, que se mostrou afetado pela RAA, notada aos 6 meses de idade, ao se comparar as resistências com os equivalentes espécimes irmãos do Bloco 10 (concreto “rico” mas com pozolana), observa-se o mesmo nível de resistência, e que em valores absolutos estão razoavelmente próximos até à idade de 5 anos, com evoluções praticamente iguais. Se nota que nesse caso as resistências não foram significativamente afetadas pela RAA, até à idade de 5 anos.

5- COMENTÁRIOS

A iniciativa da CESP, introduzindo e desenvolvendo várias tecnologias, técnicas de construção e metodologias de controle e organização, de caráter pioneiro à época, mostraram-se adequadas e eficazes sob a vista posterior, tendo sido adotada em praticamente todos os demais empreendimentos gerenciados por outras agências governamentais do Setor Energético Brasileiro.



FIGURA 07-SITUAÇÃO DOS BLOCOS TESTEMUNHOS, EM 1971



FIGURA 08-SITUAÇÃO DOS BLOCOS TESTEMUNHOS EM SETEMBRO/1997



FIGURA 09-SITUAÇÃO DO BLOCO 09 SEM POZOLANA, EM 1974



FIGURA 10-SITUAÇÃO DO BLOCO 09 SEM POZOLANA, EM SETEMBRO 1997



FIGURA 11- SITUAÇÃO DO BLOCO 10 COM POZOLANA, EM 1974



FIGURA 12- SITUAÇÃO DO BLOCO 10 COM POZOLANA, EM SETEMBRO/ 97



**FIGURA 13-SITUAÇÃO DO BLOCO 41
COM PYREX, EM 1974**



**FIGURA 14- SITUAÇÃO DO BLOCO 41
COM PYREX, EM SETEMBRO/ 1997**



**FIGURA 15- ASPECTO INTERIOR DO BLOCO 09, APÓS EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHO PARA
ANÁLISE PETROGRÁFICA.**

De outra maneira, também, os estudos aqui citados se constituíram em ferramenta inédita para a compreensão de fenômenos e observações, facilitando sobremaneira no treinamento e aperfeiçoamento técnico profissional.

Na particularidade do assunto da RAA os Blocos-testemunhos, evidenciam a extensão do fenômeno, a ação benéfica do uso de material pozolânico, bem como alertam para a dimensão e transtornos dos problemas que a reação pode causar.

Destaca-se a importância de se contar com serviços de um Laboratório de Tecnologia, como suporte à qualidade do empreendimento, desenvolvendo estudos e pesquisas de materiais e técnicas construtivas.

6- AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CESP pela oportunidade e disponibilidade de divulgar informações de interesse à comunidade técnica-científica brasileira, com intuito de alertar sobre a ocorrência de fenômenos danosos ao concreto bem como colocar à disposição medidas técnicas eficazes à sua minoração

7- REFERÊNCIAS

- [1]- Programa de Ensaios: **“Avaliação do Comportamento e Durabilidade de Concretos Sujeitos a Ação do Tempo”**- Laboratório de Concreto da CESP- Ilha Solteira-1971
- [2]- Relatório C-05/75- **“Verificação da Durabilidade de Concretos através da Exposição ao Tempo”**- Laboratório de Concreto da CESP- Ilha Solteira- 21/Março/1975;
- [3]- Relatório LEC-CM-27/86 – **“Verificação da Durabilidade de Concretos Sujeitos a Ação do Tempo- Complementação do Relatório C-08/83”**- laboratório de Concreto da CESP- Ilha Solteira- Maio/1986;
- [4]- Relatório LEC-E-13/94- **“A Reatividade Potencial de Agregados para Concreto”**- Laboratório de Concreto da CESP- Ilha Solteira- Dezembro/1994;
- [5]- Relatório LEC-CM-16/91- **“Porto Primavera- Verificação do Comportamento de Concretos Feitos com Agregados Desagregáveis- 6ª Observação- Complementação do Relatório LEC-CM-24/88”**- Laboratório de Concreto da CESP- Ilha Solteira- Maio/1991;
- [6]- Oliveira, P.J.R.; Salles, F.M.; Rocha, F^o. C.M.; Cestari, W.A.- **“A Deterioração do Concreto Devido à Reatividade Potencial dos Agregados”**- 5^o. Seminário Técnico das Empresas de Energia de São Paulo- 1993.