

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

REUNIÃO ANUAL DE 1985  
São Paulo, 22 a 26 de julho

SEMINÁRIO SOBRE PRODUÇÃO DO CONCRETO

CONTROLE DE QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE  
MATERIAIS PARA CONSTRUÇÕES DE CONCRETO  
CONSIDERAÇÕES SOBRE AS VANTAGENS E CUSTOS

*Engº Francisco Rodrigues Andriolo<sup>(\*)</sup>*

---

(\*) Themag Engenharia Ltda.

## 1. RESUMO

O trabalho apresenta uma coletânea de informações sobre o controle de qualidade de materiais básicos usados na construção de obras de concreto, principalmente as construções que consomem materiais em grandes quantidades.

Objetivou-se mostrar as vantagens decorrentes do emprego do controle de qualidade sobre a fabricação de materiais.

Para as exemplificações foram copiladas informações sobre o controle de dois materiais básicos - cimento e aço - envolvendo obras que totalizam um volume de concreto ao redor de 38.000.000 m<sup>3</sup>.

## 2. APRESENTAÇÃO

No transcorrer dos últimos quinze anos dentro do tema - Controle de Qualidade de Materiais e do Concreto - um dos tópicos que tem provocado acalorados debates técnicos é o da validade da aplicação do controle de qualidade sobre a produção de materiais, ponderando-se sempre quanto à relação custo-benefício de sua execução.

Para exemplificar sobre as vantagens obtidas a partir da execução de um controle de qualidade pode ser citado a inspeção efetuada sobre a fabricação de cimentos para uso em concretos de obras de barragens. Para essa finalidade foram copiladas informações sobre o controle de qualidade de obras em um total superior a 38 milhões de metros cúbicos de concreto.

De forma complementar é citada uma comparação, também sobre a inspeção executada para a liberação de partidas de barras de aço para as obras.

São citados dois conjuntos de valores:

- um correspondente às obras onde não se usou materiais liberados a partir de uma inspeção ou controle de qualidade na fonte de produção, e
- outro, a exemplo do que foi efetuado pela Itaipu Binacional, CESP e outras entidades onde se usou materiais pré-qualificados e inspecionados, durante a fabricação.

## 3. CRITÉRIOS PARA AS COMPARAÇÕES

Para as comparações foram consultados os registros do IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto - sendo que para as avaliações referentes ao controle de qualidade na fabricação do cimento as informações foram agrupadas em dois blocos distintos:

- um com inspeção na fonte de produção e
- outro, sem inspeção na fonte de produção.

O critério utilizado para as comparações foi estabelecido a partir dos dados de controle de qualidade pelas resistências de concretos, executado no transcorrer, de cada uma, das obras, sobre corpos de prova cilíndricos  $\varnothing$  15 x 30 cm.

Os resultados das resistências à compressão axial simples foram agrupados a cada tamanho máximo do agregado usado, após o que determinou-se o rendimento:  $\eta = \frac{\text{kgf/cm}^2}{\text{kg/m}^3}$  expresso pelo quociente entre a resistência a compressão axial simples e o consumo de aglomerante (nos casos onde se usou material pozolânico, o consumo de aglomerante subentende-se o somatório dos pesos de cimento e o material pozolânico).

Para todas as obras determinou-se a média dos rendimentos a cada tamanho máximo do agregado ( $\varnothing$  máx.) e à idade do controle, na medida da disponibilidade das informações.

#### 4. OBRAS ONDE SE APLICOU A INSPEÇÃO PARA LIBERAÇÃO DOS MATERIAIS

As obras que utilizaram aglomerantes liberados a partir de inspeção da fabricação, atingiram o número de dez, perfazendo um volume de concreto de aproximadamente  $27,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ . O resumo dos valores de rendimentos copilados é apresentado na figura 01.

Nas figuras 02 e 03 são apresentadas as informações, disponíveis, referentes às características de cimentos e materiais pozolânicos utilizados em algumas obras citadas neste item.

#### 5. OBRAS ONDE NÃO SE APLICOU A INSPEÇÃO PARA A LIBERAÇÃO DOS MATERIAIS

As obras que utilizaram aglomerantes sem uma inspeção para a liberação na fabricação atingiram ao número de quatorze, englobando um volume de concreto ao redor de  $10,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . O resumo dos valores de rendimentos, copilados, é

REF.	VOLUME DE CONCRETO(m <sup>3</sup> )	MATERIAIS UTILIZADOS			INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	DIÁX.	VOLUME m <sup>3</sup>	RENDIMENTOS kg/cm <sup>2</sup> ED/ED			
		CIMENTO	MATERIAL POZOLÂNICO	ACRESCADOS				n7	n28	n90	n180-n360
AVC	1.556.939	Clinquer Corumbá Moldo Jupiá	Pozolana Jupiá	Graúdos-Britas Basalto + (Máx. 6") Cascalhos Quartzo. Míndio = Areia Quartzo	Refrigeração = Asperção - Graúdo, Gelo, Ar Frio	19 38 76 152	96.548 231.143 413.415 815.833	0,68 0,64 0,65 0,77	1,07 1,05 1,36 1,35	1,23 1,24 1,50 1,63	- - 1,40 1,70
TQC	279.000*	(Santa Rita, Eldorado, Rio Branco, Serrana) Pozolânicos	União Cimento Poco-lânico	Graúdos-Britas de Basalto Máx. = 100 mm Míndio = Areia natural		19 33 64 100	16.000 37.000 95.000 31.000	0,63 0,60 0,57 0,55	1,06 1,02 1,02 1,00	1,36 1,36 1,42 1,47	- - - -
ITB	11.600.000*	Votoran, Rio Branco, Nassau, Golfe, Eldorado, Buritizal, Vallenar (Itambo) Pozolânicos	Cinzas Volantes Tubarão	Graúdos-Britas de Basalto Máx. = 152 mm Míndio = areia natural e areia artificial	Refrigeração = Asperção Graúdo, Ar Frio, Oceano	19 33 76 152	1.972.000 2.663.000 2.204.000 4.756.000	0,52 0,46 0,53 0,60	0,86 0,82 0,97 1,10	1,12 1,12 1,32 1,48	1,23 1,18 1,46 1,66
CPC	686.861	Clinquer Corumbá Moldo Jupiá	Pozolana de Argila Calcinada - Jupiá	Graúdos-Britas do Basalto Máx. = 152 mm Míndio = areia natural	Refrigeração = Asperção Graúdo, Ar Frio, Oceano	19 33 76 152	78.225 330.247 174.795 111.470	0,42 0,60 0,53 0,77	0,76 0,90 0,91 1,33	0,99 1,15 1,15 1,59	1,04 - - 1,75
JPC	1.500.000	Clinquer Corumbá Moldo Jupiá	Pozolana da Argila Calcinada - Jupiá	Graúdos-Britas do Basalto Máx. 152 mm e cascalhos de quartzo	Refrigeração = Asperção Graúdo, Ar Frio, Oceano	19 33 76 152	** ** ** **	0,65 0,57 0,60 0,58	0,90 0,77 0,84 0,76	1,03 1,03 0,97 0,88	1,08 - - 0,90
TCR	3.914.000*	Zébu, Poty (PE), Poty (CE), Nasau	Pozolana Itaú, Jupiá Cinzas Tubarão e Cardiota Pozolana Cimentar	Graúdos-Britas de Vistas-sedimento Máx. 152 mm Míndio = areia natural	Refrigeração = Asperção Graúdo e Gelo	19 33 76 152	401.100 1.340.000 1.651.000 2.522.000	0,70 0,68 0,81 0,81	0,97 0,96 1,11 1,18	1,08 1,12 1,33 1,39	- - - -
ISC	3.719.969	Clinquer Corumbá Moldo Jupiá + Clinquer Votoran + Cimento (Russo)	Pozolana da Argila Calcinada - Jupiá	Graúdos-Britas de Basalto Máx. 152 mm e cascalhos de quartzo Míndio = areia natural	Refrigeração = Asperção Graúdo, Gelo e Ar Frio	19 33 76 152	242.407 494.251 1.094.834 1.338.477	0,83 0,78 0,73 0,70	1,09 1,18 1,24 1,35	1,03 1,36 1,45 1,61	1,36 - 1,54 1,72
MVC	912.219	Itaú (MG), Itaú (ES), Barrocas, Sta. Rita, Eldorado, Colinas, Capão, Monte Claros, Vulcano (Itaú-Ferraro) Pozolânicos	Cinzas Volantes Tubarão	Graúdos-Britas de Basalto Máx. = 152 mm Míndio = areia natural	Refrigeração = Asperção Graúdo e Gelo	19 33 76 152	212.591 363.028 49.381 281.219	0,50 0,37 0,59 0,53	0,79 0,61 0,69 0,82	1,05 0,85 1,22 1,14	1,03 0,97 1,32 1,32
PPC	140.000*	(Eldorado, Rio Branco) Pozolânicos	- Cimento Pozolânicos	Graúdo = cascalhos do Quartrito (Máx. 76mm) Míndio = areia natural	Refrigeração = Asperção Graúdo, Ar Frio e Gelo	33 76		0,47 0,50	0,86 0,66	1,17 1,27	1,31 1,30
SSC	1.706.000	Itaú Minas + Galés + Campão + Cinzas+Barrocos+Montes Claros	Pozolana Argila Calcinada Jupiá + Cinzas Volantes Tubarão e Bagé	Graúdos-Britas de Basalto Máx. 152 mm Míndio=areia natural e artificial	Refrigeração = Asperção Graúdo e Gelo	19 33 76 152	58.439 304.233 514.202 618.442	- - - -	0,79 0,85 1,02 1,06	1,13 1,21 1,28 1,06	- - - -
VALORES MEDIOS						19 33 64 76 100 152		0,61 0,59 0,57 0,66 0,55 0,69	0,92 0,91 1,02 1,03 1,00 1,12	1,12 1,15 1,42 1,28 1,47 1,35	1,14 1,20 1,49 1,39 - 1,50

\* Obras ainda em construção (maio/1985)

\*\* Pouca informação

#### F I G U R A 01

VALORES DE RENDIMENTOS DOS CONCRETOS DAS OBRAS QUE UTILIZARAM CIMENTOS COM INSPEÇÃO NA FABRICAÇÃO

FIGURA 02

**RESULTADOS DOS CIMENTOS USADOS NAS OBRAS, QUE APLICARAM INSPEÇÃO PARA LIBERAÇÃO**

ENSAIOS		OBRA	AVC	CPC	ISC	TRB	JPC	NVC
	ORIGEM	JUPIA	JUPIA	JUPIA	TUB-LAN	JUPIA + CINZAS	CINZAS TUBARRO	
<b>PESO ESPECÍFICO DOS GRUPOS (g/cm<sup>3</sup>)</b>								
FINURA	(% RETIDA)	7,71	5,6	6,2	52,8	13,0	65,9	2,14
ÁGUA DE CONSITÊNCIA	SUPERFÍCIE ESPECIF. (cm <sup>2</sup> /g)MATERIAIS	9048	9107	8928	3450	6433	2613	
AUTO CLAVE	PASTA COM 100% CIMENTO (%)	-	22,7	22,4	-	23,9	22,6	
EXPANSÃO EM PASTA COM 20 % POZOLANA (%)	PASTA COM 20 % POZOLANA (%)	-	26,8	26,6	-	28,2	25,1	
REATIVIDADE COM ALCALIS	REDUÇÃO DA EXPANSÃO (%)	101,6	99,02	100,8	-	95,7	65,3	2,650
INDICES DE ATIVIDADE	EXPANSÃO DA ARGAMASSA (%)	0,002	0,001	- 0,001	0,03	- 0,001	0,017	
POZOLÂNICA	ÁGUA REQUERIDA (%)	104,3	103,6	104,0	110,5	105,2	108,7	
UNIDADE QUÍMICA	CON CIMENTO (%)	94,1	113,0	90,8	64,4	79,3	67,0	
ANÁLISE	CON CAL	97	84	82	43	67	43,0	
<b>RETRACÃO POR SECAGEM (%)</b>								
PERDA AO FOGO	0,009 - 0,003	0,015	0,00	0,013	0,018			
SÍNTESE	UNIDADE DA AMOSTRA (%)	0,13	0,33	0,23	0,15	0,44	0,07	
ANÁLISE	PERDA AO FOGO (%)	0,93	0,84	1,26	4,19	1,49	3,35	
ANÁLISE	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,88	23,44	24,67	26,7	24,49	28,14	
ANÁLISE	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,35	6,32	5,24	6,2	5,41	8,20	
ANÁLISE	MgO (%)	1,10	1,10	1,57	0,60	0,92	1,04	
ANÁLISE	SO <sub>3</sub>	-	-	-	0,32	-	0,37	
ANÁLISE	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,23	29,76	29,91	32,9	29,90	36,34	
ANÁLISE	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	96,10	95,55	96,33	91,2	97,23	91,06	

FIGURA 03

RESULTADOS DE MATERIAIS POZOLÂNICOS USADOS NAS  
OBRAIS QUE APPLICARAM INSPEÇÃO PARA LINHAREÇO

apresentado na figura 04.

Nas figuras 05 e 06 são fornecidos resultados disponíveis, referentes à propriedades de cimentos e materiais pozolânicos usados em algumas dessas obras.

## 6. COMPARAÇÕES

O intuito deste artigo é o de caracterizar as "macro" - diferenças observadas entre os concretos que utilizaram a glomerantes liberados ou não, através da inspeção na fona ter produtora. Observou-se que particularidades quanto a tipos de agregados, trabalhabilidades, uso ou não de aditivos, uso ou não de sistema para refrigeração e outros detalhes, que ainda podem ser comparados, não afetam de maneira contundente esta comparação, visto que as ocorrências nem sempre são simultâneas ou concomitantes.

Procurou-se, então, mostrar a tendência das maiores diferenças.

Dessa forma a Figura 07 fornece um resumo geral dos vários rendimentos encontrados.

CÓD. REF.	VOLUME CONCRETO (m <sup>3</sup> )	MATERIAIS UTILIZADOS			INOPERAÇÕES COMPLEMENTARES	PIANO m	VOLUME m <sup>3</sup>	RENDIMENTOS				Kg/cm <sup>2</sup> Kg/m <sup>3</sup>	
		CIMENTO	MATERIAL POZOLÔNICO	ACRESCADOS				n7	n28	n30	n180		
EPB	415.795	Itaú(RJ) Climax Goiás, Carapeço	Cinzas Volantes Tu- barão e Candiota	Gráuio-Britas Granito máx. 76 mm Mármore-areia natural+arti- ficial		19 30 76 76 200	157.941 160.963 96.891 734.532 56.693	- - - - -	0,79 0,81 1,11 1,33 1,49	1,07 1,17 1,25 1,40 1,49	- - - - -	-	
SER	1.750.000	Araú+Salvador + Nassau+Poty		Gráuio-Cascalhos Quartzo- to máx. 200 mm Mármore-areia natural	Refrigeração- Asperção e Ge- lo	19 30 76 200	40.975 219.652 734.532 56.693	- - - -	1,13 1,08 1,33 1,49	1,18 1,20 1,40 1,49	- - - -	-	
VGR	494.173	Itaú(RJ), Palme- Carapeço, Ponte Alta	Cinzas Volantes Tu- barão	Gráuio-Britas de Basalto máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	43.712 125.371 168.413 156.677	- - - -	0,68 0,66 0,86 0,95	0,02 0,02 0,96 0,95	- - - -	-	
SSA	518.000	Votorantim- Eldorado-Itaú	Cinzas Volantes Tu- barão	Gráuio-Britas de Basalto máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	26.219 153.284 120.186 24.633	0,48 0,40 0,38 0,41	0,81 0,68 0,68 0,69	1,01 0,92 0,96 0,92	- - - -	-	
PAP	630.000	Poty+Nassau+Zébu Atol		Gráuio-Britas do Granito máx. 120 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 120	** ** ** **	0,48 0,63 0,72 0,71	0,61 0,03 0,94 0,92	- - 1,06 1,05	- - - -	-	
PCC	416.554	Itaú(RJ)+Ponte Alta		Gráuio-Britas de Basalto e Cascalhos-máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	39.407 193.551 100.391 13.748	- - - -	0,61 0,86 0,83 1,01	- - - -	- - - -	-	
SOS	553.430	Rio Branco + Itaú (PR)	Cinzas Volantes Tu- barão+Charqueadas	Gráuio-Britas do Basalto máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		30 76 152	58.630 117.764 21.170	0,60 0,68 -	0,83 0,95 0,82	- 1,27 1,43	- - -	-	
EST	383.675	Itaú(MG)+Ponte Alta		Gráuio-quartzito Britado máx. 152mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	19.691 158.462 145.805 30.596	- - - -	0,78 0,82 0,99 1,13	- - - -	- - - -	-	
FZA	600.000	Itaú(PB)+Itaú Pozolana	Cinzas Volantes Tu- barão	Gráuio-Britas Basalto máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19	-	-	0,63	-	-	-	-
FAL	571.201	Tupi (RJ)-Alto Forno		Gráuio-Cinza Britado máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	** ** ** **	- - - -	- - - -	0,96 0,99 1,10 1,71	- - - -	-	
FRI	426.202	Itaú(RJ)		Gráuio-quartzito Britado máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial		19 30 76 152	3.471 49.155 70.024 218.060	- - - -	- - - -	0,35 0,86 0,89 1,00	- - - -	-	
MBB	1.115.371	Itaú(MG)+Ponte Alta		Gráuio-Basalto Britado máx. 152 mm Mármore-areia natural		19 30 76 152	22.957 145.301 243.056 534.208	- - - -	- - - -	1,00 0,96 1,06 1,16	- - - -	-	
TM	2.080.709	Obiáa+Rio Branco +Ponto Alta+ Paineiro+Tocantins	Cinzas Volantes Tu- barão	Gráuio-Basalto Britado máx. 152 mm Mármore-areias natural e artificial	Refrigeração- Asperção Gráu- do e Água Gelada	19 30 76 152	147.867 234.703 592.767 1.120.836	- - - -	- - - -	0,88 0,93 1,11 1,08	- - - -	-	
JCR	591.933	Ponte Alta+Paineiro Dalem(Paraguai) Proletário(Ri- osia)		Gráuio-quartzito Brita- do máx. 152 mm Mármore-areia natural		19 30 76 152 200	30.946 227.542 137.926 115.870 -	- - - - -	0,68 0,77 0,85 0,83 -	- - - - -	- - - - -	-	
VALO- RES FE- DIOS						19 30 76 120 152 200		0,43 0,54 0,59 0,71 0,41	0,77 0,82 0,95 0,92 0,90	0,98 0,97 1,11 1,05 1,21	- - - - -	- - - - -	-

FIGURA...0.4

VALORES DE RENDIMENTOS DOS CONCRETOS DAS OBRAS QUE UTILIZARAM CIMENTO SEM INSPEÇÃO NA FABRICAÇÃO

REFERÊNCIA OBRA		SOBR.	SSA	SSA	SSA	SSA	PAF	PAF	PAF	PAF	PAF	PAF
TIPO DE CIMENTO ORIGEM	PERÍODO (DIAS) - TIPO	ARATI SAIW.	ITAO	ITAMBÉ	MOTOR ELÉTRICO	POTY	VASSOURA	ZEBU	ATOL	ITAO	ATOL	ITAO
DATA DA COLETA	-	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
PENEIRA 200 (%) RETIDA	3,8	4,0	2,30	3,50	4,49	4,00	6,13	8,42	5,65	3,89	2,47	-
PENEIRA 325 (%) RETIDA	11,8	13,7	10,50	11,58	12,59	12,68	-	-	-	-	-	-
SUP ESPECÍFICA (BLAINE) cm <sup>2</sup> /g	3274	2975	3302	2905	3283	3000	3107	3166	3060	3033	4443	4443
SUP. ESPECÍFICA (WAGNER) cm <sup>2</sup> /g												
DENSIDADE APARENTE g/cm <sup>3</sup>	1,36	1,42										
ÁGUA DE CONSISTÊNCIA PASTA ABSOLUTA %	3,14	3,18	3,10	83,14	3,16	3,17	3,18	3,18	3,16	3,16	3,01	3,01
ÁGUA DE CONSISTÊNCIA GRAMAS A/C	12,4	22,2										
INÍCIO DE PEGÁ (h: min.)	1:47	2:04	3:13	3:06	3:13	3:59	2:23	2:50	2:35	2:38	2:01	0,4
EXPANSÃO EM AUTO CLAVE (%)	0,021	0,066										
CONSISTÊNCIA DE ARGAMASSA	0,478											
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (%)	0,048	0,469										
FLOW (mm)												
DATA DA MOLDAGEM												
0% 3 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )	194	160	176	171	145	225	234	221	232	232	176	176
7 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )	282	264	227	228	226	269	282	278	282	282	227	227
28 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )	391	369	303	318	360	341	358	361	376	376	324	324
90 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )	476	393	349	375	373							
CALOR DE HIDRATAÇÃO (%)	7 DIAS (CAL/g)	71	75			48,7	62,2	55,6	61,0	71,8		
	28 DIAS (CAL/g)	82	83			70,4	78,5	69,5	72,6	82,9		
PERDA AO FOGO												
INSOLÚVEIS (%)	1,30	1,05	1,23	1,54	1,01	0,97	2,58	2,65	2,43	1,79	1,53	1,53
ANÁLISE (%)	0,15	0,05	0,36	0,43	0,31	0,18	0,62	0,70	0,81	0,57	17,89	17,89
QUÍMICA (%)	22,15	21,75	19,69	20,31	20,55	19,86	20,03	20,03	19,41	19,41	15,22	15,22
	3,32	2,47	2,99	3,49	3,37	3,51	2,62	2,62	2,59	2,59	2,93	2,93
	5,98	6,03	5,57	5,27	5,39	6,08	5,75	5,75	5,72	5,72	5,34	5,34
	62,93	64,47	61,35	64,47	61,90	63,35	62,56	62,42	62,58	62,58	62,32	62,32
	1,27	2,13	5,71	1,81	4,56	3,12	2,84	2,59	2,59	3,54	4,55	4,55
	SO2	1,81	1,15	2,26	2,06	2,14	1,50	2,03	2,17	2,10	1,97	2,58
	Na2O	0,65	0,70									
	K2O	0,32	0,03									
	EQUIV ALCALINO EM N2O (%)	0,86	0,75	1,25	0,36	0,21	0,50					
	CAL LIVRE EM CaO (%)	0,69	0,24	1,97	0,72	1,41	0,53	1,60	1,42	0,87	2,20	
COMPOSTOS	C3S	37,97	49,84									
MÉTODO DE BOQUE (%)	C2S	34,86	24,76									
	C3A	10,23	11,80									
	C4AF	10,10	7,52									
	C6SO4											
		3,85	3,51	3,69								

F I G U R A ... 0 5

RESULTADOS DOS CIMENTOS USADOS NAS OBRAS QUE NÃO APlicaram INSPEÇÃO PARA LIBERAÇÃO

FINURA	200	%	32,9
	325	%	41,6
	BLAINE	$\text{cm}^2/\text{g}$	3092
MASSA ESPECÍFICA		$\text{g}/\text{cm}^3$	2,003
TEOR DE UMIDADE		%	0,2
PERDA AO FOGO		%	5,2
DIÓXIDO DE SILÍCIO		%	54,2
ANIDRIDO SULFÚRICO		%	0,3
ÓXIDO DE MAGNÉSIO		%	0,8
ÓXIDO DE ALUMÍNIO		%	30,4
ÓXIDO DE FERRO		%	6,4
ATIVIDADE POZOLÂNICA COM CIMENTO	ITAU		68,3
	ITAMBÉ		68,1
	VOTORAN		65,3
	ELDORADO		71,2

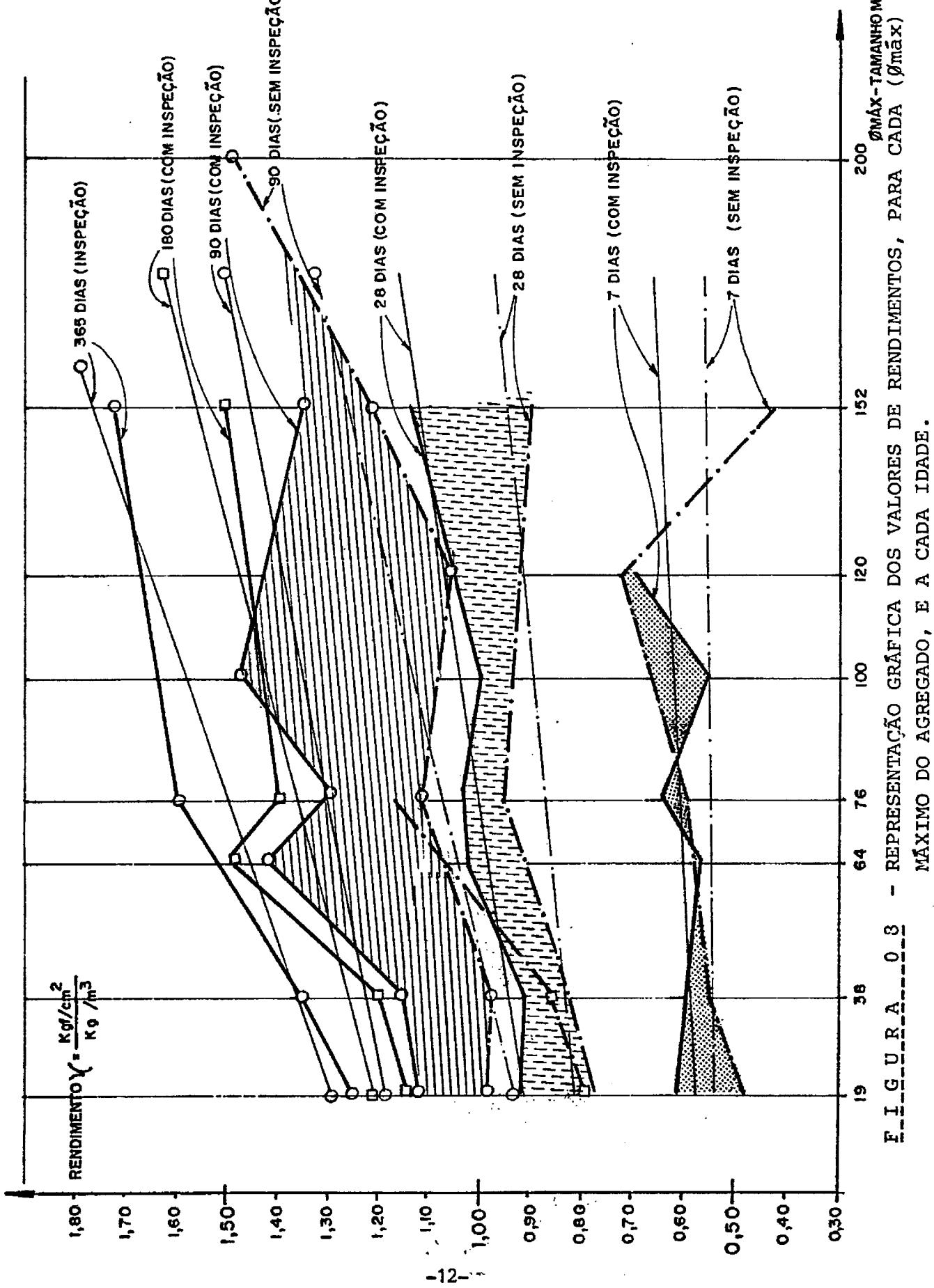
F I G U R A 0 6

RESULTADOS DA CINZA VOLANTE UTILIZADA  
NA OBRA DE REFERÊNCIA F.A.

TAMANHO MÁXIMO DO AGREGADO (mm)	CONDICÃO DE LIBERAÇÃO DO AGLOMERANTE	RENDIMENTOS $\text{kgf}/\text{cm}^2/\text{kg}/\text{m}^3$ (IDADE DIAS)				
		$\eta_7$	$\eta_{28}$	$\eta_{90}$	$\eta_{180}$	$\eta_{365}$
19	Com inspeção do consumidor	0,61	0,92	1,12	1,14	1,25
	Sem inspeção do consumidor	0,48	0,77	0,98	0,79	-
38	Com inspeção do consumidor	0,59	0,91	1,15	1,20	1,35
	Sem inspeção do consumidor	0,54	0,82	0,97	0,85	-
64	Com inspeção do consumidor	0,57	1,02	1,42	1,49	-
	Sem inspeção do consumidor	-	-	-	-	-
76	Com inspeção do consumidor	0,64	1,03	1,29	1,39	1,59
	Sem inspeção do consumidor	0,59	0,95	1,11	1,16	-
100	Com inspeção do consumidor	0,55	1,00	1,47	-	-
	Sem inspeção do consumidor	-	-	-	-	-
120	Com inspeção do consumidor	-	-	-	-	-
	Sem inspeção do consumidor	0,71	0,92	1,05	-	-
152	Com inspeção do consumidor	0,69	1,13	1,35	1,50	1,72
	Sem inspeção do consumidor	0,41	0,90	1,21	-	-
2000	Com inspeção do consumidor	-	-	-	-	-
	Sem inspeção do consumidor	-	-	1,49	-	-

FIGURA 07: RESUMO GERAL DOS RENDIMENTOS

Os valores da Figura 07 foram lançados no gráfico da Figura 08, com intuito de melhor visualização das diferenças



observadas. Ainda, para maior facilidade de análise foram obtidas as retas correspondentes a cada conjunto de valores de rendimentos dos vários tamanhos máximos de agregado, à cada idade de controle

Lembra-se que o traçado dessas retas, referentes aos valores encontrados destina-se a facilitar a observação das diferenças obtidas e não estabelecer alguma lei de variação.

Pelos valores apresentados nas Figuras 07 e 08 pode ser observado que os rendimentos ( $\text{kgf/cm}^2/\text{kg/m}^3$ ) dos concretos das obras onde se usou cimento com inspeção na fabricação, são superiores aos obtidos nas demais obras, chegando-se às seguintes diferenças percentuais:

- à idade de 7 dias - entre 6% e 16%
- à idade de 28 dias - entre 13% e 19%
- à idade de 90 dias - entre 15% e 28%

Para ilustrar as vantagens são citados dois exemplos a seguir:

- 1º exemplo
  - . Obra com colume de concreto de  $1.000.000 \text{ m}^3$
  - . Período de execução - 40 meses
  - . Mistura média - Ømáx. = 76 mm e  $f_{ck} = 150 \text{ kgf/cm}^2$  à idade de 90 dias
  - . Para esse exemplo será considerado que o cimento tem um custo (fábrica) de Cr\$ 300.000/tonelada, que referindo-se a maio de 1985 equivale a 7,89 ORTN/t
  - . Admitiu-se uma única equipe de inspeção, com um custo para o cliente (correspondendo a salários de químico,

laboratorista, supervisão técnica, equipamentos, materiais, instalações, transporte, leis sociais) de aproximadamente Cr\$ 25.000.000 ao mês, o que equivale a aproximadamente (maio/85) 660 ORTN/mês.

Para atender a  $f_{ck}/90$  dias = 150 kgf/cm<sup>2</sup> com agregados de tamanho máximo 76 mm, tem-se:

$$Q = \text{consumo} = \frac{fcj/90 \text{ dias}}{\eta 90 \text{ dias}} \quad fcj > \frac{f_{ck} \times q}{(1-tv)}, \text{ onde:}$$

$Q$  = consumo de aglomerante (kg/m<sup>3</sup>) por metro cúbico de concreto

$\eta$  = rendimento (kgf/cm<sup>2</sup>/kg/m<sup>3</sup>), na idade considerada

$fcj$  = resistência de dosagem ou controle, através de corpos de prova  $\emptyset 15 \times 30$  cm, na idade considerada (kgf/cm<sup>2</sup>)

$f_{ck}$  = resistência característica (kgf/cm<sup>2</sup>). No exemplo 150 kgf/cm<sup>2</sup> à idade de 90 dias.

$q$  = fator de peneiramento. Adotado 1,1

$t$  = 0,854 - correspondente a confiança para o quantil de 20%

$v$  = coeficiente de variação. Admitido 15%.

Dessa forma ter-se-á a necessidade de  $fcj > \frac{150 \times 1,1}{(1-0,854 \times 0,14)} = 189$  kgf/cm<sup>2</sup> a idade de 90 dias.

Considerando os valores do gráfico da figura 08 será necessário:

- Obra com cimento inspecionado  $Q = \frac{fcj}{\eta 90} = \frac{189}{1,31} = 144 \text{ kg/m}^3$

- Obra com cimento sem inspeção  $Q = \frac{fcj}{\eta 90} = \frac{189}{1,07} = 177 \text{ kg/m}^3$

Admitindo que o volume de 1.000.000 m<sup>3</sup> de concreto possa ser executado em um período de 40 meses, ter-se-á uma produção média mensal de:  $(1.000.000 \text{ m}^3) \div 40 \text{ meses} = 25.000 \text{ m}^3/\text{mês}$ .

Dessa forma estimar-se-ia um custo mensal de:

- Obra com cimento sem inspeção

$$(25.000 \text{ m}^3/\text{mês}) \times (0,177 \text{ t/m}^3) \times (7,89 \text{ ORTN/t}) \approx \\ \approx 34.913 \text{ ORTN/mês}$$

- Obra com cimento inspecionado

- . admitido uma equipe de inspeção
- . admitido um acréscimo de 5% no preço do cimento por se considerar a atuação de uma inspeção sobre o fabricante.

$$[(25.000 \text{ m}^3/\text{mês}) \times (0,144 \text{ t/m}^3) \times (7,89 \text{ ORTN/t}) \times 1,05]$$

$$+ 660 \frac{\text{ORTN}}{\text{mês}} = [29.824 + 660] \text{ ORTN/mês} = \text{ORTN/mês.}$$

Nota-se então que a redução de consumo pode permitir uma redução de custo mensal da ordem de (no mínimo)  $\left[1 - \frac{30.484}{34.913}\right] \times 100\% \approx 13\%$ .

É importante salientar, ainda, que se considerou o mesmo coeficiente de variação dos concretos, em ambas as situações, e é estimado que pode haver uma redução significativa desse valor ao se usar cimento inspecionado na fabricação. Não se considerou também o custo adicional de transporte de cimento devido à diferença de consumo, o que é bastante sensível, nos dias atuais.

Poder-se-ia argumentar quanto a necessidade de se instalar mais que uma equipe de inspeção. Para tanto observou-se o número médio de procedência de cimentos na Figura 01, chegando-se ao redor de 3. Desta forma os custos mensais poderiam chegar a  $[29.824 \text{ ORTN} + 3 \times (660)] \text{ ORTN/mês} = 29.824 + 1980 = 31.804 \text{ ORTN}$ , e a redução de custos ficaria em torno de 9%.

- 2º Exemplo

- . Obra com volume de concreto de 300.000  $\text{m}^3$
- . Período de execução - 30 meses

. Demais condições iguais ao do 1º exemplo.

Dessa forma estimar-se-ia:

$$(300.000 \text{ m}^3) \div 30 \text{ meses} = 10.000 \text{ m}^3/\text{mês}$$

- Obra com cimento sem inspeção

$$(10.000 \text{ m}^3/\text{mês}) \times (0,177 \text{ t/m}^3) \times (7,89 \text{ ORTN/t}) = \\ = 13.965 \text{ ORTN/mês}$$

- Obra com cimento com inspeção, com 3 equipes

$$\left[ (10.000 \text{ m}^3/\text{mês}) \times (0,144 \text{ t/m}^3) \times (7,89 \text{ ORTN/t}) \times 1,05 \right] \\ + \left[ 3 \times 660 \frac{\text{ORTN}}{\text{mês}} \right] = \left[ 11.929 + 1980 \right] = 13.909 \text{ ORTN/mês.}$$

Observa-se, pelo exemplo, que mesmo considerando equipes de inspeção atuando em 3 fontes distintas, e um volume de  $300.000 \text{ m}^3$  de concreto, chega-se a uma pequena vantagem. Nota-se, entretanto, que nessas situações pode-se reduzir o número de equipes de inspeção.

## 7. COMENTÁRIOS

Pelos dados fornecidos e exemplos citados nota-se a validade e as vantagens de se contar com um esquema de controle de qualidade que inclua a inspeção na fabricação de cimento.

Não resta dúvida que as demonstrações aqui apresentadas são desprovidas de caráter absoluto visto que cada obra possui características específicas como se ressalta ao se comparar os exemplos citados.

Deve ser enfatizado, entretanto, que as informações aqui apresentadas podem servir de roteiro para análise e tomadas de decisão, embasado nos resultados das várias obras já executadas.

De maneira complementar, é interessante citar outra informação sobre o controle de materiais, no caso barras de aço, pois obteve-se:

OBRA REFE- RÊNCIA	VOLUME DE CONCRETO (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE BARRAS DE AÇO (t)	CONDIÇÃO DE LIBERAÇÃO	RECLASSIFICAÇÕES NA OBRA	
				(t)	%
ITB	11.600.000	395.000 ***	Com inspeção do consumidor	158	0,04
TCR	5.914.000	149.375 ****	Sem inspeção do consumidor	717	0,48

\*\*\* Recebidas entre Outubro/1977 e Dezembro/1982

\*\*\*\* Recebidas entre Janeiro/1979 e Junho/1984

Nota-se então que, embora os índices de reclassificação sejam pequenos, as quantidades expressas em termos de toneladas são significativas. Resulta do fato razoáveis transtornos na obra, sem contar com os custos decorrentes.

## 8. REFERÊNCIAS

- 8.1 CT-204 - Comitê do Concreto Massa - Sub-comitê Registros Históricos do Concreto Massa.
- 8.2 Relatório TUC-40-6361 - 11/84 - Controle de Qualidade Tucuruí.