



**Comitê Brasileiro de
Grandes Barragens**

XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

Comparações de Características e Propriedades de Concreto Rolado
Aplicado no Brasil e em Outros Países

ANAIS

Belo Horizonte, novembro de 1985

XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS
BELO HORIZONTE
NOVEMBRO 1985

COMPARAÇÕES DE CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DE CONCRETO ROLADO,
APLICADO NO BRASIL E EM OUTROS PAÍSES

TEMA : I

ENGº FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO
Agosto - 1985

RESUMO

O trabalho pretende apresentar comparações de algumas propriedades de Concreto Rolado, estudado e aplicado em algumas Obras no País, com informações divulgadas recentemente, através de dois congressos internacionais:

- XV Congresso de Grandes Barragens-Lausanne - Junho/1985, e
- Roller Compacted Concrete - A.S.C.E - Maio/1985.

Aproveitando o oportuno temário deste XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens, é prudente apresentar ao meio técnico alguns parâmetros obtidos de estudos e controle efetuados durante a aplicação do Concreto Rolado em obras no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Um dos primeiros relatos sobre a aplicação do Concreto Adensado com Rolo Vibratório, no Brasil, foi apresentado no XIII - Seminário Nacional de Grandes Barragens, em 1980, no Rio de Janeiro (1), informando sobre o Estudo e uso do Concreto Rolado em Regiões na Obra de Itaipu.

Em seguida outros trabalhos foram publicados, relatando estudos, visitas a obras e aplicações do Concreto Rolado.

A aplicação do Concreto Rolado no Brasil, até o presente, se situa ao redor de 100.000 m^3 , (1) (2) (3), o que para alguns técnicos, entretanto, não tem sido considerado para avaliação do potencial disponível por essa metodologia que se firma de maneira crescente em outros países.

Com intuito de procurar facilitar o manuseio das informações sobre as características e propriedades do Concreto Rolado, são resumidas neste trabalho, informações divulgadas recentemente, confrontando-as com os relatos de algumas experiências brasileiras.

2. CARACTERÍSTICAS

Como já citado em outros trabalhos, o Concreto Rolado se caracteriza mais por uma técnica de aplicação de um concreto, do que por um tipo de concreto que requeira cuidados ou conhecimentos especiais. Pelo contrário, permite um tratamento mais simples, chegando-se até o rudimentar.

Várias características podem ser citadas para mostrar a tendência atual das utilizações.

2.1 Dimensão Máxima (Tamanho Máximo) do Agregado - $\phi_{\text{máx}}$ e Graduação Granulométrica

O tamanho máximo do agregado, no Concreto Rolado, tem variado desde 22 mm (4) até 150 mm (5) (6) com uma relativa predominância para o emprego de $\phi_{\text{máx}}^{13, 14}$ 76 mm.

No Brasil, as aplicações do Concreto Rolado, foram feitas (1) (2) (3), com agregados graúdos de $\phi_{\text{máx}}^{14}$ 76 mm.

Alguns (7) relatam que os agregados para o Concreto Rolado são beneficiados e separados granulometricamente, como para o concreto massa convencional. Outros autores (7) mostram que o Concreto Rolado é menos sensível à variações da graduação granulométrica, que o concreto massa convencional, e citam que uma razoável redução de custos pode ser obtida, dependendo das características das jazidas locais, pela redução no beneficiamento, separando os agregados em gamas mais amplas e em menor número.

A recomendação mais evidente é de se admitir um tamanho máximo do agregado em ordem tal que não cause segregação.

2.2 Utilização de Finos não Coesivos

Há uma tendência de se tolerar a utilização de alto teor de finos (material inferior a peneira de nº 200 = 0,075 mm) não coesivos (5) chegando-se a se permitir teores até aproximadamente 10% (8) na peneira de nº 200 e ao redor de 15% na de nº 100.

2.3 Teor de Material Pozolânico e Proporcionalamento das Misturas

O teor de material pozolânico e no Concreto Rolado tem variado desde 0% (9) (10), até 80% (11) em volume sólido.

Os estudos efetuados no Brasil, em Itaipu e Tucuruí (12) em mais de 20 misturas, com teores de material pozolânico entre 0% e 60% de reposição ao volume sólido de ci-

mento não mostraram vantagens quando de reposição superior a 40%, sendo que para a aplicação em Itaipu (1) adotou-se 15% de volume sólido de cinza volante e em Tucuruí (2) utilizou-se 40% de volume sólido de pozolana de argila calcinada, com finura Blaine ao redor de $7500 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Dunstan (11) recomenda que a relação do teor de pasta/teor de argamassa do Concreto Rolado não seja inferior a 0,41, em volume sólido. A tecnologia japonesa (5) (6) obtem relações ao redor de 0,35, em volume sólido.

Os estudos e aplicações efetuados em Tucuruí e Itaipu mostraram relações de teores pasta/teor de argamassa entre 0,45 e 0,22.

2.3 Inclinação do Paramento de Jusante

A inclinação do paramento de jusante tem se situado entre $1 V : 0,6 H$ (13) (14) (15) e $1 V : 0,8 H$ (5) (6) (9).

É importante salientar que o USBR - United States Bureau of Reclamation - efetuou, a partir de meados dos anos 70, uma revisão dos critérios de projeto de obras em concreto, e para o projeto de barragem de Upper Stillwater (13) (14) (15), em Concreto Rolado, já aplicou o novo critério, resultando em uma inclinação do paramento de jusante em $1 V : 0,6 H$, admitindo para tanto a ocorrência de tensão de tração na região junto ao pé do paramento de montante.

Para isso admitiu-se um nível de resistência à tração ao redor de 6% da resistência à compressão.

Essa possibilidade permite reduzir um certo volume de concreto, porém, em contra partida, requer um acréscimo no consumo de aglomerante, para atender às propriedades desejadas. Isto implica na conveniência de se fazer um balanço das considerações.

2.4 Produção do Concreto Rolado

Há uma tendência de se permitir usar centrais dosadoras, contínuas, tipo Pug Mill (16) (17) semelhante as utilizadas para a produção de solo-cimento. Outras aplicações, embora as especificações assim permitissem, têm usado, centrais convencionais com betoneiras basculantes (10) (14).

Os japoneses (5) (6) (18) têm utilizado centrais convencionais com misturadores forçados de duplo eixo.

As aplicações no Brasil - Itaipu, Tucuruí e São Simão utilizaram Concreto Rolado produzido em centrais convencionais para concreto massa, com betoneiras basculantes.

2.5 Transporte do Concreto Rolado

O transporte do Concreto Rolado tem sido feito de diversas maneiras e combinações. Cita-se o uso de esteiras (10), de plano-inclinado acoplado à caminhões basculantes (5), "scrapers", e caminhões do tipo fora de estrada (19).

As recomendações alertam para que o sistema empregado para transporte, não cause segregação.

As aplicações em Tucuruí (2) (12) e Itaipu (1) utilizaram caminhões basculantes do tipo fora de estradas com capacidade até 35 t.

2.6 Espalhamento do Concreto Rolado

O espalhamento do Concreto Rolado tem sido feito por tratores de lâmina, tipo "Bulldozer", e também por moto niveladoras (20).

No caso de uso de Concreto Rolado em pavimentos, (4) utilizou-se de vibro-acabadora.

A prática mais adotada é a do espalhamento com tratores tipo "Bulldozer", como também se usou em Tucuruí e Itai

pu (1) (2).

2.7 Altura da Camada

A altura da camada lançada, do concreto rolado, tem variado desde 15 cm (19) até 80 cm (5) (6) (21) sendo que os japoneses têm procurado atingir alturas maiores, até 100 cm (5).

A altura das camadas, e conseqüentemente o número de juntas, deve ser de forma a reduzir o risco de percolação e lixiviação e ainda, procurar reduzir os custos, bem como se obter adequada compactação.

A altura, das sub-camadas lançadas, sem compactação, adotada nas aplicações brasileiras esteve ao redor de 25 cm (2).

2.8 Compactação

Um dos itens importantes nessa tecnologia é a compactação, bem como o procedimento usado para o controle para se atingir o adequado adensamento.

Os controles adotados para essa finalidade visam obter a máxima massa específica.

Devido a grande tipologia dos rolos vibratórios existentes, não se tem, até o momento (agosto-1985), uma recomendação precisa quanto ao número de passadas para se tentar a compactação máxima. A carga estática dos rolos utilizados tem variado de 7,5 t (5) (6) a 15 t (19).

Nas aplicações brasileiras foram utilizados rolos vibratórios tipos CA-15 em Itaipu (1) e CA-25 em Tucuruí (12) da Dynapac.

Os japoneses procuram equacionar o adensamento ótimo em termos de energia de compactação, através da expressão (6)

$$e = 2a \left(Q + \frac{F}{2} \right) \cdot \frac{L}{V} \cdot n \cdot N \cdot \frac{1}{B \cdot L}$$

sendo:

e = energia de compactação do rolo vibratório

a = amplitude do tambor (simples) vibratório

Q = carga axial do tambor vibratório

F = força de excitação

V = velocidade de compactação do rolo vibratório

L = comprimento do rolo vibratório

n = frequência

N = número de passadas do rolo vibratório

B = largura de compactação

2.9 Tempo de Espera entre Camadas

A importância de se estabelecer, ou conhecer, o tempo de espera possível entre duas camadas sucessivas, esta relacionada à necessidade ou não de preparo da junta de construção então estabelecida; Ou seja é o tempo decorrido para que não ocorra uma "junta fria", ou uma junta de construção não programada.

O conceito de maturidade estabelecido anteriormente por Schrader (22) (23), a um valor correspondente a $871^{\circ} C \times H$, ou seja, fator de maturidade (integral da área temperatura x tempo de exposição do concreto) inferior a $871^{\circ} C \times H$, permitia a retomada de concretagem sem tratamento da junta, esta sendo atualmente revisto (8) (9) (24) para valores entre 105 e $330^{\circ} C \times H$.

Outros autores (13) chegam a admitir a não ocorrência de junta fria, dentro de um período inferior à 18 horas.

Os japoneses (5) tem admitido que uma adequada compactação pode ser obtida em períodos inferiores à 4 horas, desde a produção do concreto.

As aplicações no Brasil (12) foram executadas considerando que o tempo de espera para não ocorrer junta fria seria de 4 horas, e efetivamente os ciclos estiveram (12) entre 2 e 3 horas.

2.10 Construção dos Paramentos (Formas)

Os projetos têm dado a possibilidade de se empregar vários métodos para a moldagem dos paramentos, quando o Concreto Rolado é usado para construção de Barragens.

2.10.1 Paramentos de Jusante

A superfície do paramento de jusante tem sido obtida desde a deposição natural do concreto rolado, ou seja, sem o uso de formas, como no caso das barragens do Corps of Engineers (17) (22) (23) e a Barragem de Copperfield na Austrália, até o uso de formas convencionais, ou ainda o uso de formas deslizantes, acabadoras, horizontais, como usadas na Barragem de Milton Brook (11) e para a Barragem de Upper Stillwater (13), e o uso de placas pré-moldadas (19).

2.10.2 Paramentos de Montante

De mesma forma que o citado em 2.10.1, o paramento de montante tem sido moldado de várias maneiras, desde através do emprego de formas convencionais, o uso de placas pré-moldadas (19) (22) (23), o uso de formas deslizantes, acabadoras, horizontais (11) (13).

2.10.3 Paramentos de Superfícies Vertentes

Os paramentos das superfícies vertentes, tem obedecido aos critérios de erodibilidade e manutenção, adotados para os casos específicos.

2.11

Tratamento da Junta de Construção

O tratamento da junta de construção, e as providências subsequentes para a retomada da concretagem, tem sido feito com a retirada da carbonatação ou materiais frágeis, da superfície do concreto, com auxílio de jato d'água sob pressão (17), com a aplicação de filme de argamassa, (espessura ao redor 12 mm), ou com uso de vassouras mecânicas (5) (6), com posterior emprego de argamassa, ou somente o emprego de jatos d'água sob pressão, o uso de jato d'água e posterior emprego de argamassa seca (16), ou uma camada de berço de concreto rolado com agregado de menor bitola.

Os japoneses (5) (6) (18) têm usado argamassa em toda junta de construção, entretanto, deve-se salientar que esse procedimento não é exclusivo para o emprego do Concreto Rolado e sim um procedimento clássico para todas as juntas de construção, mesmo para concreto massa convencional.

As juntas de construção, na aplicação do concreto rolado em Tucuruí (2) (12), seguiram o processo japonês.

Deve ser entendido como junta de construção as superfícies que ultrapassaram os tempos citados em 2.9.

2.12

Controle de Percolação e Drenagem

Uma das considerações de projeto é minimizar e controlar a percolação de água através do barramento construído.

Para reduzir a percolação algumas tendências estão sendo consideradas.

2.12.1 Aplicação de Concreto Rolado mais Rico (9)

Consiste na aplicação de Concreto Rolado, com teor mais elevado do aglomerante, junto à face do paramento de

montante.

2.12.2 Aplicação de Envelopamento com Concreto Convencional
(5) (6) (9) (13) (8) (17) (18)

Significa a utilização de uma camada de concreto convencional junto a face do paramento de montante, lançada ou com vibro acabadora deslizando ou outro processo.

A espessura dessa camada de concreto convencional, segundo alguns autores pode variar de 30 cm (9) a 100 cm (17), sendo que os japoneses preferem adotar camada de concreto convencional com espessura ao redor de 3 m (5) (6) (18).

2.12.3 Injeção Química (9) (24)

A injeção química também é aventada para limitar a percolação.

2.12.4 Membrana Impermeável (9)

O uso de uma membrana impermeável tal como especificado para a Barragem de Galesville é também considerado.

Para a Barragem de Galesville especificou-se (9) uma membrana elastomérica.

2.12.5 Drenagem Interna (8) (9) (10)

O uso de drenagem no corpo de uma barragem de concreto do tipo gravidade é sempre útil, pela intenção de reduzir a poro pressão (aumentando as condições de estabilidade) e pelo controle da percolação.

Têm sido apresentadas várias alternativas para a execução dessa drenagem, que vão desde a moldagem de drenos, à perfuração desde a crista da barragem, à colocação de material drenante em juntas de construção.

A utilização do concreto rolado, nas Eclusas de Tucuruí, (pela primeira vez no Brasil em estrutura permanente), foi planejada (12) considerando um paramento moldado com concreto convencional (com espessura ao redor de 2,5 m) e drenos verticais moldados na transição entre o concreto convencional e o concreto rolado.

2.13 Espaçamento entre Juntas de Contração (Largura dos Blocos).

O Espaçamento entre juntas é determinado através de análise térmica.

Os japoneses (5) (6) (18) tem utilizado juntas de contração espaçadas a 15 - 18 m.

Alguns autores americanos (13) (17) citam que os estudos térmicos não tornam condicionante o uso de juntas de contração, sendo que a sua adoção é feita sobre regiões de variações bruscas da inclinação da fundação.

3. PROPRIEDADES

Dentre as propriedades de interesse do Concreto Rolado, as mais citadas e documentadas referem-se: - massa específica, resistências (compressão, tração e cisalhamento), módulo de elasticidade e permeabilidade.

3.1 Massa Específica

A massa específica do Concreto Rolado tem se apresentado com valores de $2,16 \text{ t/m}^3$ (9) para a Barragem de Middle Fork, onde se usou xisto como agregado, até $2,7 \text{ t/m}^3$ (19) obtido com agregados a partir do diabásio.

Os valores obtidos para massa específica, na aplicação do Concreto Rolado no Brasil se situaram (1) (2) (12) entre $2,4 \text{ t/m}^3$ (Tucuruí) e $2,6 \text{ t/m}^3$ (Itaipu).

3.2 Resistência a Compressão Axial Simples

Uma das maneiras mais prática de se comparar valores de resistências é colocando-as em termos de "Rendimento" = n , expresso em $\text{kgf/cm}^2/\text{kg/m}^3$, ou seja, o quociente da resistência à ruptura axial simples pelo consumo de aglomerante (cimento + material pozolânico).

É de se ressaltar, entretanto, que o concreto rolado pode atingir resistências elevadas, de mesma forma que os concretos convencionais. Assim é o que nos pavimentos construídos com Concreto Rolado, (4), testemunhos extraídos, mostraram resistência à compressão de ordem de 405 kgf/cm^2 à idade de 28 dias.

Durante os estudos sobre Concreto Rolado, em Tucuruí (12) foram obtidas resistências, à idades entre 28 e 180 dias, na faixa de 318 kgf/cm^2 a 499 kgf/cm^2 , para consumos de aglomerante (cimento + material pozolânico) entre 209 kg/m^3 e 258 kg/m^3 .

Para melhor avaliar os dados obtidos, a figura 1 resume os valores de rendimentos coletados.

MPa = 10 kg / cm²
 EPa = 60.000 kg / cm²
 MPa / kg / cm²

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	LOCAL	TIPO DE CONTROLE	Idade do Amostrado (dia)	CONSUMO DE APLICANTE (CIMENTO + MAT. PORCEL.) kg/m ²	RENDIMENTO kg/cm ² /kg/m ² IDADE (DIAS)				F	
					20	90	180	365	20	180
(11) 8	Itaipu	Testemunhos de Aplicação	76	100	-	1,29	1,37	1,40	219.000	226.000
(4)	Canadá	Testemunhos de Aplicação	22	260	-	1,56*	-	-	21.900	-
(5) 13	Japão	Testemunhos de Aplicação	152	100 120 130 150	0,90 1,11 1,08 1,27	1,35 1,67 1,62 2,10	- - - -	- - - -	-	-
(8)	Estados Unidos	Laboratório	76	100	0,90	1,25	-	1,80	-	-
(10)	Estados Unidos	Controle de Aplicação	100	66	1,55	-	-	-	-	-
(13)	Estados Unidos	Laboratório Testemunhos de Aterro Exp.	30 28	248 248	0,45 0,75	0,77 0,85	1,12 0,93	1,38 1,01	-	-
(19)	África do Sul	Testemunhos de Aplicação	76	153	-	-	-	1,67	-	-
(20) 7	Equador	Testemunhos de Aplicação	152	150	-	-	-	1,67	-	-
(21)	Checoslováquia	Laboratório	125	100-110	0,39-0,48 0,65-0,86	0,58-0,70 0,69	-	-	-	-
(25)	Estados Unidos	Laboratório	38	230	-	0,95	-	-	-	-
(27) 21	Tucuruí	Testemunhos de Aplicação	76	81	1,07	1,20	-	-	30000	-
		Laboratório	76	220 (0% Mat. Poz.) 147 (0% Mat. Poz.) 110 (0% Mat. Poz.) 88 (0% Mat. Poz.) 73 (0% Mat. Poz.) 215 (20% Mat. Poz.) 143 (20% Mat. Poz.) 107 (20% Mat. Poz.) 86 (20% Mat. Poz.) 73 (20% Mat. Poz.) 209 (40% Mat. Poz.) 140 (40% Mat. Poz.) 105 (40% Mat. Poz.) 84 (40% Mat. Poz.) 258 (50% Mat. Poz.) 173 (50% Mat. Poz.) 129 (50% Mat. Poz.) 103 (50% Mat. Poz.) 255 (60% Mat. Poz.) 204 (60% Mat. Poz.) 136 (60% Mat. Poz.) 102 (60% Mat. Poz.)	1,54 1,51 1,31 1,51 1,47 1,50 1,63 1,65 1,26 1,04 1,52 1,45 1,30 1,07 1,43 1,51 1,22 1,10 1,27 1,34 1,29 0,99	1,72 1,58 1,65 1,57 1,64 2,00 1,43 1,87 1,73 1,52 1,74 1,64 1,52 1,25 1,31 1,79 1,51 1,32 1,43 1,54 1,44 1,25	1,79 1,55 1,91 1,50 1,34 2,32 1,63 1,72 2,03 1,25 1,91 1,66 1,41 1,51 1,68 1,83 1,50 1,55 1,70 1,62 1,72 1,45	- -	- -	

* 56 dias ** 400 dias *** Idade não indicada
 20% material porcelânico - em volume sólido 120 0,99 1,14

Figura 1 - Valores de Rendimentos Coletados

220 kg 76 120 0,99 1,14

3.3 Resistência à Tração

A resistência à Tração do Concreto Rolado pode ultrapassar a valores de 50 kgf/cm^2 (4) à idade de 28 dias.

Os valores de resistência à tração, quando expressos em termos percentuais da resistência à compressão, de uma maneira geral, têm se apresentado entre 6% (13) e 27% (21), com valores predominantemente entre 10% e 15%.

Os valores de resistência à tração obtidos em Itaipu (1) (2) e Tucuruí (2) (12) se mostraram entre 9% e 11% da resistência à compressão.

3.4 Resistência ao Cisalhamento

A resistência ao cisalhamento, obtida através de ensaios sobre testemunhos extraídos da junta de construção em concreto rolado, tem atingido valores até 30 kgf/cm^2 (5), que em termos percentuais da resistência a compressão do concreto do Concreto Rolado monolítico, se situa entre 17% e 20% (5).

Os valores obtidos em Itaipu (1) (2) e Tucuruí (2) (12) se situaram entre 8% e 12%.

3.5 Módulo de Elasticidade (Módulo de Deformação)

Os valores obtidos para o Módulo de Elasticidade são mostrados na Figura 2.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	LOCAL	TIPO DE CONTROLE	Ø ^{max} DO AGREGADO (mm)	CONSUMO DE AGLOMERANTE (CIMENTO + MAT. POZOLANICO) kg/m ³	MÓDULO DE ELASTICIDADE kgf/cm ² IDADE (DIAS)	
					90	180
(1)	Itaipu	Testemunhos de Aplicação	76	100	219000	276000
(13)	Estados Unidos	Laboratório	38	248	-	117000
		Testemunhos de Aterro	38	248	144800	162000
(12)	Tucuruí	Testemunhos de Aplicação	76	81	300000	-
		Laboratório	76	220	433000	489000
				147	327000	367000
				110	326000	326000
				88	304000	328000
				73	275000	286000
				215	482000	505000
				143	390000	431000
				107	332000	382000
				86	266000	261000
				73	240000	250000
				209	403000	432000
				140	354000	431000
				105	306000	381000
				84	205000	302000
				258	446000	543000
				173	427000	482000
129	338000	382000				
103	246000	307000				
255	482000	553000				
204	379000	430000				
136	306000	394000				
102	273000	417000				

Figura 2 - Valores Obtidos, para o Módulo de elasticidade, com o Concreto Rolado.

3.6 Permeabilidade

A permeabilidade, tem sido um ponto de discussão, ao se trabalhar com Concreto Rolado.

A figura 3, apresenta um conjunto de valores obtidos, por ensaios sobre corpos de prova moldados e extraídos de locais de aplicação.

Para contornar a permeabilidade, há de se considerar os comentários citados no item 2.12.

4. FUTURAS OBRAS

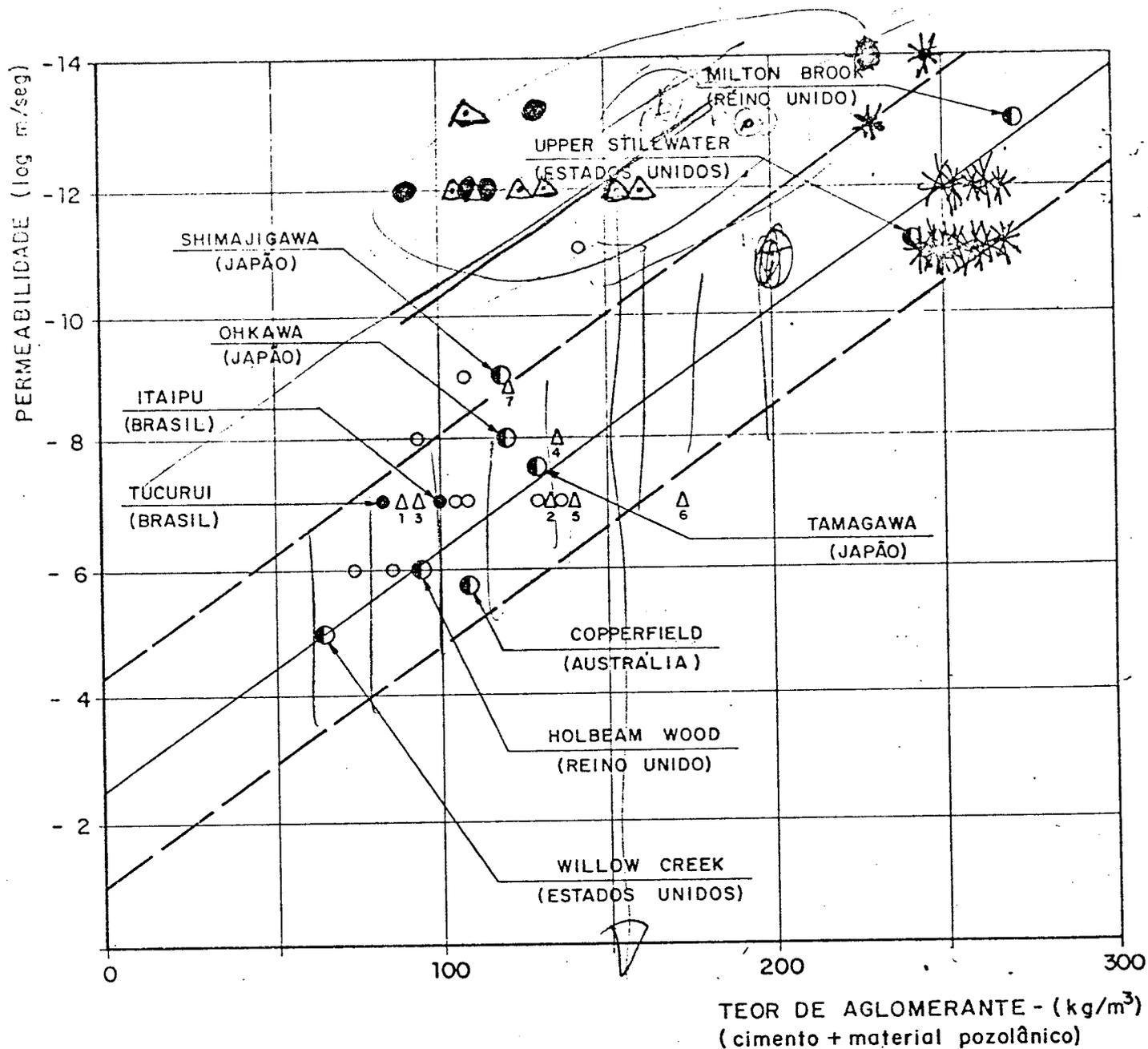
É importante salientar, a divulgação de uma listagem de futuras obras de barragens, a serem construídas com a tecnologia do Concreto Rolado, como mostra o quadro abaixo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	LOCAL	NOME DA OBRA	ALTURA m
(27)	Estados Unidos	Elk Creek	76
		Galesville	51
		Pamo Valley	80
		Upper Stillwater	87
(6)	Japão	Mano	69
		Asahi Ogawa	89
		Sakaigawa	115
		Shiromizugawa	55

Figura 4 - Listagem (Divulgada no XV Icold - 1985) de Futuras Obras em Concreto Rolado

5. COMENTÁRIOS

Pode-se observar que a metodologia do Concreto Rolado, proporciona propriedades que não deixam dúvidas quanto a qualidade do material, razão pela qual, essa tecnologia firma-se dia a dia em vários países, permitindo a evolução dos projetos e a redução de prazos e custos de construção.



LEGENDA

- △ - 1 A 6 - REFERÊNCIA (26); 7 - REFERÊNCIA (6)
- - ENSAIOS DE LABORATÓRIO - DOSAGENS EM TUCURUI
- - ENSAIOS SOBRE TESTEMUNHOS DE OBRAS NO BRASIL
- ⊙ - INFORMAÇÕES DE CORTEZIA DE M. R. DUNSTAN
- - ENSAIOS DE LABORATÓRIO - URUGUAI

FIGURA-3 RELAÇÃO ENTRE PERMEABILIDADE E O TEOR DE AGLOMERANTE

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 8 (1) - Concreto Adensado com Rolo Vibratório - XIII - Seminário Nacional de Grandes Barragens - Rio de Janeiro - 1980 - F.R. Andriolo - I. Betiolli - L. Scandiuzzi.
- 9 (2) - Use of Roller Compacted Concrete in Brazil -A.C.I. Fall Convention - Los Angeles - 1983 - F.R. Andriolo - G.R.L. Vasconcelos - H.R. Gama.
- ~~(3)~~ - Comitê - 204 - Concreto Massa - Sub-Comitê Registros Históricos do Concreto Massa.
- 12 (4) - Roller Compacted Concrete Pavements in British Columbia, Canada - ASCE - Maio - 1985 - Robert W. Piggot - Olav O. Naas.
- 13 (5) - Construction of Tamagawa Dam By the RCD - Method XV - ICOLD - 1985 - T. Yamagushi - J. Harada - T. Okada - S. Shimada.
- 14 (6) - Present State and Problems of Rationalized Construction of Concrete Dams in Japan - XV ICOLD - 1985 - M. Kokubu - S. Shimizu - S. Jojima.
- (7) - General Report - Question 57 - A New Technology: Rolled Concrete - XV - ICOLD - 1985 - Robert Philleo.
- (8) - Monksville Dam - A Roller Compacted Concrete Water Supply Structure - XV - ICOLD - 1985 - G.C. Elias - D.B. Campbell - E.K. Schrader.
- (9) - Design Innovations for Roller Compacted Concrete Dams - XV - ICOLD - 1985 - Eric B. Kollgard - Harry E. Jackson.

- (10) - Construction of Middle Fork Dam - ASCE - Maio - 1985 - William F. Parent - William A. Moler - Ronald W. Southard.
- (11) - A Method of Design for the Mix Proportions of Roller Compacted Concrete to be used in Dams - XV ICOLD - M.R.H. Dunstan.
- (12) - Relatório - TUC-40-6257-RE - Relatório Preliminar da Aplicação do Rollcrete nas Estruturas Definitivas da UHET - XX - Reunião da junta de Consultores - 1982.
- (13) - Upper Still Water Dam Roller Compacted Concrete Design and Construction Concepts - XV - ICOLD - 1985 - Alan T. Richardson.
- (14) - Upper Stillwater Dam Construction Program - A.S.C.E. 1985 - Richard W. Karl Jr.
- (15) - USBR - Design Considerations for Roller Compacted Concrete Dams - A.S.C.E - 1985 - Howard L. Boggs - Alan T. Richardson.
- (16) - Construction of two Spillways using Roller Compacted Concrete - ASCE - 1985 - Donald E. Morsman Leon E. Lawler - John R. Seismears.
- (17) - Current Corps of Engineers Concepts for Roller Compacted Concrete in Dams - A.S.C.E - 1985 - Dennis R. Hopman - Oswin Keifer - Fred Anderson.
- (18) - Construction of Recent RCD - Concrete Dam Projects in Japan - A.S.C.E - 1985 - S. Nagataki - T. Yanagida - T. Okumura.
- (19) - Experimental use of Rollcrete on sections of a Concrete Gravity Dam - XV - ICOLD - F. Hollingworth - F.H.W.M. Druyts.

- (20) - Beton Compacte an Rouleau Dans le Barrage Deversoir de "Daule Peripa" - XV - ICOLD - M.A.S. Perez - J.M.S. Clemente.
- (21) - Investigation of Gravity Dams Compacted by Rolling in High Layers - XV ICOLD - 1985 - J.Dvoracek - L. Hobst - F. Pribyl.
- (22) - Willow Creek Dam - Word's First all Rollcrete Dam - Civil Engineering - Abril - 1982 - Ernest K. Schrader.
- (23) - The first Concrete Gavity Designed and Built for Roller Compacted Construction Method - Concrete International - outubro 1982 - Ernest K.Schrader.
- (24) - Watertightness and seepage control in Roller Compacked Concrete Dams - ASCE - 1985 - Ernest K. Schrader.
- (25) - Simplified Design and Construction control for Roller Compacted Concrete - ASCE - 1985 - Gary N. Reeveslewis B. Yates.
- (26) - Permeability, frost desistance and crack prevention of Roller Compacted Concrete (RCC) - XV ICOLD 1985 - R. Springenschind - P. Sonnewald.
- (27) - United States National Committee on Large Dams - XV - ICOLD - 1985 - J.V. Williamson - R.A. Thompson - Herbert H. Kennon - J. Smart.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERÍSTICAS
 - 2.1 Dimensão Máxima do Agregado e Graduação Granulométrica
 - 2.2 Utilização de Finos não Coesivos
 - 2.3 Inclinação do Paramento de Jusante
 - 2.4 Produção do Concreto Rolado
 - 2.5 Transporte do Concreto Rolado
 - 2.6 Espalhamento do Concreto Rolado
 - 2.7 Altura da Camada
 - 2.8 Compactação
 - 2.9 Tempo de Espera entre Camadas
 - 2.10 Construção dos Paramentos (Formas)
 - 2.10.1 Paramentos de Jusante
 - 2.10.2 Paramentos de Montante
 - 2.10.3 Paramentos de Superfícies Vertentes
 - 2.11 Tratamento da Junta de Construção
 - 2.12 Controle da Percolação e Drenagem
 - 2.12.1 Aplicação de Concreto Rolado mais Rico
 - 2.12.2 Aplicação de Envelopamento com Concreto Convencional

- 2.12.3 Membrana Impermeável
- 2.12.4 Drenagem Interna
- 2.13 Espaçamento entre Juntas de Contração (Largura dos Blocos)
- 3. PROPRIEDADES
 - 3.1 Massa Específica
 - 3.2 Resistência à Compressão Axial Simples
 - 3.3 Resistência à Tração
 - 3.4 Resistência ao Cisalhamento
 - 3.5 Módulo de Elasticidade
 - 3.6 Permeabilidade
- 4. FUTURAS OBRAS
- 5. COMENTÁRIOS
- 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS