

Aplicação de CCR em Estrutura com Armadura e para Minimizar Problema Térmico

Caso de São Salvador

Autores

Artur Henrique Evangelista Carvalho

Engenheiro, Gerente Seção Técnica, Andrade Gutierrez

Wesley Gonçalves Santana

Engenheiro, Responsável Laboratório de Controle da Qualidade, FURNAS

Fábio de Castro Ricardo dos Santos

Engenheiro, Gerente de Área Técnica, Odebrecht

Reinaldo Lins de Freitas

Engenheiro, Gerente de Produção, Odebrecht

André Luis Oliveira Alcantara

Engenheiro, Gerente de Produção, Andrade Gutierrez

Luis Cesar Moreira

Engenheiro, Gerente de Contrato, Andrade Gutierrez

Isaías Amancio de Souza

Engenheiro, Diretor de Contrato, Odebrecht

Resumo

Este trabalho trata de duas aplicações em CCR:

- nas lajes; e
- nos defletores da Bacia de Dissipação do Vertedouro.

Uma solução criativa levando em conta o lançamento de CCR em locais com presença das armaduras superiores das lajes e dos defletores.

Objetivo

Aplicação do CCR no arranque das estruturas massivas.

Redução do consumo de cimento e minimização do problema térmico.

Obra foi executada sem uso de refrigeração no concreto.

Aproveitamento

A Hidroelétrica de São Salvador está localizada no estado do Tocantins, região norte do Brasil, aproximadamente 16km ao norte de Brasília, capital do país.

A construção teve início em 2006 e está prevista a geração da primeira unidade em fevereiro de 2010. O proprietário é a Suez Energia e a construção está sendo feita pelo CSSC (Consortio Construtor São Salvador Civil), que é formado pelas construtoras Odebrecht e Andrade Gutierrez. O controle tecnológico da construção está sendo feito por FURNAS.

Características

Vertedouro	6 comportas radiais - Modelo Creager e Bacia de dissipação
Tomada d'água	Convencional - Comportas Hidromecânicas
Casa de Força	2 turbinas Kaplan - 243,2 MW
Área de montagem	Estrutura de gravidade
Barragem de terra	30 m de altura (máx); 600 m de comprimento
Área do reservatório	104,00 km ²
Volume de terra	1.760.000,00 m ³
Volume de concreto	290.000,00 m ³

Descrição

Durante o início do trabalho foi notado que o consumo médio de cimento previsto era da ordem de 192 kg/m^3 de cimento e 12 kg/m^3 de sílica ativa. Foi também notado que o resfriamento do concreto não havia sido previsto. Então, os engenheiros do Consórcio Construtor e do Controle Tecnológico começaram a estudar como resolver esse problema quanto a possibilidade de ocorrência de fissuração.

Descrição

A primeira idéia foi usar concreto massa convencional de 76 mm. Mas em alguns casos este tipo de concreto não seria suficiente para resolver os problemas térmicos, especialmente nas primeiras elevações de algumas estruturas. Então foi necessário usar um concreto com alguma resistência, mas com baixo consumo de cimento. O RCC foi a escolha certa para resolver o problema.

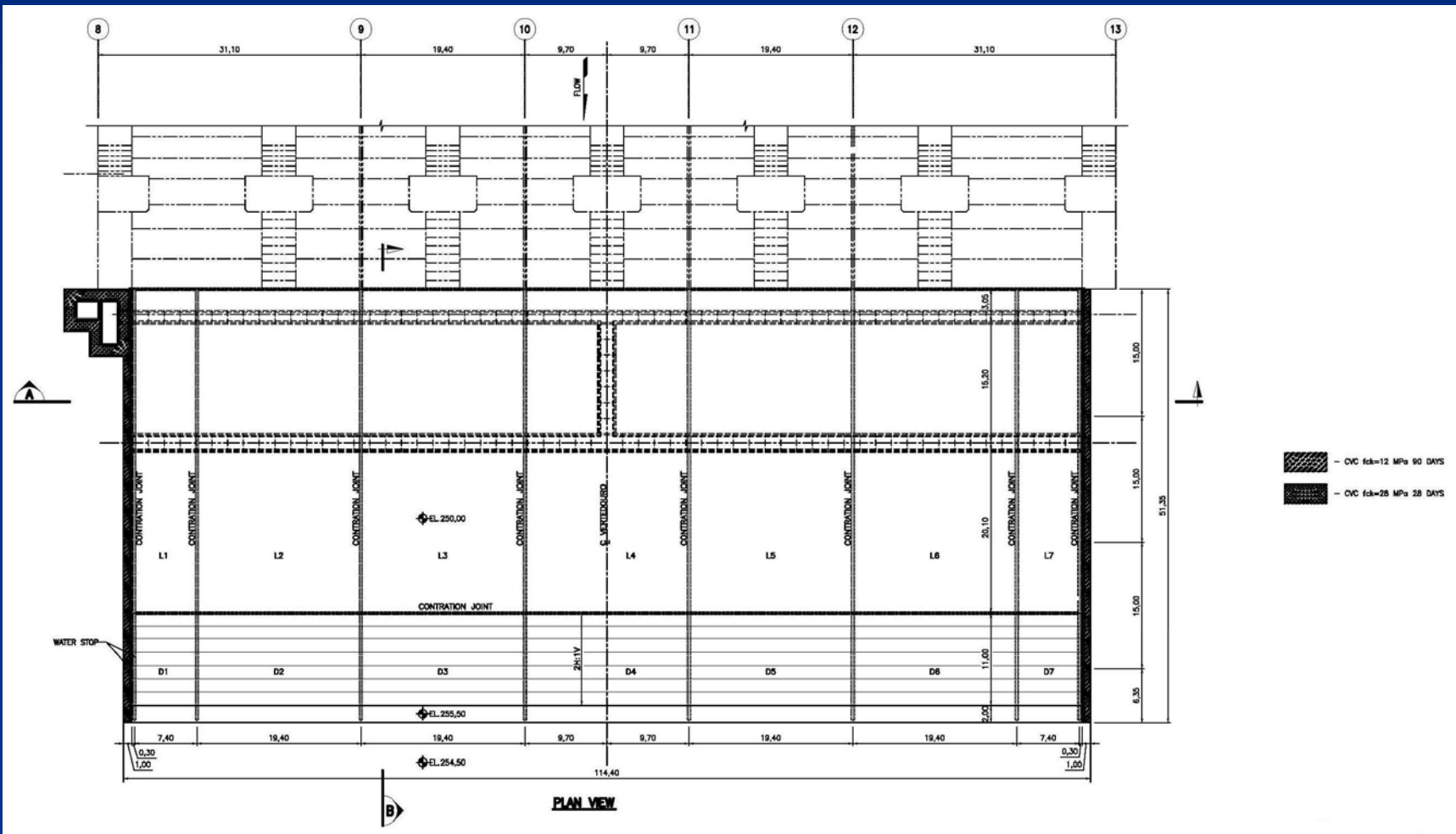
Descrição

Considerando a estrutura não armada, como paredes massivas, a solução foi simples e o método da camada rampada foi utilizado. O CCR foi aplicado nas três primeiras elevações. Entretanto, em algumas estruturas como a laje de dissipação e o defletor a armadura estava interferindo no lançamento do CCR, mas seria necessário aplicar este tipo de concreto para evitar fissuras de origem térmicas.

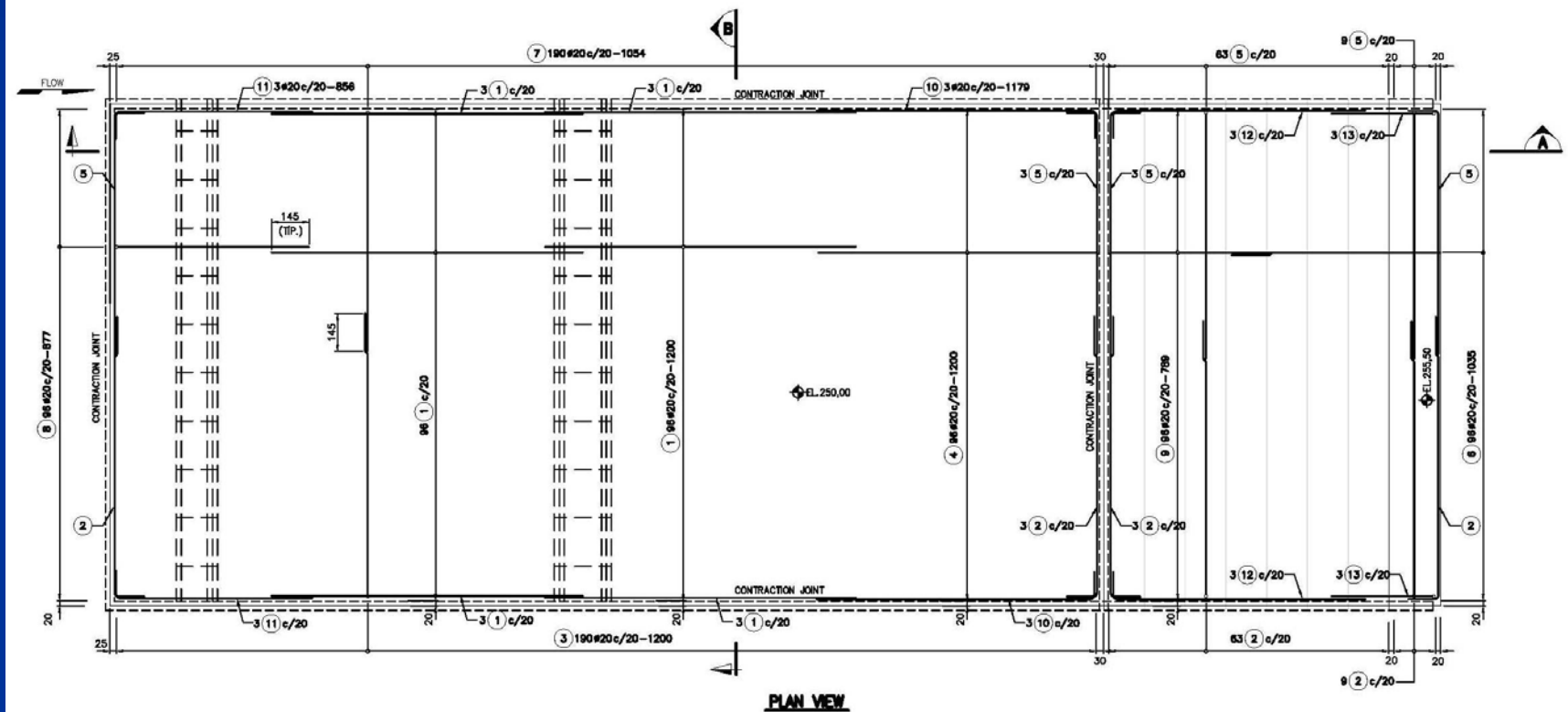
*PROJETO INICIAL DAS ESTRUTURAS DE
MONTANTE DO VERTEDOURO E AS
SOLUÇÕES ADOTADAS*

Desenvolvimento dos Trabalhos

Vista em planta do vertedouro Jusante

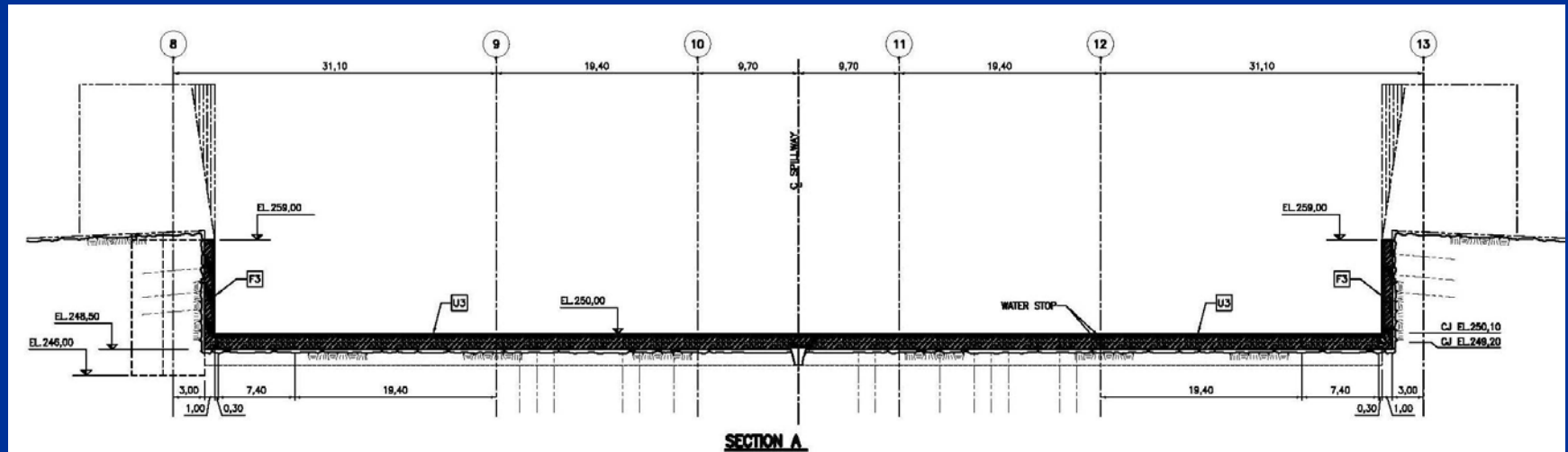


Vista em planta da bacia de dissipação e defletor



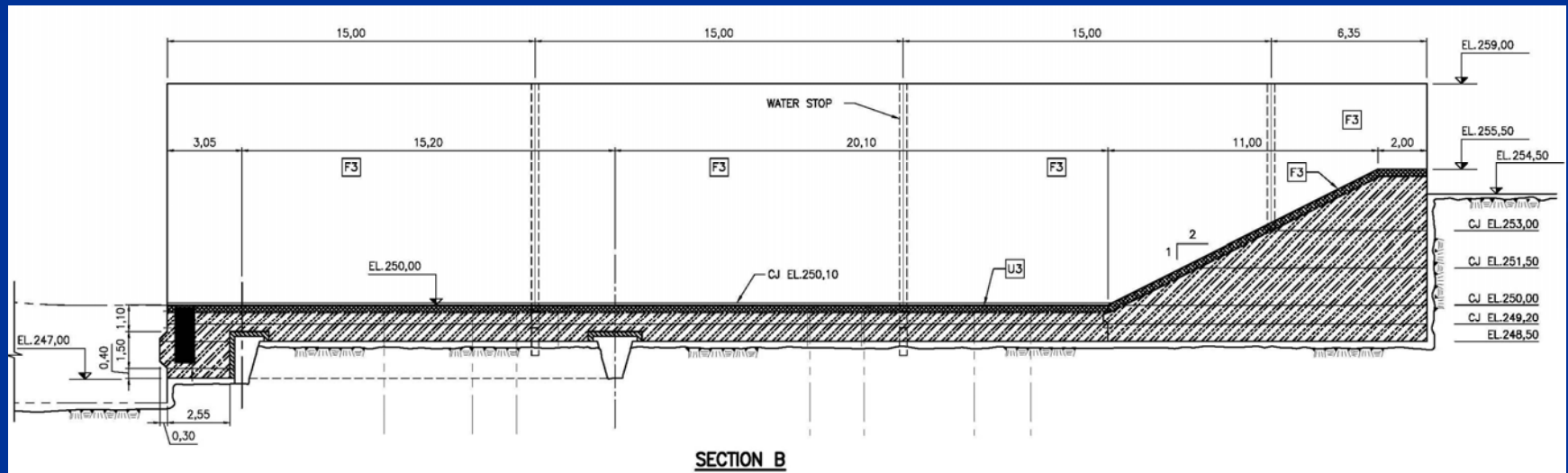
Secção transversal

Projeto inicial com concreto convencional



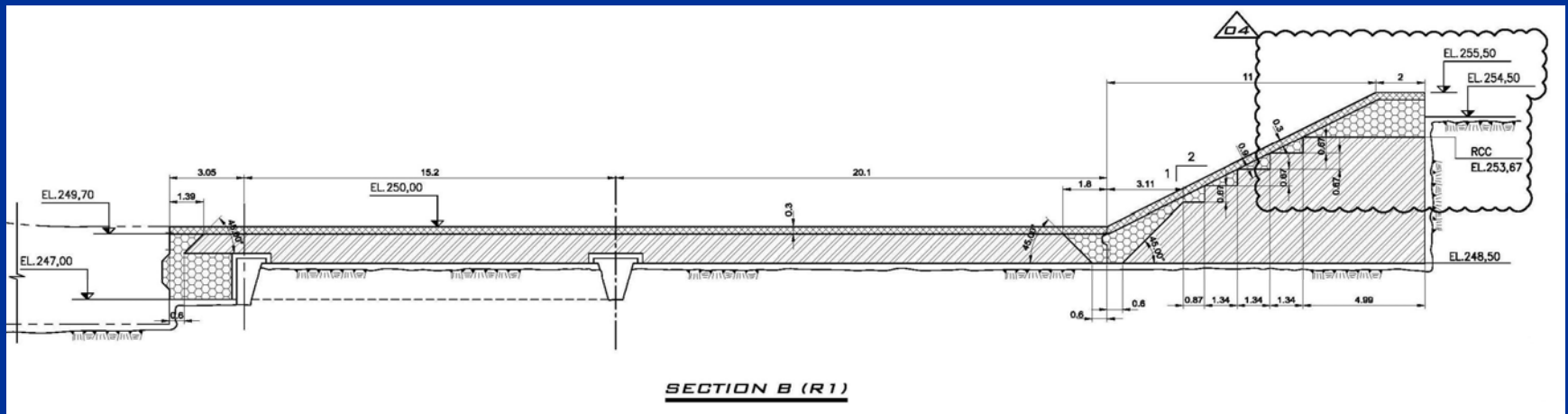
Seção longitudinal

Projeto inicial com concreto convencional

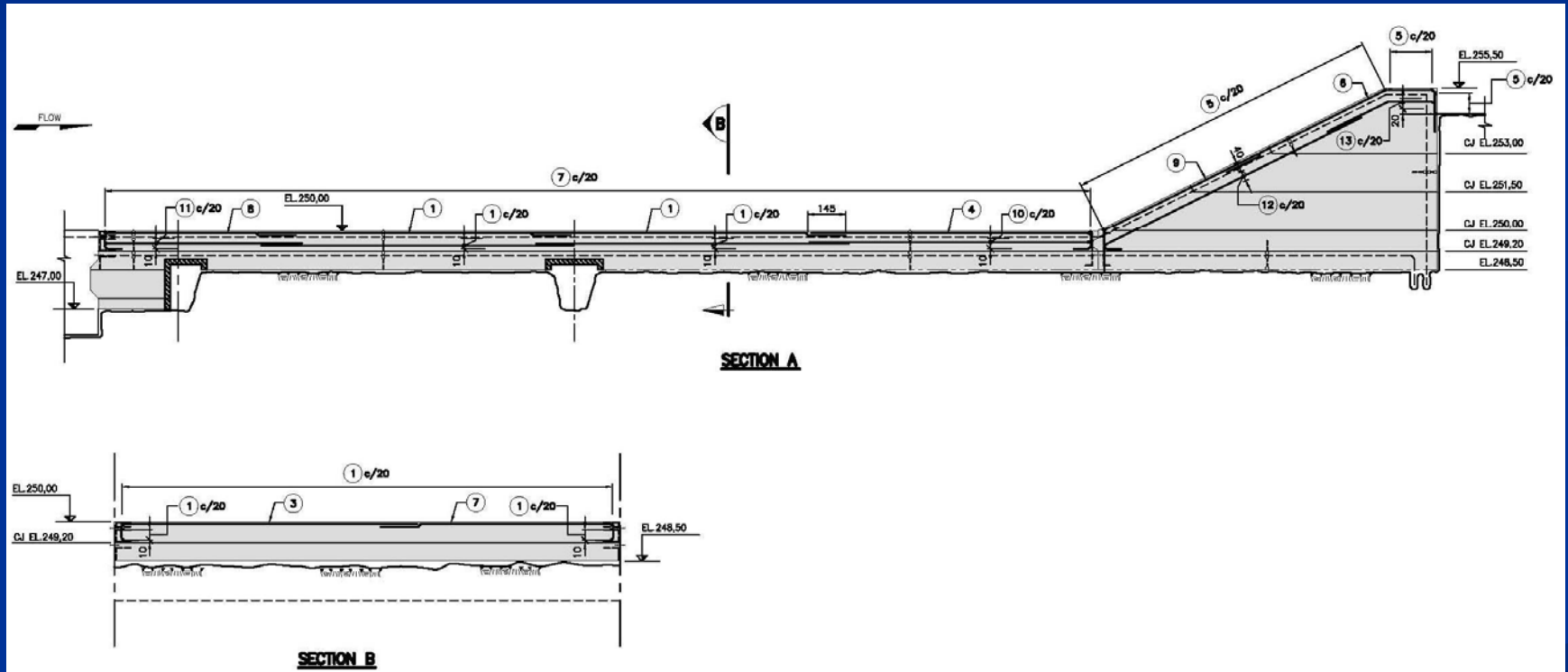


Seção longitudinal

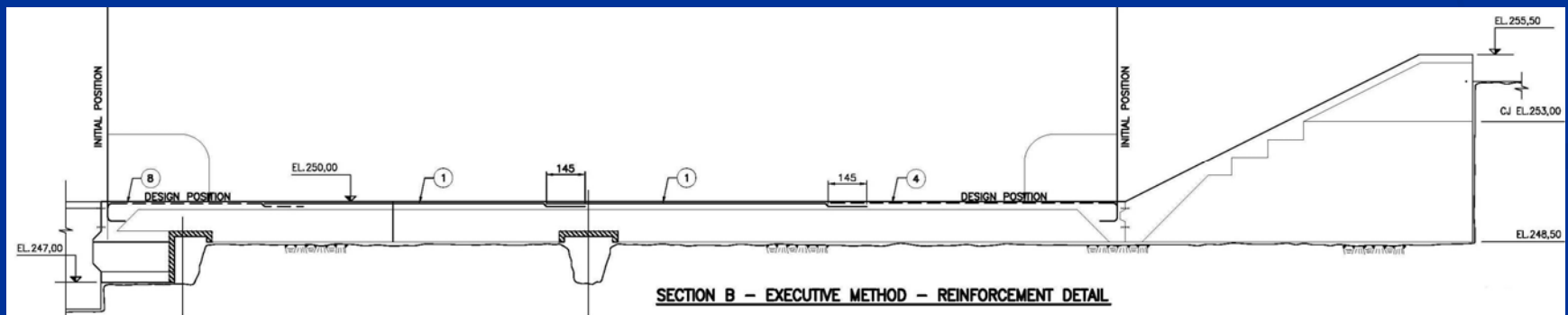
Projeto final com CCR



Projeto da armadura



Solução para a armadura superior que permitiu o lançamento do CCR



Compactação do CCR próximo ao concreto convencional e armadura exposta



Bloco de CCR armadura pronta para dobrar



Vista da bacia de dissipação com o CCR lançado



Trabalho da armadura após a conclusão do CCR



Lançamento do concreto nas lajes em diferentes estágios



Lançamento do concreto nas lajes em diferentes estágios e cura do CCR



Lançamento do concreto nas lajes em diferentes estágios



Dobramento da armadura



Resultados do Concreto

Dosagem de CCR utilizada nas estruturas.

Cimento	125 kg/m ³
Água	127 kg/m ³
Areia Natural	432 kg/m ³
Agregado 19 mm	466 kg/m ³
Agregado 38 mm	872 kg/m ³
Aditivo	1,5 kg/m ³
Resistência (fck)	12 MPa
Idade de controle	90 dias
Tipo de cimento	CP IV (NBR) / IP (ASTM)

Resultados do Concreto

Propriedades do concreto fresco.

Cannon time	11,8 segundos	SD = 1,5 s
Massa específica Vebê	2.449 kg/m ³	SD = 19,8 kg/m ³
Densidade “in situ”	2427 kg/m ³	SD = 32,5 kg/m ³
Densímetro Nuclear		

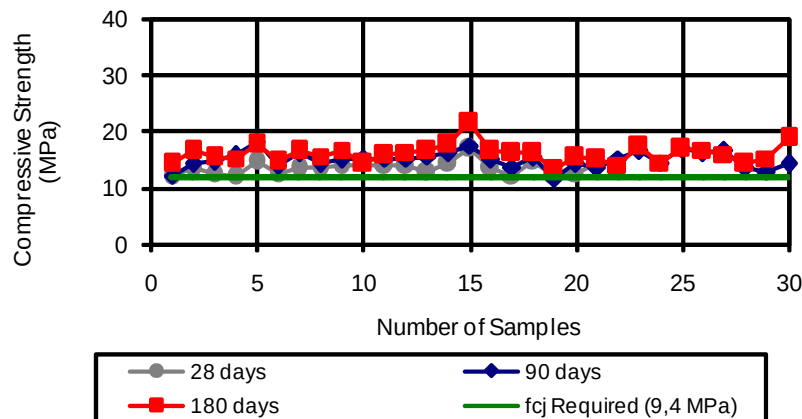
Resultados do Concreto

Propriedades do concreto endurecido.

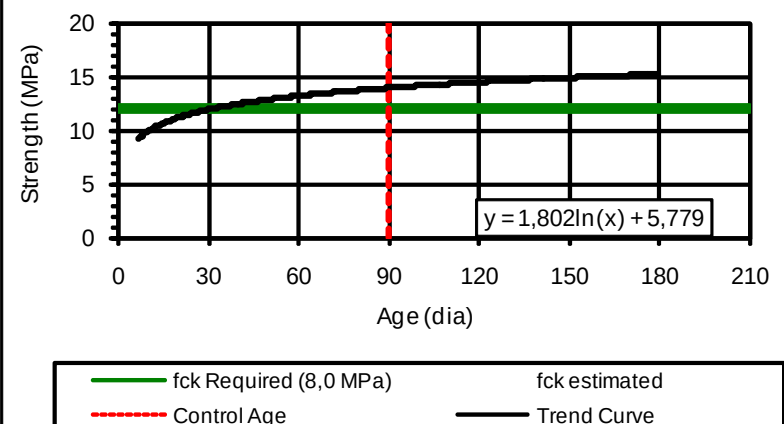
STATISTICS					Estimated Characteristic Strength				
Overall variation (Strength)			Within-test variation (Amplitude)						
Average (MPa)		14,9	Average (MPa)		0,54		Number of Samples	30	
Standard Deviation (MPa)		1,5	Average (MPa)		0,47		Coefficient t	0,842	
Coefficient of Variation (%)		10,0	Coefficient of Variation (%)		3,18		fck Estimated (MPa)	13,7	
ACI 214 (RECOMMENDED PRACTICE)					CONCLUSION				
Overall variation (Strength)			Within-test variation (Amplitude)						
Standard Control	C.V. (%)	D. Padrão (MPa)	Standard Control	Coef. de Variação (%)		✖	OK (fck est/fck proj ≥ 1,0)		1,14
Excellent	≤ 10,0	≤ 2,81	Excellent	≤ 1,50			Not OK (fck est/fck proj < 1,0)		
Very Good	-	2,82 a 3,51	Very Good	1,51 a 2,00		Partial Data			
Good	10,1 a 15,0	3,52 a 4,21	Good	2,01 a 3,00					
Fair	15,1 a 20,0	4,22 a 4,91	Fair	3,01 a 4,00					
Poor	> 20,0	> 4,91	Poor	> 4,00					

1,14

Chart for Individual Strength Tests



Trends of Improvement of the Estimated fck



Consideração

O uso do CCR neste projeto foi imperativo para minimizar os problemas térmicos e foi muito importante para o cumprimento do programa de execução.

Foi também importante para reduzir o consumo médio de cimento e a alternativa de usar o CCR, mesmo onde há armadura foi bem sucedida.

Vista de jusante de São Salvador (junho de 2008)



Vista de montante de São Salvador (junho de 2008)



Film...