RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES
DE SOLEIRA LIYRE

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Delmiro Gouveia"

CACHOEIRA PAULO AFONSO



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE JOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Extravassora Delmiro Gouveia"

RETROSPECTO HISTÓRICO

PRIMEIRA BARRAGEM NO RIO SÃO FRANCISCO



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES
DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

RETROSPECTO HISTÓRICO

RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DELMIRO GOUVEIA



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

RETROSPECTO HISTÓRICO

EXTRAVASOR DE SOLEIRA LIVRE - PRFIL ORIGINAL

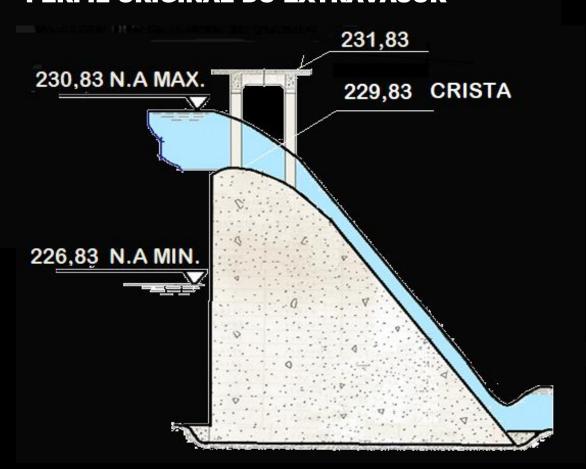


RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

RETROSPECTO HISTÓRICO

PERFIL ORIGINAL DO EXTRAVASOR

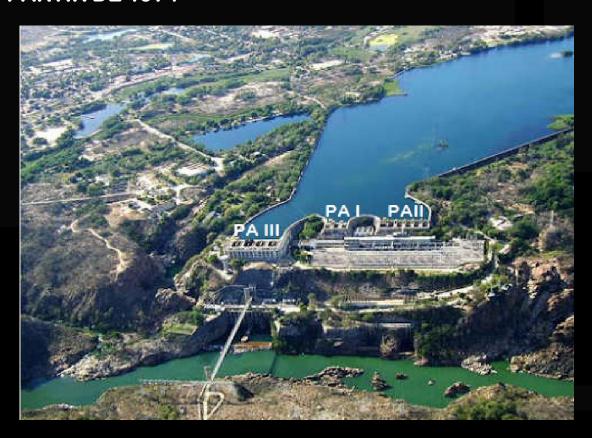


RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES
DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

RETROSPECTO HISTÓRICO

COMPLEXO HIDRELÉTRICO DE PAULO AFONSO A PARTIR DE 1974



"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

CRONOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

ANO DE ENTRADA DAS USINAS EM OPERAÇÃO 1955 1971 PAI 255 m3/s PAII 720 m3/s **PA III** 1064 m3/s COM A ENTRADA DE PA II, A PARTIR DE 1967, O ENGOLIMENTO DE VAZÃO NA HORA DE PONTA PASSOU A 975 m3/s:

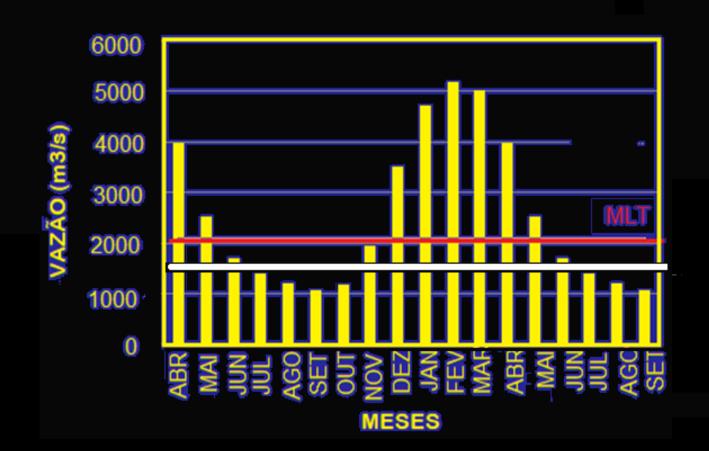
APÓS DA ENTRADA DA 1ª. MÁQUINA DE PA III, A PARTIR DE 1971, O ENGOLIMENTO PASSA A SER SUPERIOR A 2000 m3/s.

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

PROBLEMA HIDROLOGICO

VAZÃO MÉDIA MENSAL MLT



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO IMPROVISADA

UMA SOLUÇÃO PROVISÓRIA: CRIAÇÃO DE "FLASH BORDS"



"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

CONSEQUENCIAS

A FIXAÇÃO DOS FLASH-BOARDS PRODUZIU AS SEGUINTES CONSEQUENCIAS :

- alterou as condições de estabilidade da barragem;
 - acrescentou 1,5 m de coluna d'água ao empuxo hidrostático;
 - eliminou o peso da lâmina d'água sobre o perfil vertente
 - Eliminou o empuxo do nível dágua de jusante.

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperaço da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

CONSEQUENCIAS

ALTEROU SOBRETUDO O TIPO DO PERFIL DO ESCOAMENTO SOBRE A SOLEIRA EXTRAVASORA



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

CONSEQUENCIAS

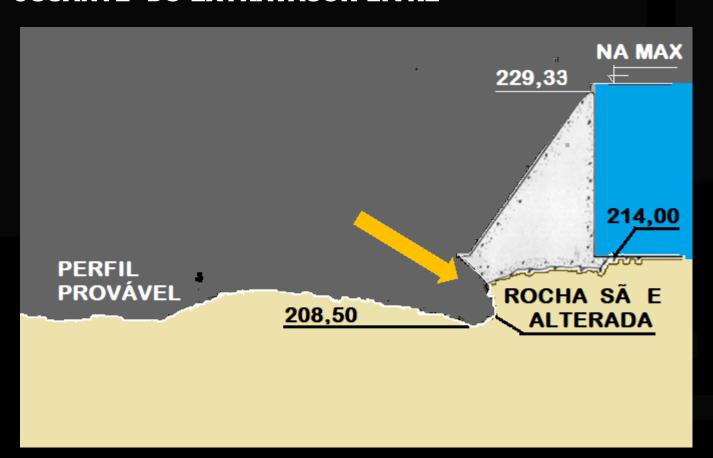
REDUZIU CAPACIDADE EXTRAVASORA

CAPACIDADE DE VERTIMENTO (m3/s)		
NIVEL DE OPERAÇÃO - COTA 230.83 m		
	FLASH BOARD	
SOLEIRA CONTROLADA	SEM	COM
PRINCIPAL	7424	7424
QUEBRA	3585	3585
TAQUARI	2689	2689
CAPUXU	896	896
SOLEIRA LIVRE	16400	1806
TOTAL	30994	16400

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

CONSEQUENCIAS

OCORRÊNCIA DE EROSÃO NO PÉ DA BARRAGEM A JUSANTE DO EXTRAVASOR LIVRE



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO EMERGENCIAL

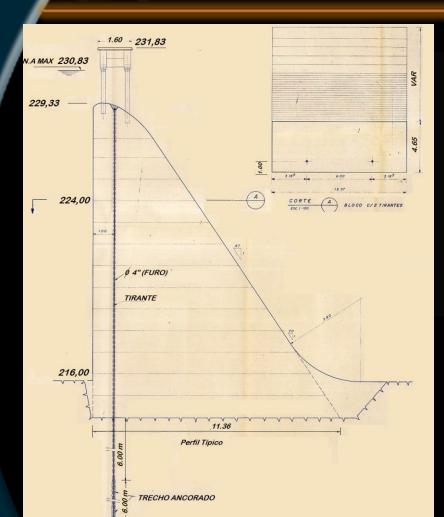
CONSTRUÇÃO DE UM MURO DE RETENÇÃO A JUSANTE - COLCHÃO DE AMORTECIMENTO



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE JOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA



ATIRANTAMENTO DA BARRAGEM

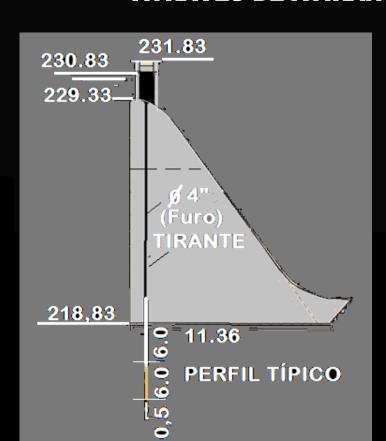
Os tirantes são verticais, distam 1 m do paramento de montante da barragem e penetram 12,5 m na rocha de fundação, com 6 m de ancoragem.

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DELMIRO GOUVEIA ATRAVÉS DE ATIRANTAMENTO AO LONGO DA BARRAGEM



Foram instalados 132 tirantes tipo Freyssinets de 110 ton e 300 tirantes de 132 ton nos 207 blocos vertentes da barragem

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

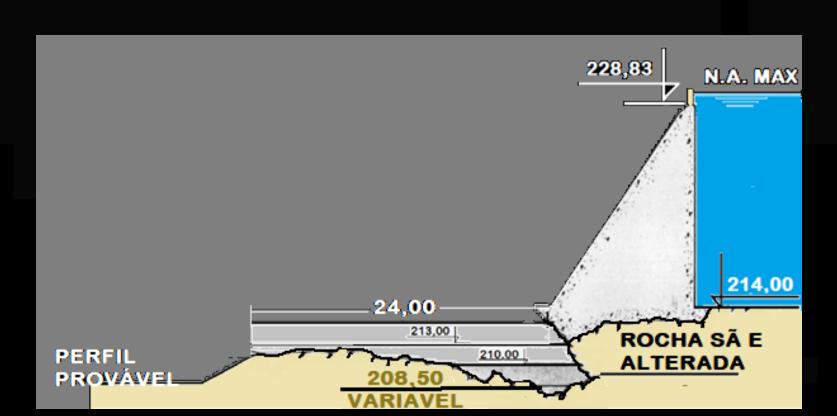
ATIRANTAMENTO DA BARRAGEM DE CONCRETO ...

- A quantidade de tirantes por bloco variou de 1 tirante de 1 ton até 5 tirantes de 132 ton, dependendo da largura e da altura dos blocos.
- A largura dos blocos varia de 6,82 m a 16,97 m e a altura de 4,5 m até 20,5 m

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

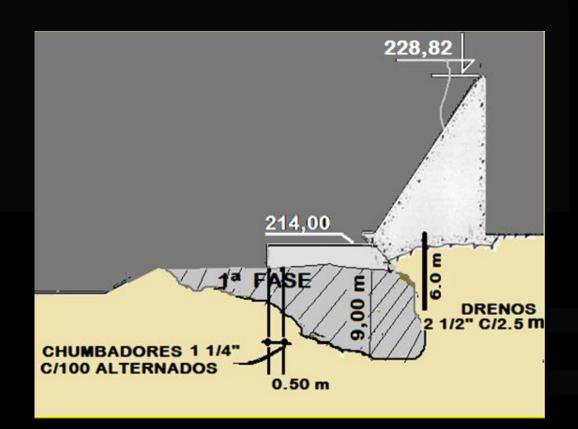
PREENCHIMENTO DA FOSSA DE EROSÃO E LAGE DE RECOMPOSIÇÃO DA RESTITUIÇÃO DO EXTRAVASOR



"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

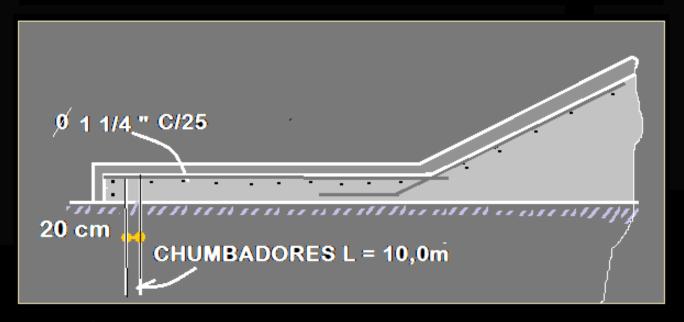
CHUMBADORES DE Ø 1 1/4" C/50 ALTERNADOS



"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

ARMAÇÃO Ø 1 1/4" C/25 EM CADA DIREÇÃO (C.A 50) RECOMBRIMENTO 15 cm

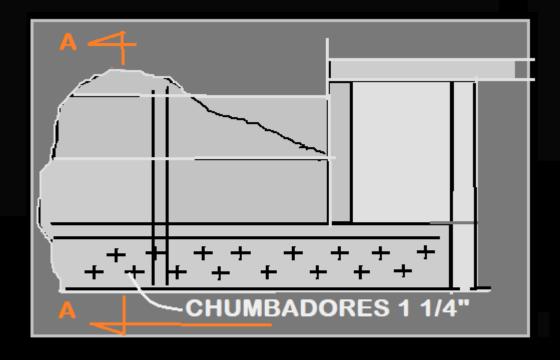


INJEÇÃO Ø 2 1/2.0 - PENETRANDO 10 m NA ROCHA COM INCLINAÇÃO DE 30° A 40° PRESSÃO DE INJEÇÃO DE 0.5 g/cm²

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

CHUMBADORES Ø 1 1/4" c/50 ALTERNADOS



PLANTA S/ESC

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

FINAL DA CONCRETAGEM NA PRIMEIRA FASE

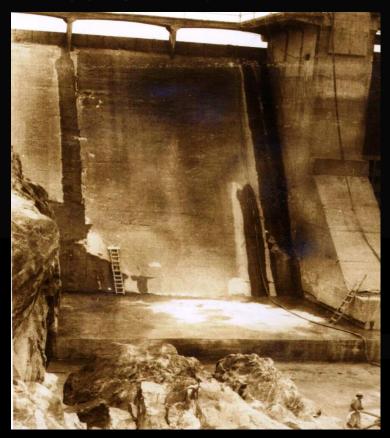


RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

FINAL DA CONCRETAGEM



RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

SOLUÇÃO DEFINITIVA

Foram utilizados 6758 m de tirantes de 110 ton (10 cordoalhas) e 3339 m de 132 ton (12 cordoalhas).

Os tirantes são verticais, distando 1 m do paramento de montante da barragem e penetram 12,5 m na rocha de fundação, com 6 m de ancoragem.

Os trabalhos foram executados em 1978/1979 pela Rofundo S A.

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem Delmiro Gouveia"

AGRADECIMENTOS

NOSSOS AGRADECECIMENTOS À CHESF, A TODOS AQUELES QUE COLBORARAM COM ESTE TRABALHO E EM PARTICULAR E EM PARTICULAR

AURÉLIO VASCONCELOS

ALBERTO JORGE TAVARES CAVALCANTE

RICARDO JOSÉ BARBOSA

RECUPERAÇÃO DA SEGURANÇA HIDRAULICA DE EXTRAVASORES
DE SOLEIRA LIVRE

"Recuperação da Segurança Hidráulica Barragem de Jucazinho"

Caso 2



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

BACIA DE JUCAZINHO 4772 KM2

A bacia do rio Capiparibe em Pernambuco, limita-se ao Norte com o estado da Paraíba.





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

BACIA DE JUCAZINHO 4772 KM2

A barragem de Jucazinho está situada no inicio do trecho médio da bacia do rio Capibaribe, região do Agreste Pernambcano.





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

BARRAGEM DE JUCAZINHO

O principal objetivo de sua implantação é de 15 cidades de grande e médio porte do estado, beneficiando cerca de 780.000 habitantes





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

CONSTRUÇÃO: INICIO- JUL/96 E TÉRMINO: FEV/98

Vol. Total de CCR 358.479 m3

Coroam. 299,00 Vol Total (cicópico, regularização, Face, "bedding mix" 68.271 m3).



Descarga Maxima
Normal 5446,7 m3/s



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

REGISTRO DE OCORRENCIA

UMA CHEIA DA ORDEM DE 600 m3/s COM LÂMINA D'AGUA DE 1,40 m, em 2015, CAUSOU PREOCUPAÇÃO





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

CHEIA DE 2004...

Lembramos que em fevereiro de 2004 havia ocorrido uma cheia da mesma ordem de grandeza desta de 2015





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

1 – QUEBRA DA BACIA DE DISSIPAÇÃO POR RESSALTO HIDRÁULICO, DEIXANDO EXPOSTA A FERRAGEM DA BACIA TODA RETORCIDA;





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTFICAÇÃO DE PROBLEMAS

2 – APARECIMENTO DE UMA FISSURA NO MACIÇO DA BARRAGEM, NA OMBREIRA DIREITA, NO TRECHO NÃO VERTENTE, QUE SE PROLONGAVA DE MONTANTE PARA JUSANTE E DO COROAMENTO PARA A FUNDAÇÃO;





VI Simpósio sobre Seguranças de Barrage e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTFICAÇÃO DE PROBLEMA

2 – VISTA DATRINCA NO COROAMENTO DA BARRAGEM





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTFICAÇÃO DE PROBLEMA

3 – INFILTRAÇÃO AO LONGO DE TODO O INTERIOR DA GALERIA, ATRAVÉS DAS PAREDES LATERAIS, E TETO;



PRIMEIRO VERTIMENTO DA BARRAGEM



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSERA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

DESLIZAMENTO DA ROCHA NA OMBREIRA DIREITA



Vista dos planos de fraturamento da rocha que caíram para dentro do canal do extravasor emergencial



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

4 – TRECHO DOS DEGRAUS DA OMBREIRA ESQUERDA COM BURACO NA PAREDE MONTANTE DE 0,40m ONDE EXISTIA UM DRENO DE 75mm;





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

5 – BLOCOS DE ROCHA DE 3,00M ROLARAM DA ENCOSTA PARA OS CANAIS DOS EXTRAVASORES LATERAIS DE EMERGÊNCIA



CONCLUIU-SE QUE AS FORTES VIBRAÇÕES ORIUNDAS DO IMPACTO DA LÂMINA VERTENTE CONTRA A BACIA DE DISSIPAÇÃO TENHAM PRODUZIDO ESTE EFEITO



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSERA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

6 - DEGRAUS DE JUSANTE UMEDECIDOS E DEGREDADOS.





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

7 – PRESENÇA DE VEGETAÇÃO NA OBREIRA DIREITA A JUSANTE DEVIDO A INFILTRAÇÃO





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

IDENTIFICAÇÃO DE PEROBLEMAS

8. TRINCA VERTICAL, COM EXTENSÃO DE 4,00 m E 3 mm DE ABERTURA, PRÓXIMO A TORRE DA TOMADA D'ÁGUA E A OMBREIRA DIREITA.





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragen e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

CONSENSO

DIANTE DESTES FATOS CONCLUIU-SE QUE O CONCRETO CONVENIONAL DE FACE, NO PARAMENTO DE MONTANTE, AO LONGO DE TODA A SUA EXTENSÃO OU EM PARTES LOCALIZADAS, NÃO CUMPRIA O SEU PAPEL DE IMPERMEABILIZAR O MACIGO DA BARRAGEM

EM 2015, APÓS O RESERVATÓRIO. TER BAIXADO MUITO O SEU NÍVEL DE ÁGUA, CONSTATOU-SE ATRAVÉS DE UMA INSPEÇÃO E MAIS TARDE, EM 2016, QUE O PARAMENTO DE MONTANTE ESTAVA MUITO POROSO E COM GRANDES QUANTIDADES DE FISSURAS AO LONGO DO MESMO.



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho" PROVIDENCIAS

Diante dos problemas identificados, foi contratado uma empresa de Consultoria (GEOTECHNIQUE Consultoria e Engenharia LTDA) para realização de uma vistoria emissão de Relatório dos Problemas encontrados para posterior elaboração de uma Adequação ao Projeto existente, para recuperação da Barragem de Jucazinho.

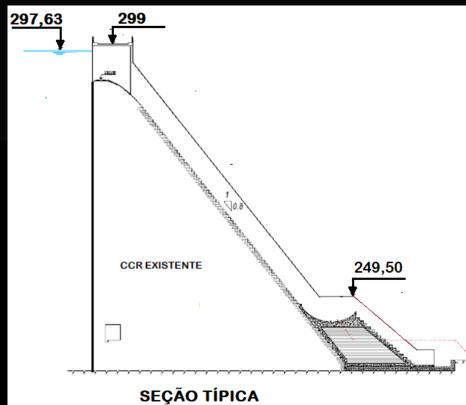


VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

SOLUÇÃO PROPOSTA

1. INCORPORAR AO EXTRAVASOR PRINCIPAL AO PÉ DA BARRAGEM UMA BACIA DE DISSIPAÇÃO TIPO SALTO DE ESQUI;





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragen e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

SOLUÇÃO PROPOSTA

IMPLANTAÇÃO DA CONCHA DE LANÇAMENTO NA BACIA DE DISSIPAÇÃO





VI Simpósio sobre Seguranças de Barragen e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

SOLUÇÃO PROPOSTA

QUANTO AO PARAMENTO DE MONTANTE, FOI FEITA A APLICAÇÃO DE ARGAMASSA POLIMÉRICA EM TODA A SUA EXTENSÃO.

ESTA SOLUÇÃO, ENTRETANTO, ESTÁ SENDO BASTANTE QUESTIONADA HAJA VISTO A VERIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÃO AO LONGO DE TODA A GALERIA QUANDO O VOLUME DE ACUMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO ESTAVA APENAS COM 6,5% DA SUA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO.

EVIDENTEMENTE ESTE PROBLEMA ESTÁ SENDO TRATADO PELO DNOCS, ÓRGÃO INDISCUTIVELMENTE COMPETENTE E MUITO EXPERIENTE NESTAS QUESTÕES DE BARRAGEM.



VI Simpósio sobre Seguranças de Barragens e riscos associados - VI SSBRA

"Recuperação da Segurança Hidraulica da Barragem Extravasora Jucazinho"

AGRADECIMENTOS

MEUS AGRADECIMENTOS A TODOS QUE COLABORARAM NA ELABORAÇÃO DESTE TRABALHO EM ESPECIAL A:

MARCOS MAGALHÃES – ENGENHEIRO DNOCS QUE CONTRIBUIU COM A ELABORAÇÃO DESTE TEXTO

NUCLEO REGIONAL DE PERNAMBUCO - CBDB