

QUALIDADE DE TORRES DE CONCRETO PARA O PARQUE EÓLICO DE CASA NOVA

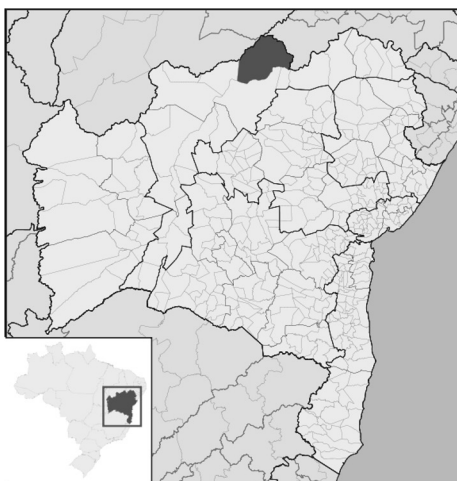
**55º CONGRESSO BRASILEIRO DO
CONCRETO - CBC2013 - 55CBC**

Autores: Alberto Jorge Coelho Tavares Cavalcanti - Chesf
Allan de Oliveira Borba - Chesf
Claudio Luiz de Carvalho - Chesf (cedido Furnas)
Marlon de Barros Cavalcanti - Chesf
Paulo Helene - PhD Engenharia
Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade - TECOMAT



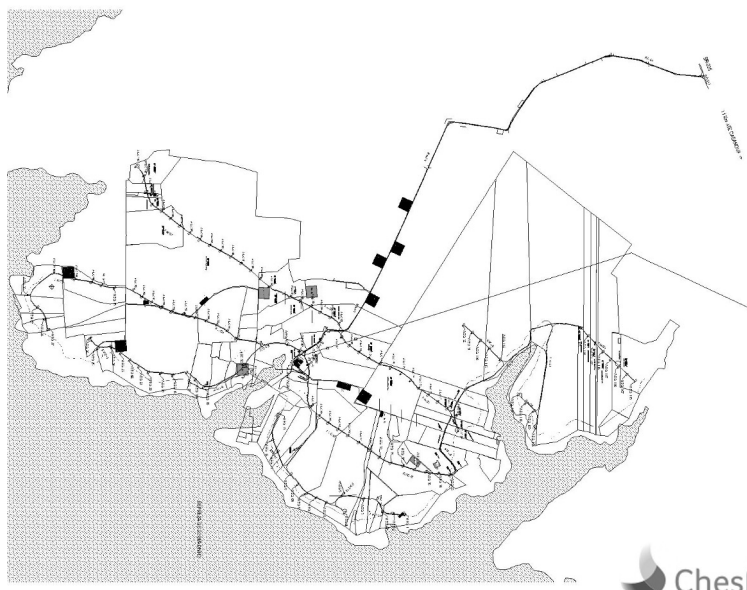
1

**PARQUE EÓLICO DE CASA NOVA - LOCALIZAÇÃO: MUNÍCIPIO DE CASA NOVA,
ESTADO DA BAHIA, AS MARGENS DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DE
SOBRADINHO
POTÊNCIA INSTALADA DE 180MW COM 120 UNIDADES DE 1,5MW**



2

LAYOUT CGE CASA NOVA



3

ESTRUTURA DA OBRA

ENGENHARIA DO PROPRIETÁRIO CHESF

- Certificação do projeto executivo das bases
- Qualidade da construção das bases
- Qualidade da construção das torres

CONSÓRCIO VENTOS DE CASA NOVA

- Torres e Aerogeradores
Wind Power Energia S.A.
- Bases de Fundação
Dois A Engenharia e
Tecnologia Ltda.
- Acessos e Plataformas
I M Comércio e
Terraplenagem Ltda.

4

BASE DE FUNDAÇÃO GEOMETRIA

SAPATA TIPO 1

Tronco de pirâmide com base inferior de 8,5m de lado e base superior de 14,5m de lado, altura de 1,3m e prisma quadrado de lado 14,5m com espessura constante de 0,5m

Volume de concreto 300m³
Peso de aço 27 ton

SAPATA TIPO 2

Tronco de pirâmide com base inferior de 10m de lado e base superior de 17m de lado, altura de 1,3m e prisma quadrado de lado 17m com espessura constante de 0,6m

Volume de concreto 420m³
Peso de aço 37,5 ton



5

SAPATA TIPO 2



6

BASE DE FUNDAÇÃO CONTROLE TÉRMICO

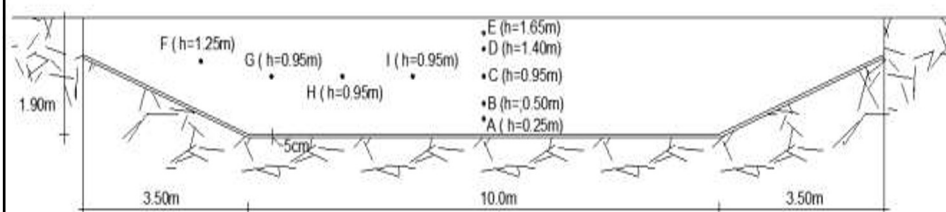
CONCRETO CLASSE C25 COM CONSUMO MÉDIO
DE CIMENTO (CP IV 32 RS) DE 305kg/m³

- Pré-refrigeração com uso de água gelada
- Lançamento do concreto a temperatura máxima de 29°C, para que as temperaturas no interior da estrutura não ultrapassem 65°C nos pontos críticos
- Adensamento do concreto por vibradores de imersão
- Espessuras de camadas de concreto limitadas a 25cm
- Pega e cura com aplicação de manta de tipo "Bidim" e aspersão de água (temperaturas ambientes alcançam 46°C)
- Monitoramento da temperatura do concreto

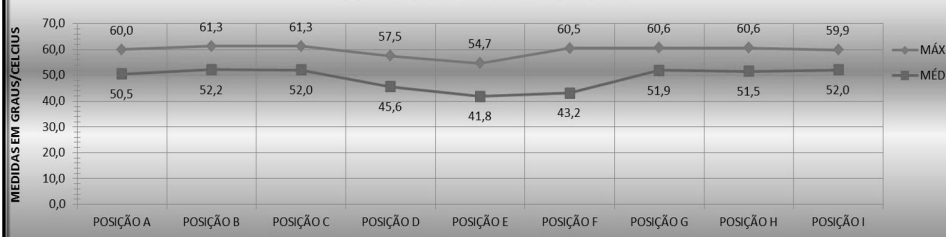


7

LOCAÇÃO DOS TERMÔMETROS E MONITORAMENTO DA TEMPERATURA



CONTROLE DE TEMPERATURA



AEG's 34; 86; 99; 100; 98; 101; 81; 33; 35; 102; 103; 108.



8

TORRE DE CONCRETO

15 ADUELAS DISTRIBUIDAS EM 5 TRAMOS DE CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL COM f_{ck} DE 50MPa (CONSUMO MÉDIO DE CIMENTO DE 520kg/m³), ARMADURA PASSIVA EM AÇO CA-50 COM Ø5MM A 25MM E ARMADURA ATIVA EM CORDOALHA DE 7 FIOS, ENGRAXADA E PLASTIFICADA CORRESPONDENTE A CP RB 190 DE Ø15,2MM



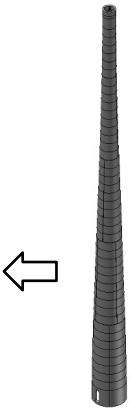
9

MONTAGEM DA TORRE

COMPOSIÇÃO

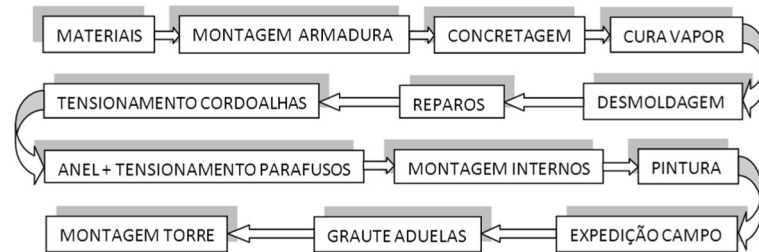
Torre com 100m de altura, onde cada aduela se liga lateralmente por armadura passiva grauteada e na base e topo por armadura passiva, parafusos protendidos e graute

VISTA



10

PROCESSO PRODUTIVO DAS ADUELAS



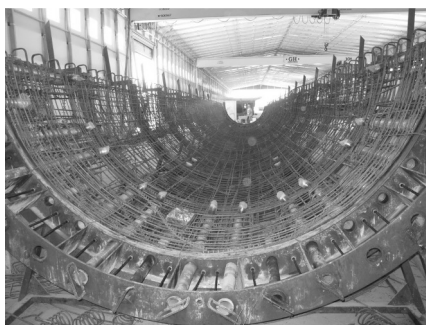
← **FÁBRICA DE TORRES
DE CONCRETO**



11

MONTAGEM DA ARMADURA

BERÇO DE MONTAGEM



TRANSPORTE AO MOLDE



12

CONCRETAGEM DA ADUELA

PRODUÇÃO NA CENTRAL



LANÇAMENTO NO MOLDE



13

TENSIONAMENTO E ANEL

CORDOALHAS



ANEL E PARAFUSOS



14

PINTURA E MONTAGEM

PINTURA



MONTAGEM



15

QUALIDADE DAS TORRES

PLANO DE INSPEÇÃO

ABNT NBR 5426 Nível geral de inspeção II e um NQA 6,5 (probabilidade de 93,5% de lote bom ser aprovado ou 6,5% de um lote ruim ser aprovado - risco adotado)

Plano de amostragem simples - normal, indica que o tamanho da amostra a ser retirada é 2 unidades a cada 15 aduelas

ITENS BÁSICOS DA INSPEÇÃO

- Certificados dos aços e cordoalhas
- Certificado do cimento e álcalis
- Verificação das armaduras
- Ensaios do concreto na central
- Controle de desmoldagem
- Controle de resistência do concreto
- Controle do recobrimento
- Controle de tensionamento
- Camada de pintura e aderência
- Rastreabilidade



16

DURABILIDADE

AAR (BASES E TORRES)

- 1) Ensaios apontam agregado inócuo
- 2) Histórico na região de AAR
- 3) Tomada de medida mitigadora
ABNT NBR 15577
Bases
Cimento CP IV 32 RS
Torres
Cimento CP V ARI RS com limitação do teor de álcalis a 3kg/m^3 de cimento

RECOBRIMENTO (TORRES)

- Vida útil de 50 anos*
- Ensaio com ferroskan
 - Ensaio de carbonatação acelerada → nula
 - Medidas in loco de carbonatação → nula
 - Ensaio de penetração de íons cloretos classificada como baixa ASTM C 1202
 - Concreto apresenta-se compacto e resistente >60MPa



17

CONCRETO DA TORRE

a/c	033-0,36
Flow	76-81cm
T600	<2s
Funil	<9s
Massa unitária	~2.4kg/m ³
Ar incorporado	1.4-1.7%

Valor de la resistencia característica f_{ck} contemplado en proyecto (Mpa) = 50

ENSAYO	FECHA DE HORNIGONADO	FECHA DE ROTURA A 3 DÍAS	ROTURA A 3 DÍAS		FECHA DE ROTURA A 7 DÍAS	ROTURA A 7 DÍAS		FECHA DE ROTURA A 28 DÍAS	ROTURA 28 DÍAS		FECHA DE ROTURA A 60 DÍAS	ROTURA A 60 DÍAS
			1ª Rotura	2ª Rotura		1ª Rotura	2ª Rotura		1ª Rotura	2ª Rotura		
T2/151	09/08/2013	12/08/2013	53,8	53,2	16/08/2013	62,9	59,9	05/09/2013	63,9	62,9		
T2/152	09/08/2013	12/08/2013	56,3	58,4	16/08/2013	65,5	69,1	05/09/2013	66	65,6		
T3/153	09/08/2013	12/08/2013	51,7	50,9	16/08/2013	57,7	56,7	05/09/2013	60,2	60,9		
T4/154	09/08/2013	12/08/2013	49,2	52,3	16/08/2013	55,5	55,3	05/09/2013	59,9	62,3		
T5/155	09/08/2013	12/08/2013	49,4	50,7	16/08/2013	57,3	55,1	05/09/2013	61,7	62,9		
T2/156	12/08/2013	15/08/2013	52	52,9	19/08/2013	57,8	56,8	09/09/2013	62,9	61,5		
T5/157	12/08/2013	15/08/2013	50,6	49,5	19/08/2013	51,4	55,7	09/09/2013	57,2	66,4		
T1/158	12/08/2013	15/08/2013	47,4	44,9	19/08/2013	52,3	54,1	09/09/2013	57,1	54,3		
T4/159	14/08/2013	17/08/2013	40,2	43,9	21/08/2013	51,3	47,2	11/09/2013	56,7	50,8		
T2/160	14/08/2013	17/08/2013	47,3	47,3	21/08/2013	53,4	54,3	11/09/2013	57,9	63,7		
T5/161	15/08/2013	18/08/2013	43,9	43,5	22/08/2013	44,9	45,6	12/09/2013	51,9	55,5		
T4/162	15/08/2013	18/08/2013	42,4	40,7	22/08/2013	48	45,9	12/09/2013	58,1	53,1		
T2/163	15/08/2013	18/08/2013	40,9	41,9	22/08/2013	47,7	46,6	12/09/2013	52,7	51		
T1/164	16/08/2013	19/08/2013	38,9	45,2	23/08/2013	42	52,1	13/09/2013	60,6	56		
T2/165	16/08/2013	19/08/2013	41,9	40,1	23/08/2013	47,8	48	13/09/2013	53,4	52,3		



18



Consórcio
VENTOS DE CASA NOVA



QUALIDADE DE TORRES DE CONCRETO PARA O PARQUE EÓLICO DE CASA NOVA

alberto@chesf.gov.br
allanb@chesf.gov.br
cluiz@chesf.gov.br
paulo.helene@concretophd.com.br
tiberio@tecomat.com.br

55CBC - IBRACON
GRAMADO/RS
NOVEMBRO/2013

