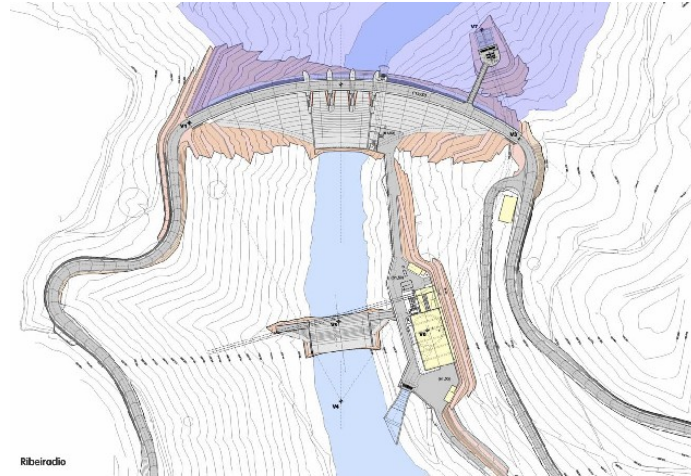




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Método de Execução de uma barragem

ANA RAQUEL PALATINO MOREIRA
Licenciada em Engenharia Civil – Pós-Bolonha

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de
Especialização em Estruturas

Orientador:

Eng.º José Carlos Carrapito Prestes (OPWAY)

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado

Vogais: Eng.º José Carlos Carrapito Prestes

Eng.º Pedro Gutierrez

Dezembro de 2012

Resumo

O presente documento diz respeito ao Trabalho Final de Mestrado, necessário para a conclusão do Mestrado em Engenharia Civil, perfil de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Para tal, foi realizado um estágio com a duração de 16 semanas, através da empresa OPWAY – Engenharia, integrado na obra pública da Barragem de Ribeiradio-Ermida.

Através deste documento tentar-se-á dar uma visão geral de quais as atividades que estão integradas na construção de uma infraestrutura como uma barragem.

Abstract

The present document refers to the Final Essay for the Master's degree, needed to obtain the Master degree in Civil Engineering, Structural specialization, of the Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. In order to do so, an internship, with the duration of 16 weeks, took place, under the supervision of the following company: OPWAY – Engenharia. This internship took place in the public work of the Ribeiradio-Ermida Dam.

Through this essay, I will try to make a brief explanation of the several activities that take place when building a dam.

Palavras-chave

Barragem de betão;
Barragem gravidade;
Blondin;
Central de betão;
Central hidroelétrica;
Ensecadeira;
Galeria de adução;
Galeria de restituição.

Keywords

Concrete dam;
Gravity dam;
Cable crane;
Concrete-mixing plant;
Hydroelectric power plant;
Caisson;
Adduction tunnel;
Restitution tunnel.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família, por me ter apoiado durante o meu percurso académico e, evidentemente, durante o processo de execução deste relatório.

À minha melhor amiga, Vera Pereira, por me ter incentivado a trabalhar e por me ter apoiado em todas as ocasiões.

A duas grandes amigas, Sofia Rocha e Adriana Alves, por me terem apoiado e ajudado durante os anos de faculdade.

Ao meu orientador, Eng.º José Carlos Prestes, por ter aceite o pedido para ser meu orientador e pelos conselhos transmitidos.

Por fim, aos quadros do ACE, nomeadamente o Eng.º Pedro Gavinhos, o Eng.º Carlos Guerra, a Eng.ª Carla Pereira, o Eng.º Luís Paulino, a Eng.ª Joana Correia, a Eng.ª Sílvia Souza, o Eng.º Pedro Silva e os Técnicos José Gonçalves, Mónica Norberto, pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrados durante a estadia na obra. À Marisa Tavares, à Joana Maia, à Suzaline Calhau, à Susana Pinto e à Tânia Vitorino por me terem ajudado a integrar no ambiente da obra.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Utilizações das barragens	1
1.2.	Tipos de barragens.....	2
1.3.	Descrição da obra	2
1.4.	Considerações sobre o Programa Nacional de Barragens	4
2.	Lista das principais atividades para a execução de uma barragem	7
2.1.	Atividades prévias à execução da obra.....	7
2.1.1.	Escolha do local da obra e definição dos projetos	7
	* Estudo de viabilidade técnico-económica.....	8
	* Avaliação de impactes ambientais	9
2.1.2.	Execução de projetos.....	10
2.1.3.	Expropriações.....	10
	* Terrenos para a barragem.....	11
	* Terrenos para as instalações provisórias	12
	* Terrenos para a escombreira	12
	* Terrenos da albufeira	13
2.2.	Acessos	13
2.2.1.	Acessos provisórios.....	14
	* Acessos às frentes de obra	15
	* Travessias provisórias do rio	15
	* Acessos às escombreiras	17
	* Acessos às instalações industriais, armazéns e instalações sociais e escritórios ...	18
2.2.2.	Acessos definitivos.....	19
	* Acesso à barragem	19
	* Acesso às zonas de operação da barragem	19

×	Restabelecimento de acessos afetados	20
2.3.	Estaleiro	20
2.3.1.	Instalações sociais e de escritórios	21
×	Portarias	21
×	Escritórios	22
×	Refeitório	22
×	Posto médico	23
×	Vestiários	23
×	Dormitórios	23
×	Instalações sanitárias.....	24
×	Redes provisórias (água, esgotos, lixos e comunicações).....	24
2.3.2.	Instalações industriais	25
×	Estaleiro e parque de cofragens	26
×	Estaleiro e parque de ferro	26
×	Parque de equipamentos mecânicos e ferramentarias.....	26
×	Parque e armazém de materiais.....	27
×	Armazenamento de produtos perigosos	27
×	Oficina.....	27
×	Depósito de combustível.....	28
×	Separador de hidrocarbonetos e poço absorvente	29
×	Zona de resíduos	29
2.3.3.	Alimentação de energia elétrica	29
2.3.4.	Captação de água.....	31
2.4.	Desvio do rio	31
2.5.	Escavação da barragem	34
2.5.1.	Levantamento topográfico.....	35
2.5.2.	Desmatação e decapagem.....	35

2.5.3.	Escavação da barragem	35
2.5.4.	Contenções	37
*	Betão projetado	37
*	Pregagens	38
2.6.	Circuito hidráulico	39
2.6.1.	Galeria de adução	40
*	Escavação	40
*	Contenção	43
*	Montagem do molde	45
*	Montagem da armadura	47
*	Execução da cofragem	49
*	Betonagem	50
*	Deslocamento da estrutura de avanço	51
*	Descofragem	51
2.6.2.	Poço geral de drenagem (poço da central)	51
*	Escavação	52
*	Viga de bordadura provisória e muros de contenção	54
*	Desmonte com recurso a explosivos	56
*	Betão de regularização	58
*	Montagem da armadura	59
*	Cofragem	60
*	Betonagem	60
*	Descofragem	61
2.6.3.	Galeria de restituição	61
*	Trabalhos preparatórios	62
*	Montagem da armadura	63
*	Cofragem	64

×	Betonagem	64
×	Descofragem	64
2.7.	Fabrico de betão.....	65
2.7.1.	Instalações	65
×	Central de betão	65
×	Laboratório.....	72
×	Blondin.....	76
2.8.	Betonagem do corpo da barragem.....	80
3.	Considerações Finais.....	83
4.	Bibliografia.....	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação 3D da barragem de Ribeiradio (Fonte: EDP)	4
Figura 2 – Representação 3D da barragem de Ermida (Fonte: EDP)	4
Figura 3 – Travessia provisória do rio Vouga.....	16
Figura 4 – 2ª fase da construção da travessia do rio Vouga.....	17
Figura 5 – Oficina	27
Figura 6 – Depósito de combustível.....	28
Figura 7 – Muro de desvio do rio.....	32
Figura 8 – Box-couverts.....	32
Figura 9 – Muro de betão da ensecadeira montante.....	33
Figura 10 – Escavação da margem direita	34
Figura 11 – Escavação da margem esquerda	35
Figura 12 – Escavação da barragem.....	36
Figura 13 – Colocação de rede malhasol para posterior projeção de betão	37
Figura 14 – Circuito hidráulico do escalão de Ribeiradio (Fonte: PTRE).....	39
Figura 15 – Esquema de sinalização	41
Figura 16 – Carregamento de escombros com pá mineira.....	42
Figura 17 – Posicionamento das cambotas (Fonte: PTRE).....	43
Figura 18 – Esquema de ligação dos perfis (Fonte: PTRE).....	44
Figura 19 – Secção do túnel depois de aplicado betão projetado.....	45
Figura 20 – Montagem do molde	46
Figura 21 – Estrutura de avanço da cofragem Fullround (Fonte: Projeto da cofragem).....	46
Figura 22 – Secção transversal da estrutura de suporte (Fonte: Projeto da cofragem)	47
Figura 23 – Secção transversal dos painéis metálicos (Fonte: Projeto da cofragem)	47
Figura 24 – Montagem das armaduras na galeria de adução	48
Figura 25 – Plataforma de trabalho tipo (Fonte: PTRE)	48
Figura 26 – Secção transversal do sistema de cofragem na posição de betonagem (Fonte: Projeto da cofragem).....	49
Figura 27 – Pormenor das juntas de betonagem (Fonte: Projeto da cofragem).....	50
Figura 28 – Representação esquemática da execução do furo piloto (Fonte: PTRE).....	52
Figura 29 – Remoção dos escombros resultantes da furação (Fonte: PTRE).....	53
Figura 30 – Proteção da boca da escavação	53
Figura 31 – Armaduras da viga de bordadura	54

Figura 32 – Viga de bordadura do poço da central	55
Figura 33 – Representação esquemática da planta de localização dos muros de contenção (Fonte: PTRE)	55
Figura 34 – Furação para o desmonte em bancada com explosivos	56
Figura 35 – Armaduras da sapata do poço da central	59
Figura 36 – Cofragem da sapata do poço de drenagem	60
Figura 37 – Galeria de restituição	61
Figura 38 – Faseamento das betonagens da galeria de restituição (Fonte: PTRE)	62
Figura 39 – Armaduras inferiores da soleira da saída da galeria de restituição	63
Figura 40 – Malha superior da soleira	63
Figura 41 – Cofragem da soleira	64
Figura 42 – Soleira em betão e armaduras das paredes	65
Figura 43 – Instalações da central de betão	66
Figura 44 – Stockagem de agregados	67
Figura 45 – Painel de comando da central de betão	67
Figura 46 – Primeira fase da viragem da base do silo (Fonte: PTRE)	71
Figura 47 – Segunda fase da viragem do silo (Fonte: PTRE)	71
Figura 48 – Exemplo de um silo (Fonte: Manual da central de betão)	72
Figura 49 – Sistema de Blondin	76
Figura 50 – Esquema tipo de Blondin (Fonte: PTRE)	77
Figura 51 – Escoramento dos carris antes da soldadura	78
Figura 52 – Torres móveis dos Blondins	78
Figura 53 – Carros de rolamentos	79
Figura 54 – Descarga do balde de betão	80
Figura 55 – Espalhamento do betão	81
Figura 56 – Sistema de vibração do betão	81

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Eficiência dos aproveitamentos hidroelétricos.....	5
Tabela 2 – Critérios de classificação e tipos de impacte.....	10
Tabela 3 – Condicionalismos Desvio do Rio.....	31
Tabela 4 – Condicionalismos da escavação da barragem.....	34
Tabela 5 - Fases de desmonte em bancada com recurso a explosivos – Cota 61,5m à 51,50m	57
Tabela 6 - Fases de desmonte com recurso a explosivos e contenções – Cota 51,5m à 33,0m58	
Tabela 7 – Listagem de ensaios exigidos.....	74

1. Introdução

O presente trabalho diz respeito ao Trabalho Final de Mestrado, necessário para a conclusão do Mestrado em Engenharia Civil, perfil de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Para tal, foi realizado um estágio, integrado na obra pública da Barragem de Ribeiradio-Ermida.

Durante o estágio, apoiado pela equipa técnica presente na referida obra, foram reunidos os dados necessários à elaboração do presente documento.

As atividades realizadas durante o estágio consistiram no acompanhamento das diferentes atividades em execução durante o tempo de permanência na obra, sendo, durante esse tempo, recolhidas as informações e fotografias necessárias à descrição das atividades feitas neste documento.

É de referir que as atividades descritas neste trabalho são apenas as que já tinham sido realizadas ou que estavam em andamento durante o tempo de permanência em obra, pelo que não estão todas as atividades necessárias à construção de uma infraestrutura como uma barragem documentadas no presente trabalho.

1.1. Utilizações das barragens

A construção de barragens não é uma atividade recente. Desde a antiguidade que os povos utilizam barreiras para a criação de reservatórios de água, com fins de irrigação, abastecimento e navegação. Contudo, atualmente a sua construção não tem só estes fins. Com o consumo cada vez maior de energia, houve necessidade de aproveitar o potencial da água retida pelas barragens como fonte de energia. Assim, as barragens passaram, também, a permitir o aproveitamento desse potencial.

É possível distinguir diversos fins para as barragens, que serão apresentados seguidamente:

- Navegabilidade dos rios;
- Abastecimento de populações e indústrias;
- Aproveitamento hidroelétrico;
- Controlo de cheias

1.2. Tipos de barragens

As barragens podem ser classificadas segundo o material em que são construídas (betão, aterro ou alvenaria), as suas dimensões (pequenas ou grandes barragens), a sua forma estrutural (gravidade, arco ou contrafortes), a sua capacidade de armazenamento ou em função dos danos que poderão provocar (classe I, classe II ou classe III).

Tendo em conta estes critérios, é possível distinguir os seguintes tipos de barragens:

- Barragens de betão:
 - Barragens de gravidade;
 - Barragens de contrafortes;
 - Barragens em arco (simples ou múltiplo);
 - Barragens arco-gravidade.
- Barragens em aterro:
 - Barragens homogéneas;
 - Barragens zonadas.
- Barragens de alvenaria:
 - Barragens de gravidade;
 - Barragens de contrafortes;
 - Barragens em arco.

1.3. Descrição da obra

O aproveitamento hidrelétrico de Ribeiradio - Ermida terá como finalidade principal a produção de energia hidrelétrica, com uma potência total instalada de 77MW e uma produção anual média de 134 GWh e garantirá ainda os volumes necessários para o abastecimento público, industrial e rega, tanto a jusante do aproveitamento como a partir das albufeiras que serão criadas.

Traduzindo estes dados para conceitos mais correntes, têm-se os seguintes dados:

- Habitações equivalente: Admitindo um consumo médio mensal de 60€, a habitação consome aproximadamente 460 KWh. Deste modo, tem-se que a produção da barragem permite abastecer 24.275 habitações ($134E6 \text{ KWh} / (460 \text{ KWh} * 12 \text{ meses}) = 24.275$);
- Pessoas equivalente **consumo doméstico**: Tendo em conta a produção anual média da barragem e que o consumo per capita no sector doméstico em 2010 era de 1.369 KWh

(fonte: Pordata), a barragem produz energia suficiente para as necessidades de 97.882 pessoas, ou seja, 0,9% da população portuguesa ($134E6 \text{ KWh} / 1.369 \text{ KWh} = 97.882$);

- Pessoas equivalente **consumo total**: Tomando agora o valor da produção anual média da barragem e o valor de 4.773 KWh para o consumo total per capita em 2010 (fonte: Pordata), tem-se que a produção da barragem é suficiente para abastecer 28.075 pessoas, ou seja, 0,26% da população nacional ($134E6 \text{ KWh} / 4.773 \text{ KWh} = 28.075$);

O escalão de Ribeiradio compreende uma barragem de betão, de perfil gravidade, com 74 m de altura máxima e um desenvolvimento de 262 m.

O escalão de Ermida, localizado cerca de 4 km a jusante de Ribeiradio, compreende uma barragem de betão, de perfil gravidade, com 30 m de altura máxima e um desenvolvimento retilíneo de 175 m.

Os acessos à barragem de Ribeiradio terão um comprimento total de 1340 m pela margem direita e 1000 m pela margem esquerda, com traçado em montanha e inclinações médias de 10%.

Na margem direita da barragem de Ermida será executado o restabelecimento de 2350 metros da estrada EM569, incluindo a construção de uma ponte sobre a ribeira da Salgueira.

Principais Quantidades de Trabalho:

- Volume de betão das barragens - 370.000 m³
- Área de cofragem - 185 000 m²
- Aço em varão - 7.700.Ton
- Escavação - 575.000 m³
- Betão projetado - 4.000 m³
- Pregagens passivas - 46.000 m
- Ancoragens ativas - 40.000 m
- Execução de túnel – 400 m (integrando uma central em poço)

O valor base da empreitada é de 88,4 milhões de € e o adjudicatário é o ACE liderado pela OPWAY, mas com a participação das empresas FCC e RRC.

O prazo de construção é de 44 Meses tendo a obra sido consignada em Julho de 2010.

Com base nos elementos de projeto podem ser retiradas as seguintes representações das duas barragens:

- Ribeiradio:



Figura 1 – Representação 3D da barragem de Ribeiradio (Fonte: EDP)

- Ermida:

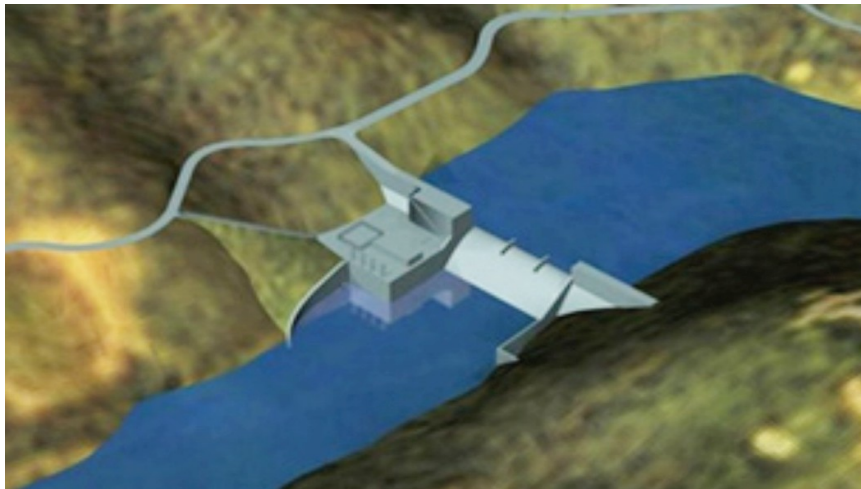


Figura 2 – Representação 3D da barragem de Ermida (Fonte: EDP)

1.4. Considerações sobre o Programa Nacional de Barragens

Para complementar a sua produção energética, foi criado um programa de barragens, no qual se prevê a construção de 6 novas barragens e o reforço de potência de 6 barragens já existentes.

Este programa tem como principal objetivo diminuir a dependência energética de Portugal, recorrendo, para o fazer, a um aumento do aproveitamento hidrológico para 70% das capacidades nacionais.

Este programa traz alguns proveitos às populações locais, entre os quais:

- Aumento do desenvolvimento rural, através da elaboração de parcerias com empresas locais, criando, deste modo, novos postos de emprego e do fomento da sustentabilidade dos negócios locais para além da fase de Aproveitamentos Hidroelétricos;
- Aproximação das comunidades, através da criação de redes de contactos e da aproximação de entidades e organizações regionais para mapeamento de potenciais contactos;
- Promoção de iniciativas inovadoras por parte da Fundação EDP, nas áreas do Empreendedorismo, Cultura, Ciência & Educação e Solidariedade.

Seguidamente apresenta-se um pequeno quadro resumo com as informações referentes às barragens e reforços de potência que fazem parte deste programa da EDP.

EFICIÊNCIA DOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉTRICOS						
Nome	Tipo	Invest. Previsto (M€)	Prod. Média Anual (GWh)	Rel. Eficiência	Receita Anual (M€)	"Pay back" (anos)
Baixo Sabor	B	491,00	444,00	0,90	55,50	8,8
Ribeiradio-Ermida	B	171,00	134,00	0,78	16,75	10,2
Foz Tua	B	293,00	585,00	2,00	73,13	4,0
Fridão	B	262,00	295,00	1,13	36,88	7,1
Alvito	B	356,00	369,00	1,04	46,13	7,7
Carvão-Ribeira	B	333,00	860,00	2,58	107,50	3,1
Picote II	RP	149,00	239,00	1,60	29,88	5,0
Bemposta II	RP	134,00	134,00	1,00	16,75	8,0
Alqueva II	RP	171,00	381,00	2,23	47,63	3,6
Venda Nova III	RP	295,00	1273,00	4,32	159,13	1,9
Salamonde II	RP	201,00	274,00	1,36	34,25	5,9
Paradela II	RP	274,00	616,00	2,25	77,00	3,6

Tabela 1 – Eficiência dos aproveitamentos hidroelétricos

2. Lista das principais atividades para a execução de uma barragem

2.1. Atividades prévias à execução da obra

Antes do início da execução da obra há que passar por diversos passos. Estas fases englobam a definição de projetos e os estudos que determinam a viabilidade ou não de um empreendimento. Seguidamente far-se-á uma pequena explicitação dessas fases.

2.1.1. Escolha do local da obra e definição dos projetos

A escolha do local de implantação de uma obra é um fator importante e que condiciona a sua construção e exploração. Sendo uma barragem uma obra de grande envergadura e de grande importância, esta escolha torna-se muito mais importante, já que o local de implantação irá influenciar as características geométricas (quanto mais estreito o vale menor o desenvolvimento da barragem), os tipos de soluções adotar (nomeadamente qual o tipo de barragem a escolher e qual a configuração dos seus órgãos) entre outros.

Desta forma, há diversos fatores a ter em conta aquando dessa escolha, que se podem englobar em 4 grupos:

- Geologia;
- Topografia;
- Hidrologia e hidráulica;
- Ambiente.

A geologia influencia grandemente a localização de uma barragem, já que os esforços induzidos no corpo (de betão) da barragem serão em grande parte transmitidos ao terreno de fundação e das margens. Assim, é de grande importância que estes terrenos tenham grande capacidade resistente, face às cargas muito elevadas que terão de suportar.

A influência da topografia na escolha prende-se com a necessidade de armazenar o maior volume possível de água no local escolhido. O local da albufeira deverá ser largo e de baixo declive, de modo a permitir que seja armazenada a maior quantidade de água possível, já que a extensão da albufeira será maior.

Quanto às condições hidrológicas e hidráulicas, a localização do empreendimento deve ser escolhido de forma a que seja implantado numa bacia hidrográfica cujas características, nomeadamente a precipitação conjugada com a área bacia, sejam favoráveis ao funcionamento e exploração do aproveitamento.

As barragens, por criarem grandes reservatórios artificiais de água e por alterarem as características dos rios, têm impactos significativos no ambiente. Assim, há necessidade de estudar esses impactos, de maneira a escolher o local de implantação que conduz a menores alterações e agressões ao ambiente.

✕ *Estudo de viabilidade técnico-económica*

Antes de se iniciar a construção de um empreendimento de grande importância como uma barragem, é necessário verificar que a barragem, no local onde vai ser construída, é viável, ou seja, se é possível efetuar a sua construção no local pretendido e se será economicamente vantajoso construí-la nesse local. Assim, são efetuados diversos estudos que têm em conta esses parâmetros e que determinam se a construção da barragem avança ou se terá de ser encontrada outra solução.

O estudo de viabilidade técnica analisa diversas características da solução apresentada, verificando a sua adequabilidade às condicionantes presentes. Algumas destas características são:

- Permeabilidade (os terrenos do maciço de fundação e de encaixe da barragem devem ter características tais que impeçam a passagem de água através de fissuras ou mesmo através do próprio solo, de modo a que esta não se infiltre através desses locais, podendo criar problemas de resistência);
- Estabilidade estrutural (tendo em conta os esforços muito elevados que serão impostos à barragem que, por sua vez, os transmitirá ao terreno onde assenta, há necessidade de avaliar a resistência dos terrenos onde a barragem será fundada para saber se estes não irão entrar em rotura quando solicitadas);
- Resistência ao corte (neste parâmetro é avaliada a capacidade de resistência ao corte dos terrenos. Esta avaliação permite prever em que casos se dará a rotura ou deformação do terreno)

Quanto ao estudo económico, é essencial determinar se a barragem terá viabilidade económica depois de ser construída. Deste modo, é necessário fazer uma análise custo-benefício. Esta análise pretende comparar vantagens e desvantagens da construção da barragem, sendo utilizada para identificar, quantificar e analisar fatores que têm de ser considerados quando se trata de determinar a viabilidade de uma infraestrutura no setor público.

Deste modo, há necessidade de, primeiro, saber quais os aspetos a verificar (por exemplo: custo de produção de energia vs. custo de venda). Em seguida, há que verificar todos os aspetos definidos inicialmente e compara-los.

Só tendo todos os aspetos em conta é possível determinar se o investimento a ser feito na construção da barragem terá retorno e quanto tempo demorará até que ele esteja completamente compensado.

✘ *Avaliação de impactes ambientais*

A construção de uma estrutura como uma barragem provoca grandes modificações no meio envolvente. Por imposição legal, tem de ser feita a avaliação e o estudo desses impactes de modo a determinar quais as medidas a aplicar, por parte do dono de obra, para que se possam compensar os efeitos causados no meio ambiente. Este estudo é efetuado pelo dono de obra, sendo obrigatória a sua entrega à APA (Agência Portuguesa do Ambiente) para aprovação. Após a sua entrega na APA e passado o período de consulta pública, é emitido um documento, a DIA (Declaração de Impacte Ambiental), que confere a aprovação das medidas apresentadas.

Num estudo de impacte ambiental existem diversos critérios de classificação de impactes que devem ser considerados. Seguidamente apresenta-se uma tabela com os critérios de classificação e respetivos impactes.

CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO	TIPO DE IMPACTE
Incidência	Direta ou indireta
Sinal	Positivo, nulo ou negativo
Importância	Muito significativo, pouco significativo ou irrelevante
Magnitude	Muito elevada, elevada, moderada ou reduzida
Probabilidade	Alta, média, baixa ou desconhecida
Duração	Permanente ou temporário

Dimensão temporal	Longo prazo, médio prazo ou imediato
Reversibilidade	Reversível ou irreversível
Dimensão espacial	Adjacente, local, regional, nacional, transfronteiriço ou global
Cumulatividade	Simples ou múltiplos

Tabela 2 – Critérios de classificação e tipos de impacte

Tendo estes critérios em conta, é possível, depois de efetuado o estudo a todas as atividades que são necessárias à construção de uma estrutura como uma barragem e de todas as consequências que a sua exploração irá ter, determinar todas as medidas de mitigação (medidas que se destinam a evitar, reduzir ou compensar os impactes negativos mais importantes) que será necessário aplicar.

2.1.2. Execução de projetos

A fase de execução dos projetos é uma fase de vital importância no desenvolvimento de um empreendimento, uma vez que é com base nestes documentos que são realizadas todas as atividades. Deste modo, há que ter um especial cuidado na sua conceção, uma vez que falhas nos projetos podem levar a atrasos na obra ou outros problemas.

De entre os diversos projetos a executar, podem referir-se os seguintes, por serem os de maior relevância:

- Projeto de acessos e sinalização;
- Projeto de escavações;
- Projeto de estabilidade da barragem;

2.1.3. Expropriações

O processo de expropriação envolve duas fases distintas: a fase de elaboração do projeto de expropriações (referida no subcapítulo anterior) e a fase de condução do processo de expropriação.

Esta última inicia-se com a emissão da Declaração de Utilidade Pública, por parte da entidade interessada (entidade expropriante), que é sujeita a aprovação.

Uma vez aprovada esta declaração, é realizada a Vistoria *ad perpetuam rei memoriam*, com o intuito de registar, para memória futura, as condições em que o bem que irá ser expropriado antes de a sua posse ser transmitida para a entidade expropriante.

Depois desta vistoria, são analisados os dados recolhidos e é feita uma proposta à pessoa ou entidade que irá ser expropriada. Caso a proposta seja aceite, procede-se com o processo de expropriação (expropriação amigável). Se, no entanto, a proposta não for aceite e se, depois de se tentar chegar a um acordo, não houver cedência por parte do expropriado, avança-se com o processo de expropriação litigiosa.

Este processo envolve a nomeação de uma equipa de árbitros (peritos) por parte do Tribunal da Relação, que irão calcular o valor que acham justo para a indemnização do expropriado.

✦ *Terrenos para a barragem*

Os terrenos para a barragem têm de possuir características muito específicas, que lhes permitam suportar com segurança as cargas transmitidas pelo corpo da barragem e, simultaneamente, que possam garantir a estanquicidade da albufeira.

Com recurso a estudos geológicos, determina-se qual o local mais apropriado para a implantação da barragem, sendo que, para além do corpo da barragem, há que ter em conta os terrenos para o circuito hidráulico (torre de tomada de água, galeria de adução, poço e galeria de restituição), os terrenos para os edifícios da central e os terrenos para as estruturas de dissipação de energia (bacias de dissipação).

Tendo em atenção as dimensões das estruturas a serem construídas, procede-se à expropriação dos terrenos previamente selecionados, sem esquecer as áreas mais significativas, que correspondem aos terrenos que vão ser inundados com a subida das águas.

✘ *Terrenos para as instalações provisórias*

Para a realização de qualquer obra há necessidade de instalar infraestruturas de apoio às operações a realizar. Deste modo, há necessidade de prever espaços que acomodem essas infraestruturas.

Para uma obra com a dimensão de uma barragem, há que ter em conta que tanto o volume de trabalhadores como o de materiais e equipamentos é muito superior ao da maioria das obras, pelo que, no dimensionamento dos espaços como o refeitório, os vestiários, os armazéns, os parques de equipamentos, etc., é necessário considerar uma maior área de utilização.

Para além dos espaços do estaleiro social e do estaleiro de apoio, é necessário, também, ter em conta a necessidade de instalar em obra infraestruturas industriais como centrais de betão, Blondins ou gruas e é, também, necessário prever as áreas necessárias para as instalar.

Deste modo, deve existir a preocupação de quantificar o melhor possível todo o espaço a ser utilizado para estas instalações e quais os locais onde elas vão ser implantadas, de modo o que, quando as expropriações forem feitas, seja obtido todo o espaço que é necessário ocupar provisoriamente durante o decorrer da obra.

Há, então, que definir à partida um projeto de estaleiro social e de apoio, os escritórios para as várias entidades intervenientes e as instalações industriais, por exemplo para o fabrico e transporte do betão.

✘ *Terrenos para a escombreira*

As escombreiras são terrenos onde se depositam os produtos resultantes das escavações da obra que não sejam incorporados na sua construção. A escolha do local de uma escombreira deve ter em conta diversos fatores, não só de cariz económico mas também ambiental. Deste modo, é possível enumerar, de entre outros, os seguintes fatores a ter em conta na escolha do local de uma escombreira:

- A distância entre os terrenos da escombreira e o local de onde são extraídos os materiais a depositar, já que o custo do transporte afeta o custo total da operação;

- A capacidade total de armazenamento do terreno face ao volume total de material que se espera vir a produzir;
- Os impactes ambientais que a deposição de materiais poderá provocar nos terrenos escolhidos e na sua envolvente.

Desta forma, é essencial que se escolha cuidadosamente o local onde se irão situar as escombreyras, de modo a que só se façam as expropriações que sejam mesmo necessárias.

Habitualmente, as escombreyras localizam-se em terrenos que vão ficar submersos depois do fecho da barragem.

✕ *Terrenos da albufeira*

Uma albufeira é um lago artificial, criado devido à construção de um obstáculo (neste caso o corpo da barragem) no leito de um rio. Esse obstáculo, impedindo a passagem livre da água, causa uma acumulação de água no lado montante da barragem, que desencadeia a formação de um lago.

Deste modo, a construção de uma barragem dá sempre origem a uma albufeira, que ocupa terrenos que pertencem a particulares.

Tendo isto em conta e tal como referido, é necessário fixar a cota máxima da água da albufeira em função da cota do descarregador de cheia, de modo a que se expropiem os terrenos que se encontram abaixo dessa cota e que, por isso, vão ficar submersos.

2.2. *Acessos*

A construção de acessos é de grande importância para qualquer empreendimento uma vez que estes não só permitem o acesso dos utilizadores das infraestruturas construídas a estas a partir do início da sua utilização (acessos definitivos) como também permitem a circulação e acesso a frentes de obra durante o tempo de construção dessas mesmas infraestruturas (acessos provisórios).

Antes de se iniciar a fase de definição dos acessos e respetivos projetos, há que realizar estudos geológicos e geotécnicos. Estes permitem conhecer os terrenos onde se vão criar os acessos, de modo a que as soluções adotadas sejam as mais adequadas às condições do local.

Para a construção de quaisquer acessos existem diversos fatores a ter em conta, como por exemplo:

- Número e tipo de veículos que vão circular;
- Declive dos acessos;
- Drenagem das plataformas;
- Raios de curvatura;
- Etc.

Tendo em conta os fatores acima citados, procede-se à definição dos traçados dos acessos e seu respetivo cálculo, sendo, depois, esta informação aglomerada num projeto: o projeto de execução dos acessos. Para além dos traçados e das características dos acessos, este projeto deve também fornecer informações acerca dos trabalhos de terraplanagem, drenagens e, caso se verifique que existe essa necessidade, contenções (como, por exemplo: pregagens ou betão projetados, muros de suporte, etc.).

Para além dos cuidados a ter na construção dos acessos, há, também, que ter alguns cuidados na manutenção destes caminhos ao longo do empreendimento, como sejam:

- Regularização e compactação dos caminhos de circulação, de forma a que tenham capacidade portante necessária sem sofrerem deformações excessivas;
- Rega dos caminhos de terra batida em tempo seco, de modo a que a circulação de veículos não cause o levantamento de pó que pode prejudicar as condições de visibilidade;
- Etc.

2.2.1. Acessos provisórios

Tal como o nome indica, os acessos provisórios são estruturas de carácter temporário que permitem a circulação de equipamentos e pessoas tanto no estaleiro como na obra. Estes acessos são realizados com o objetivo de permitir que tanto pessoas como equipamentos possam chegar às frentes de obra e circular em segurança pelo estaleiro.

Um fator muito importante a ter em conta na execução destes acessos é que, durante a sua construção, deve existir sempre uma forma de os camiões e/ou dumpers terem acesso à

escombreira, seja para transporte dos materiais retirados durante a escavação seja para irem à escombreira recolher material para aterro (caso nela exista material com as características requeridas para o aterro). Assim, há necessidade de executar um plano de escavações, de modo a coordenar todas as escavações necessárias de forma a que estas não interfiram no acesso à escombreira e a outros locais chave da obra durante a execução dos acessos.

Dentro destes acessos e para a barragem em estudo irão distinguir-se quatro tipos de acessos, cada um com sua finalidade.

** Acessos às frentes de obra*

Tendo em conta a dimensão da obra, há necessidade de prever a criação de acessos a diversas frentes de obra, que permitam que os veículos e equipamentos possam chegar aos locais de trabalho.

Dada a natureza da área onde está a ser implantada a barragem (nomeadamente os declives elevados dos terrenos), é necessário ter em atenção as inclinações e escolher os percursos que permitem vencer as distâncias necessárias sem comprometer a segurança dos utilizadores destes acessos.

Desta forma, é necessário recorrer a acessos com maiores desenvolvimentos e menores inclinações, que liguem frentes de trabalho recorrendo a patamares.

Dadas as características mais adversas deste tipo de acessos, é necessário garantir que o pavimento proporciona condições de aderência suficientes para permitir a deslocação dos veículos e equipamentos e que suporta os esforços de tração que lhe são impostos.

Um outro fator a ter em conta quando se determina quais os traçados dos acessos às frentes de obra são os raios de curvatura. É importante que estes não sejam demasiado pequenos, o que não só dificulta as manobras e obriga a uma diminuição da velocidade de circulação, dificulta ainda mais a visibilidade nestes acessos.

** Travessias provisórias do rio*

Tendo em conta que é necessário realizar trabalhos tanto na margem direita como na margem esquerda do rio Vouga, existe a necessidade de construir estruturas provisórias que permitam o atravessamento do rio. Assim, é necessário que sejam concebidas travessias,

neste caso em betão e com 12 condutas (10 ϕ 2400 e 2 ϕ 1200) de PRFV (Polietileno Reforçado de Fibra de Vidro), que permitem o trânsito de veículos e máquinas e a passagem da água.

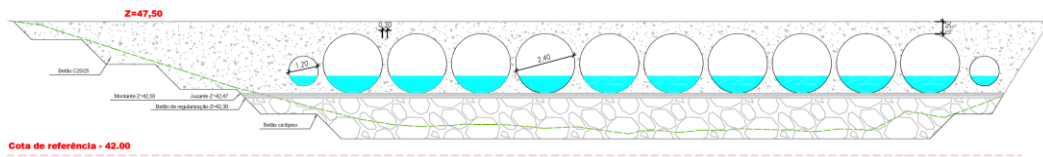


Figura 3 – Travessia provisória do rio Vouga (Fonte: PTRE)

Seguidamente apresenta-se uma pequena explicação do faseamento construtivo desta estrutura:

➤ Desvio do rio

A opção adotada para desviar o rio para a execução da travessia foi a de fazer uma vala adjacente ao leito do rio, por onde foi encaminhada a água de modo a se poderem executar os trabalhos necessários.

Para impedir que a água passe para a zona onde vai ser implantada a travessia, constroem-se ensecadeiras provisórias, que servem de barreira à água.

➤ Limpeza do leito

Antes de se iniciar a colocação de betão e das condutas há necessidade de proceder à limpeza do leito do rio. Tal consiste na remoção do material solto que se encontra no local.

➤ Regularização do leito

A regularização do leito do rio consiste na deposição de uma camada de betão (neste caso betão ciclópico) de modo a formar uma plataforma onde se possa fundar a estrutura da travessia.

➤ Assentamento das condutas

Depois de colocada uma camada de betão de regularização, colocam-se as condutas nas posições previstas no projeto.

➤ Colocação de armadura e cofragem

Uma vez assentadas as condutas, procede-se à colocação de malhasol para reforçar a estrutura de betão e, seguidamente, colocam-se as cofragens da travessia.

➤ Betonagem

Depois de cofrada, a estrutura é betonada. O betão envolve as armaduras de malhasol e as condutas de PRFV.

As etapas de assentamento das condutas, colocação de armaduras e cofragem e betonagem são executadas em 2 fases.



Figura 4 – 2ª fase da construção da travessia do rio Vouga

✘ *Acessos às escombreyras*

Os acessos às escombreyras são utilizados, principalmente, por camiões e dumpers que a elas se dirigem para efetuar cargas ou descargas de materiais. Assim, são acessos com elevado desgaste e grandemente solicitados por cargas móveis.

Há, então, necessidade de tratar o pavimento desses acessos de modo a que possam suportar o desgaste que vão sofrer durante o tempo que vão ser utilizados.

Deve ter-se, também, em atenção que estes acessos devem garantir condições de aderência suficientes para que os veículos, que circulam a velocidades baixas, se possam deslocar com facilidade.

✘ *Acessos às instalações industriais, armazéns e instalações sociais e escritórios*

Para permitir o acesso aos locais de armazenamento de materiais e equipamentos, às instalações sociais, etc. é necessário prever caminhos de circulação, que façam a ligação entre estes locais. Deste modo, é importante definir diversos caminhos que permitam essa ligação.

Para a obra em questão, as instalações dos escritórios estão localizadas perto de uma das portarias, junto a uma via de circulação já existem, pelo que o acesso a elas é feito fazendo a ligação do local onde os escritórios estão situados e essa via.

Para o acesso às instalações sociais, é necessário ter em conta o número de trabalhadores que as vão utilizar, de modo a que possam permitir uma circulação fácil e rápida entre estes locais e as restantes instalações. Pode prever-se, para o caso de instalações como dormitórios, refeitório e vestiários, espaço para permitir o estacionamento de veículos.

O acesso aos armazéns deve ser feito de modo a que permita a paragem de veículos junto dos locais de armazenamento (para carga ou descarga de materiais e/ou equipamentos). Este espaço deve estar desimpedido de modo a permitir a fácil deslocação dos seus utilizadores.

No caso dos acessos às instalações industriais, estes devem estar pensados de tal forma que, para além de permitirem a deslocação de veículos, especialmente pesados (para transporte, nomeadamente, de agregados, cimento e cinzas), sem grande dificuldade (evitando raios de curvatura muito pequenos ou inclinações muito acentuadas), permitam as manobras dos veículos que os utilizam.

Todos estes acessos devem ser executados de modo a que consigam resistir às cargas aplicadas durante o movimento dos veículos e a proporcionar aderência a esses mesmos veículos, de modo a facilitar a sua deslocação.

2.2.2. *Acessos definitivos*

Estes acessos são estruturas que, apesar de serem utilizados durante o tempo de construção da obra, se destinam a perdurarem e a continuarem em serviço mesmo depois de a etapa de construção se findar.

O seu dimensionamento deve ter em conta não só o uso que vão ter durante a fase de construção do empreendimento mas também a utilização que irão ter quando o empreendimento entrar em serviço.

Para o caso da obra em estudo podem distinguir-se 3 tipos de acessos definitivos, que irão, seguidamente, ser descritos.

✦ *Acesso à barragem*

O corpo da barragem constitui uma barreira física, colocada sobre o leito do rio, que impede a passagem da água. Assim sendo, pode ser utilizada como travessia do rio. Desta forma, e caso se verifique esse uso do coroamento da barragem, este deve ser dimensionado de modo a que possa acomodar vias de circulação com condições de segurança para os seus utilizadores.

Para permitir o atravessamento do rio por cima da barragem, há que preparar o coroamento para receber todas as infraestruturas (redes de drenagem, cabos elétricos, etc.) que necessitam de ser instaladas para o bom funcionamento das vias de circulação.

Há, também, que projetar duas vias de acesso, nas margens esquerda e direita do rio, que se ligam entre si exatamente sobre o coroamento da barragem.

É, também, necessário verificar se, dado o tipo de tráfego que se prevê que circule mais naquele local, deverão existir, ou não, restrições à circulação, seja limitando o acesso de determinados veículos (nomeadamente pesados) a algumas horas do dia ou limitando a velocidade de circulação.

✦ *Acesso às zonas de operação da barragem*

Para além da estrutura que suporta o impulso das águas e que forma uma barreira física no leito do rio, uma barragem é também constituída por um conjunto de estruturas,

edifícios ou outro tipo de infraestruturas, onde se localizam os equipamentos de operação da barragem.

Para que as pessoas responsáveis por operar esses sistemas possam ter acesso ao seu local de trabalho, é necessário prever acessos que permitam essa deslocação.

Tendo tal facto em conta, deve ter-se em atenção que estes acessos devem possuir características (raios de curvatura, inclinações, etc.) que permitam a circulação de qualquer tipo de veículo que precise de aceder a estes locais, nomeadamente devido à necessidade de manutenção e, até, eventual substituição de equipamentos.

✕ *Restabelecimento de acessos afetados*

Tomando em atenção a cota de cheia da albufeira, deve verificar-se a existência de acessos inundados com a subida do nível da água. Caso esses acessos existam, é necessário proceder ao seu restabelecimento, a cotas superiores, garantindo, no mínimo, as mesmas condições de circulação que existiam no antigo acesso. É, também, habitual a definição de um caminho ao longo dos limites da albufeira.

É, também, necessário verificar se nenhuma das estruturas provisórias necessárias ao funcionamento da obra, sejam acessos provisórios ou mesmo infraestruturas, interceda caminhos de acesso a propriedades que não são expropriadas. Caso tal se verifique, deve garantir-se que os proprietários desses terrenos possuem uma forma de aceder a eles.

2.3. Estaleiro

Para se proceder à construção de qualquer empreendimento, há que possuir estruturas que apoiem essa construção, seja a nível de escritórios e instalações sociais como a nível de armazenamento de equipamentos e materiais.

Assim, há necessidade de prever a criação destas infraestruturas, elaborando, para tal, um projeto específico para esse fim, designado por projeto de estaleiro.

Para proceder à montagem destas instalações, há que ter em conta os condicionalismos do local da obra, como seja a topografia, os tipos de solos, os acessos, a existência ou não de redes de água, esgotos e eletricidade nas proximidades, etc.

Desta forma, antes de se iniciar qualquer ação de montagem de instalações, há que estudar estes fatores, de modo a encontrar as melhores soluções possíveis para cada situação.

Em anexo (Anexo I) é apresentada a planta de estaleiro, com os respetivos acessos.

2.3.1. Instalações sociais e de escritórios

As instalações sociais e de escritórios são utilizadas com funções administrativas e como apoio à direção de obra e sistemas de qualidade, segurança e ambiente.

Em paralelo, há também que garantir as instalações para o Dono de Obra e para a Fiscalização.

Estas instalações têm de ser equipadas com material de escritório (secretárias e cadeiras, armários e estantes), com redes de abastecimento de água, esgotos, eletricidade e comunicações e com instalações sanitárias.

Um outro ponto a ter em conta é o estacionamento. Caso seja possível criar as condições para existir estacionamento para os veículos dos utilizadores destas instalações, de forma a proporcionar melhores condições a esses mesmos utilizadores. Para tal, há que estimar o número de utilizadores diário destas infraestruturas, de forma a poder fazer uma ideia de qual a área espectável a ser ocupada para estacionamento.

✕ Portarias

As portarias devem ser instaladas em todas as entradas/saídas da obra, de modo a que se possa não só fazer a vigilância da mesma como também controlar quem entra e sai do local.

Estas instalações estão equipadas com um sistema de cancelas operado por um vigilante ou pela pessoa responsável pela portaria.

Aquando da entrada na obra, depois das formações de acolhimento, é atribuído um número de obra a cada trabalhador, que serve para o identificar.

O registo das entradas e saídas é feito através do preenchimento de grelhas com os números de cada trabalhador, nas quais é registada a hora de entrada e saída da obra.

✘ *Escritórios*

Os escritórios destinam-se a serem usados tanto pelo pessoal técnico (diretores de obra, engenheiros, técnicos, topógrafos, geólogos, etc.) como pelo pessoal administrativo. Assim, é necessário ter em conta qual o número de pessoas que é expectável utilizarem estas instalações.

Os escritórios estão localizados junto à entrada do estaleiro. São constituídos por módulos pré-fabricados, que possuem sanitários no seu interior, ar condicionado e iluminação adequada.

Estas instalações estão divididas por três entidades: direção de obra, fiscalização e empreiteiro.

✘ *Refeitório*

As instalações do refeitório devem ter as condições necessárias para o uso a que se destinam e ser dimensionadas tendo em conta o número de trabalhadores que se espera que irão utilizar esse espaço.

O refeitório é constituído por uma cozinha, uma sala de refeições geral, uma pequena sala de refeições para o corpo técnico e instalações sanitárias. Existem dois espaços distintos nas instalações do refeitório: a zona de preparação de refeições e a zona destinada ao pessoal que tome refeições pré-preparadas.

Os materiais que constituem a cozinha (pavimentos e paredes) devem ser laváveis e a cozinha deve ter ligação à água e esgotos e ter zonas de lavagem. As botijas de gás estão instaladas num compartimento devidamente fechado, ventilado e sinalizado, localizado no exterior do refeitório.

Nas proximidades do refeitório está instalado um separador de gorduras, num local a montante da ETAR, o qual servirá de recetor de todos os efluentes líquidos resultantes da atividade do refeitório.

✘ *Posto médico*

As instalações do posto médico localizam-se perto do estaleiro social e devem ter as condições adequadas ao uso a que se destinam, tanto em termos de funcionalidade como de higiene.

O posto médico deve estar munido de telefone e dos equipamentos necessários à prestação de serviços de enfermagem.

✘ *Vestiários*

Para que os trabalhadores possam trocar de roupa, guardar os seus pertences e colocar os seus equipamentos de proteção, há que prever a instalação de um vestiário. Este espaço deve estar equipado com cabides e bancos e cacifos, de modo a proporcionar as condições necessárias ao fim a que se destina.

✘ *Dormitórios*

A instalação de dormitórios num estaleiro é justificada quando, na obra, existe um grande número de trabalhadores deslocados (fora da zona de residência) e quando esta instalação é economicamente viável.

Estas instalações devem ser colocadas em local que permita o descanso dos seus utilizadores. Do ponto de vista construtivo, devem possuir condições de impermeabilidade e isolamento térmico e acústico que ofereça conforto aos utilizadores. O revestimento dos pavimentos deve ser feito com materiais facilmente laváveis e a iluminação deve ser natural e artificial (elétrica).

Na presente empreitada, os dormitórios são feitos com recurso a módulos pré-fabricados, constituídos por quartos duplos e casas de banho com lavatórios, chuveiros, sanitas e urinóis.

Os efluentes líquidos provenientes destas instalações são encaminhados para a ETAR, onde são tratados antes de serem lançados num poço absorvente ou em trincheiras de infiltração.

✘ *Instalações sanitárias*

É prevista a existência de instalações sanitárias nos dormitórios, blocos habitacionais, refeitório e escritórios.

As instalações sanitárias devem ser constituídas por materiais que permitam uma fácil manutenção da sua higiene e desinfecção, devem possuir iluminação natural e artificial (elétrica). As loiças das retretes devem possuir sifão e os chuveiros devem estar equipados com uma base com sistema eficaz de drenagem.

✘ *Redes provisórias (água, esgotos, lixos e comunicações)*

As redes provisórias são uma parte importante de uma obra.

A rede de abastecimento de água é necessária para a fazer a limpeza de equipamentos, máquinas e viaturas e para o abastecimento das instalações sociais (refeitório, instalações sanitárias e posto médico). Este abastecimento pode ser conseguido através de ligação direta à rede de abastecimento pública ou através da captação numa linha de água ou num poço de bombagem.

No caso da presente obra, a água para o estaleiro social é proveniente da rede pública, enquanto que a água para o estaleiro industrial é captada no rio.

O sistema de captação é constituído por uma jangada cuja altura varia com os níveis da água, por um sistema de bombas de elevada capacidade de elevação e por um conjunto de reservatórios em material polimérico, cuja capacidade total é de 2000m³.

A rede de drenagem de águas residuais deve ser prevista e dimensionada de acordo com uma previsão aproximada do volume de águas a conduzir. Preferencialmente deve ser ligada à rede pública existente. Caso tal não seja possível, deverá instalar-se uma estação de tratamento de águas residuais ETAR para fazer o processamento dessas águas antes de estas poderem ser descarregadas.

Por ausência de rede pública, na presente obra a drenagem de águas residuais encaminhará os efluentes para uma ETAR construída para o efeito.

Deve prever-se a recolha periódica dos lixos produzidos nas instalações sociais, nomeadamente nos dormitórios e refeitório. Esta recolha poderá ser executada por uma empresa contratada para o efeito.

Tendo em conta que há necessidade de fazer a comunicação entre o pessoal técnico e que o pessoal administrativo necessita de ter uma rede de comunicações fixas e de transferência de dados, há que prever a contratação destes serviços. Assim, devem ser instaladas nos escritórios redes de telefone fixo e internet, de modo a permitir a transferência de dados e as comunicações. No que toca ao pessoal técnico, este pode possuir telefones móveis para as comunicações de obra.

Considerando que na presente obra houve a construção de um túnel e que a rede móvel não existe nesse local, há que adotar um outro sistema de comunicações. O sistema encontrado foi o de fazer a comunicação via rádio, cujo sinal é captado dentro do túnel.

2.3.2. Instalações industriais

As instalações industriais compreendem todas as instalações que servem de apoio à obra em termos de materiais, equipamentos e máquinas, seja para armazenamento e estacionamento ou para manutenção e reparação.

São instalações que essenciais ao funcionamento da obra, já que nelas se desenvolvem diversas atividades de apoio a processos mais complexos.

As instalações industriais presentes na presente obra vão ser descritas em baixo e são as seguintes:

- Estaleiro e parque de cofragens;
- Estaleiro e parque de ferro;
- Parque de equipamentos mecânicos e ferramentarias;
- Parque e armazém de materiais;
- Zona de armazenamento de produtos perigosos;
- Oficinas;
- Depósito de combustível;
- Separador de hidrocarbonetos;
- Sistema de tratamento de águas;
- Zonas de resíduos.

✘ *Estaleiro e parque de cofragens*

A área de estaleiro e parque de cofragens dá apoio à obra através da reparação e manutenção das cofragens utilizadas. É constituída por um telheiro de chapa metálica, cujas dimensões devem ter em conta as características dos painéis de cofragem que são utilizados na obra.

Nas imediações deste local deve existir um meio de elevação que permita a movimentação dos painéis desde o local de armazenamento para os meios de transporte.

✘ *Estaleiro e parque de ferro*

Esta área é constituída por um telheiro em chapa metálica e serve para dar apoio à obra, nos trabalhos de corte e moldagem de aço.

Os varões de ferro são armazenados segundo diâmetros, separados por baias metálicas, de modo a manter uma boa organização dos varões. Existe, também, um local devidamente sinalizado para os resíduos de ferro.

Nas imediações deste local deve existir um meio de elevação que permita a movimentação dos varões e das armaduras moldadas desde o local de armazenamento para os meios de transporte.

✘ *Parque de equipamentos mecânicos e ferramentarias*

As instalações de ferramentarias têm como função equipamentos de pequena dimensão, sendo que devem estar situados próximo dos estaleiros social e industrial.

Tendo em conta que haverá movimentação de equipamentos de grande dimensão (dumpers, escavadoras, etc.), há que prever um local onde estes possam estacionar quando a sua função termina. Para tal, tem de se prever o número aproximado de equipamentos móveis que utilizam esse espaço por forma a determinar qual a área necessária para esse estacionamento.

✘ *Parque e armazém de materiais*

Estas instalações são utilizadas para o armazenamento de materiais. Caso estes sejam de grandes dimensões (ex.: manilhas de betão) e seja possível o seu armazenamento no exterior, são deixados em local predestinado ao ar livre. Caso as suas dimensões sejam pequenas e/ou o seu armazenamento não seja possível ao ar livre, os materiais são armazenados em local coberto (ex.: contentor).

É necessário ter em atenção que as áreas a ocupar para armazenamento de materiais ao ar livre devem ser colocadas em locais que não impeçam a passagem de pessoas ou equipamentos e que essas áreas devem ser calculadas em função do material a armazenar.

✘ *Armazenamento de produtos perigosos*

A zona de armazenagem de produtos perigosos deve estar separada dos restantes espaços de armazenagem devido aos riscos a ela inerentes.

Os trabalhos que envolvam algum manuseamento ou armazenamento deste tipo de produtos devem estar restringidos às imediações deste local e devem obedecer às regras de segurança impostas.

Esta zona estará provida, também, de uma plataforma impermeabilizada, com rugosidade suficiente para ser antiderrapante e com características que permitam o encaminhamento dos efluentes para o separador de hidrocarbonetos e agregados.

✘ *Oficina*

Estas instalações são necessárias para a manutenção, inspeção e reparação dos equipamentos utilizados na obra, feitas por técnicos equipados com material específico para este fim.



Figura 5 – Oficina

Na oficina existe um local para lavagem de equipamentos, máquinas e viaturas, sendo que o pavimento é constituído por um massame de betão regularizado, com alguma rugosidade para o tornar antiderrapante. Este pavimento é, também, impermeável e lavável, o que previne a contaminação e solos e linhas de água com os efluentes resultantes dessas lavagens. Esses efluentes são depois recolhidos por um sistema de caleiras com grelha, que os encaminha para o separador de hidrocarbonetos e agregados.

✖ *Depósito de combustível*

Tendo em conta o tamanho da obra em questão, à necessidade de ter no estaleiro depósitos de combustível, de modo a poder rapidamente abastecer as máquinas e equipamentos que nela circulam.

Tendo em conta que se trata de um produto perigoso, à necessidade de adotar precauções especiais. O posto de combustível está equipado com meios de combate a incêndios, nomeadamente extintores de pó químico ABC e/ou CO₂.

Para evitar que qualquer propagação de eventuais incêndios a outras instalações, o posto de combustível está situado a uma distância considerada suficiente para não causar danos a equipamentos e pessoas, estando, também, longe de fontes de perigo.

Por uma questão de segurança, o reservatório está, também, inserido numa bacia de retenção de betão, cujas dimensões garantem pelo menos metade do volume total do reservatório. Tal medida permite que, em caso de derrame, este possa ser contido. Esta bacia de retenção é constituída por pavimentos e paredes com acabamento impermeável, sendo que o pavimento possui uma pendente que permite o encaminhamento de eventuais derrames para uma caixa de visita equipada com uma válvula de seccionamento no exterior.



Figura 6 – Depósito de combustível

✘ *Separador de hidrocarbonetos e poço absorvente*

Tendo em conta que a água das lavagens dos veículos, equipamentos e máquinas pode conter derivados de petróleo, há necessidade de instalar um dispositivo que separe os contaminantes dessa água. Para tal é instalado um separador de hidrocarbonetos.

Este separador funciona com base na separação de matérias de densidades diferentes à da água. Para os materiais mais pesados, esta estrutura possui uma bacia de decantação, onde esses materiais ficam depositados.

Tendo em conta que podem existir pequenas partículas de óleo na água, o separador possui um filtro coalescente (aglutinante) de modo a juntar essas partículas em número suficiente para que se soltem até à superfície da água.

Como os materiais líquidos a separar da água têm densidades inferiores à da água, estes vão ficando acumulados na superfície enquanto que a água é escoada pelo fundo do recipiente.

Para evitar a saída de hidrocarbonetos quando o separador está cheio, este está equipado com uma válvula obturadora que impede a saída destes materiais.

Uma vez cheio, o separador deve ser esvaziado e limpo por uma entidade com competências para tal e contratada para esse fim.

✘ *Zona de resíduos*

Em cada estaleiro há necessidade de prever um local para o armazenamento dos resíduos sólidos produzidos na obra (plásticos, madeiras, etc.).

Os resíduos devem ser separados por tipo e colocados em contentores, de modo a que possam ser mais facilmente encaminhados para os locais corretos e ter o tratamento adequado a cada tipo de material.

2.3.3. Alimentação de energia elétrica

O fornecimento de energia elétrica a uma obra com estas especificidades é uma questão de grande importância. Tendo em atenção que é necessária energia para alimentar os pontos de

iluminação em todas as frentes de obra (especialmente nos túneis) e sobretudo para alimentar os equipamentos industriais, Blondins e centrais de betão. A energia é, também, necessária para o funcionamento dos escritórios e das instalações sociais e, caso existam, para o funcionamento das gruas. Por isso, há que garantir o fornecimento de energia com uma potência disponível apropriada, de modo a que se possa satisfazer a elevada necessidade energética, o que corresponde invariavelmente a elevados níveis de potência.

Antes de se formalizar o pedido de ramal (feito através da entrega de um conjunto de documentos onde, entre outros, é referida a potência necessária), é necessário fazer uma estimativa de qual o consumo máximo da obra, com base no projeto das instalações

Tratando-se de uma barragem, e tendo em conta que esta irá, quando for posta em funcionamento, produzir energia, há que avaliar a hipótese de se instalarem ligações que possam ser deixadas depois de terminada a obra, ou seja, instalar ligações definitivas, em vez de fazer uma instalação provisória para o decorrer da obra e depois retirá-la e instalar as ligações definitivas.

Deste modo, o pedido de ramal para fornecimento de energia à obra pode, caso seja possível, incluir já (nos esquemas elétricos fornecidos) as ligações que serão utilizadas quando a barragem estiver em funcionamento.

Para a obra em questão foi prevista uma potência total de 7230KVA, distribuída pelos diversos locais de trabalho, incluindo instalações sociais e industriais, entre outras.

As redes que fazem a distribuição de energia elétrica em baixa tensão são constituídas por cabos trifásicos do tipo VAV ou LSVAV que, sempre que seja necessário, são enfiados em tubagens do tipo PVC e nos túneis em tubagens de aço, para maior resistência.

Quanto aos quadros, vão ser instalados quadros estanques do tipo capsulado. Estes são executados em chapa (espessura mínima de 2mm) devidamente tratada e pintada. As portas devem estar equipadas com fechadura e pontas de borracha. Estes quadros devem ser executados de acordo com as normas portuguesas NP 999, devendo estar devidamente fechados, identificados, seccionados e sinalizados, sendo que apenas o pessoal habilitado deve ter acesso às chaves.

2.3.4. Captação de água

Uma vez que as instalações presentes na obra requerem grandes quantidades de água, há que prever qual a melhor forma de garantir o fornecimento desta.

Primeiramente, tem de se avaliar quais os volumes de água expectáveis e, a partir daí, dimensionar o sistema de abastecimento de água que satisfaça as necessidades previstas.

Tendo estas necessidades em conta, foi adotado um sistema de abastecimento com captação de água no rio Vouga, seu armazenamento num depósito e abastecimento às instalações.

É necessário ter em atenção que o traçado da tubagem que deve acompanhar a morfologia do terreno tanto quanto o possível, de modo a evitar grandes mudanças de direção.

Em anexo (Anexo II) é apresentado o traçado da tubagem do sistema de captação de água.

2.4. *Desvio do rio*

Para executar a fundação de uma barragem (processo que compreende a escavação até à cota de projeto, saneamento e tratamento do maciço e betonagens) e, posteriormente a partir dela, o corpo da própria barragem, há que construir estruturas que garantam o desvio do rio, de modo a que os trabalhos se possam processar de forma a que a quantidade de água afluyente seja controlável.

Para fazer esse desvio há que, primeiramente, analisar os condicionalismos do local e planear a melhor estratégia de desvio, já que este processo é indispensável e dele depende o avanço dos trabalhos.

Para a presente obra, foram identificados os seguintes condicionalismos:

ATIVIDADE	CONDICIONALISMOS
Execução de Sapatas / Muro / Ensecadeira	Linhas de água
Execução de Sapatas / Muro / Ensecadeira	Trabalho a um nível superior
Execução de Sapatas / Muro / Ensecadeira	Morfologia do Terreno
Execução de Sapatas / Muro/Montagem de pré-fabricados	Instabilidade dos blocos
Montagem de elementos pré-fabricados – Box-Couvert	Circulação de equipamento no caminho de circulação junto à margem direita

Tabela 3 – Condicionalismos Desvio do Rio

Tendo estes condicionalismos em conta, a estratégia adotada para o escalão de Ribeiradio (escalão em estudo) foi dividida em 3 fases: desvio do rio para a margem direita, desvio do rio para a margem esquerda e finalmente desvio para uma galeria de desvio.

Na primeira fase, desvia-se o rio para a margem direita, recorrendo à execução de um muro de betão que encaminha a água do rio para um conjunto de Box-couverts de secção retangular em betão armado.



Figura 7 – Muro de desvio do rio



Figura 8 – Box-couverts

Tendo o rio desviado para dentro das Box-couverts, realizam-se duas ensecadeiras provisórias, recorrendo a aterros e a muros de betão. Estas ensecadeiras permitem que se seque a margem esquerda, de modo a permitir que se executem os trabalhos a seco.



Figura 9 – Muro de betão da enscadeira montante

A escavação do fundo da barragem é feita com recurso a explosivos até uma cota perto da cota de projeto, altura em que a escavação passa a ser feita com recurso a meios mecânicos (de modo a evitar grandes sobreescavações).

A betonagem dos elementos na margem esquerda é feita de modo que se deixe um espaço entre blocos, de modo a que se possa desviar o rio para esse local quando se trabalhar na margem direita.

Depois de terminados os trabalhos na margem esquerda, passa a encaminhar-se o rio para a margem esquerda, para o canal previamente deixado por betonar.

Tendo a margem direita seca, é possível prosseguir os trabalhos neste local, seguindo com a execução da fundação e dos blocos do corpo da barragem.

Desta forma, betonam-se os blocos do corpo da barragem, que vai subindo até à cota desejada. Uma vez terminadas as betonagens, fica apenas um bloco por betonar, o bloco por onde passa o rio. Cofrando esse bloco, procede-se à sua betonagem, tornando o corpo da barragem numa barreira e começando, desta forma, o nível da água a subir e a encher a albufeira.

2.5. Escavação da barragem

Uma vez feito o desvio do rio, iniciam-se os trabalhos de escavação do maciço de fundação da barragem. Antes do seu início, há que analisar as condições em que se realizam os trabalhos, de modo a que se possam adequar os procedimentos de trabalho a estas condições.

Seguidamente apresentam-se os condicionalismos identificados na obra:

ATIVIDADE	CONDICIONALISMOS
Escavação da fundação da barragem de Ribeiradio e Ermida	Trabalhos em simultâneo
Remoção de blocos instáveis	Queda de material para cotas inferiores
Trabalhos de escavação e contenção	Morfologia do Terreno
Circulação pedonal/equipamento nas travessias criadas no rio Vouga	Variações de caudal

Tabela 4 – Condicionalismos da escavação da barragem

A atividade de escavação da barragem engloba diversas fases, que são:

- Levantamento topográfico;
- Desmatação de decapagem;
- Desmonte em bancada com recurso a explosivos;
- Escavação com meios mecânicos;
- Saneamento e limpeza de taludes;
- Estabilização de taludes (com betão projetado e ancoragens passivas).



Figura 10 – Escavação da margem direita



Figura 11 – Escavação da margem esquerda

2.5.1. Levantamento topográfico

Para implantar a zona da escavação recorrer-se à marcação topográfica da referida zona. Para tal, são utilizadas marcas topográficas (estacas), implantadas por pessoal com competências para tal e com equipamento adequado.

Estas marcações servem como guia e limitação para a zona onde se vão realizar os trabalhos.

2.5.2. Desmatação e decapagem

O processo de desmatação e decapagem consiste na remoção da cobertura vegetal dos terrenos. Este processo envolve o abate de árvores e arbustos e das suas raízes.

Para os terrenos da fundação da barragem é removida a vegetação existente nas margens do rio e alguma vegetação que cresça no seu leito.

2.5.3. Escavação da barragem

Por se tratar de escavação de um terreno rochoso, são utilizados explosivos para o desmonte. Este desmonte é feito por fases, em bancadas de 6m cada.

Quando se estiver próximo de atingir a cota de projeto ou em zonas em que o maciço estiver muito fraturado, são utilizados meios mecânicos (normalmente martelos pneumáticos) para finalizar/continuar a escavação.

Esta atividade obedece aos seguintes procedimentos:

- Execução do pré-corte do maciço (para escavação com recurso a explosivos), de modo a maximizar o resultado da explosão e minimizar a fissuração do maciço. A pega de fogo (explosão) deve ser planeada e estudada, sendo feito um Plano de Fogo para cada pega. Deve ser feita, também, a monitorização das vibrações transmitidas ao maciço em cada explosão, recorrendo, para tal, a sismógrafos. Estas medições são utilizadas para determinar se, em cada rebentamento, é cumprida a velocidade máxima de vibração admissível (descrita no Plano de Fogo);
- Escavação no sentido descendente (de cima para baixo), com bancadas de altura máxima de 6m e comprimento longitudinal máximo de 12m;
- Saneamento dos taludes escavados à medida que a escavação avança e limpeza da fundação. Caso seja necessário, aplicam-se medidas de contenção aos taludes, seguindo as especificações de projeto;
- Criar acessos às zonas de escavação, seja por alteração dos caminhos de circulação já existentes seja pela criação de novos caminhos;
- A remoção total dos escombros na bancada inferior só deve ser feita quando todos os trabalhos na bancada imediatamente superior estiverem concluídos e tiver sido feita a remoção de todo o material instável;



Figura 12 – Escavação da barragem

2.5.4. Contenções

À medida que avança a escavação das margens e do fundo da barragem há necessidade de aplicar medidas de contenção aos taludes que vão sendo criados. Estas contenções devem ser feitas com atenção ao preconizado no projeto, sendo que, caso as condições do maciço no local difiram das admitidas durante a fase de projeto, as soluções devem ser adaptadas à situação real.

As contenções a utilizar na escavação da barragem são maioritariamente realizadas recorrendo a betão projetado, reforçados com uma malha de pregagens e rede de malha electro-soldada.



Figura 13 – Colocação de rede malhasol para posterior projeção de betão

Seguidamente explicitam-se as operações necessárias à execução destas contenções.

✘ *Betão projetado*

Antes da aplicação do betão projetado é necessário ter o cuidado de limpar o talude, removendo elementos soltos, óleos e outros materiais que possam interferir com a ligação entre o betão e o talude. Esta limpeza pode ser feita recorrendo a jatos de água ou de ar, consoante o que se mostrar mais adequado.

Caso a limpeza seja feita com recurso a jatos de ar, deve proceder-se ao humedecimento da superfície do talude (tendo o cuidado de não saturar o terreno) depois de terminada a limpeza.

Uma vez humedecida a superfície de contacto, procede-se à projeção do betão. Este é reforçado com fibras metálicas e malhasol (aplicada contra o terreno antes de a projeção se iniciar).

A projeção deve ser idealmente feita de baixo para cima, em faixas verticais e com movimentos circulares. Tal procedimento permite uma maior homogeneidade e preenchimento total da superfície a betonar.

Aplicam-se o número de camadas necessário para atingir a espessura de projeto, sendo que a primeira deve ter uma espessura tal que permita reduzir o ressalto do betão ao máximo.

Deve ter-se em atenção que o betão projetado não deve ser aplicado sobre superfícies sujas, secas ou com água em abundância nem sobre material solto ou bolsas de agregados.

A aplicação deve ser feita o mais perpendicularmente à superfície a betonar possível, já que tal conduz a uma menor reflexão de betão e a uma maior compacidade.

✕ *Pregagens*

Depois de atingida a espessura de betão projetado preconizada em projeto, procede-se à execução da malha de pregagens, que ajudará à estabilização do maciço.

O primeiro passo para se iniciarem as pregagens é a marcação topográfica dos seus locais de furação. Esta marcação deve ser feita o mais prontamente possível, de modo a que se possa iniciar rapidamente a pregagem do muro para que os trabalhos prossigam em segurança.

Seguidamente, faz-se a furação para a pregagem. Esta furação é feita com recurso a trialetes, já que se pensa fazer uma furação do tipo simples, com circulação de ar comprimido. Depois de feita a furação, procede-se à limpeza do furo, removendo o material solto do seu interior.

Terminada a limpeza do furo, insere-se o tubo condutor de calda, que tem como função levar a calda de cimento para dentro do furo. O preenchimento é feito da parte do fundo do furo para a sua boca, sendo que o tubo condutor é retirado depois de feito o total preenchimento do furo.

O processo pregagem fica concluído com a introdução da armadura no furo, colocação de uma chapa metálica e soldadura das duas peças numa única.

No processo de pregagem do muro de betão projetado devem ser observadas algumas condições:

- A inclinação e localização da pregagem devem ser as referidas no projeto;
- Todos os equipamentos necessários a esta atividade devem ser operados por trabalhadores com competências para tal;
- Durante a furação deve ter-se em atenção a resistência oferecida pelo terreno, de modo a evitar que os equipamentos oscilem demasiado, o que os poderia colocar em situações de instabilidade, causando um acidente.

2.6. Circuito hidráulico

O circuito hidráulico é um dos órgãos mais importantes de uma barragem, uma vez que é ele que encaminha a água recolhida na albufeira até à central, onde é turbinada, e depois a devolve ao leito do rio.

O circuito é constituído por três elementos:

- Galeria de adução;
- Poço da central;
- Galeria de restituição.

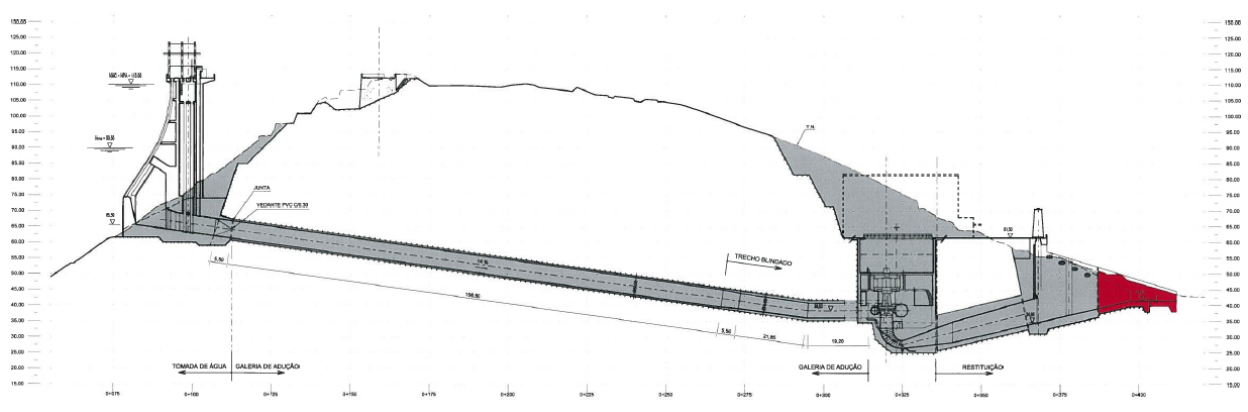


Figura 14 – Circuito hidráulico do escalão de Ribeiradio (Fonte: PTRE)

2.6.1. Galeria de adução

A galeria de adução é um túnel que conduz a água recolhida na albufeira para o poço da central onde esta será turbinada.

O túnel da galeria de adução tem uma secção circular (de 5,50m de diâmetro) e de aproximadamente 160m de comprimento.

Seguidamente apresentam-se as diferentes etapas de construção deste túnel.

✕ Escavação

A escavação deste túnel é feita com recurso a explosivos, uma vez que se trata de escavação em maciço rochoso. É, portanto, necessário executar um Plano de Fogo, adequado ao material e ao volume a escavar. Neste plano deve constar o diagrama de furos, o diâmetro, número e orientação dos furos, o tipo e quantidade de explosivos e a temporização da pega. Este plano é efetuado para cada avanço, sendo exclusivo para cada pega.

A primeira etapa da escavação é a furação. Este processo é executado com recurso a um equipamento de furação tipo Jumbo, segundo o Plano de Fogo. Os furos na frente de trabalho servem para colocar os explosivos para a detonação. No final da furação, o encarregado deve fazer a verificação da frente, prestando especial atenção a indícios de descompressão do maciço para que, caso seja necessário, se faça o saneamento dos elementos instáveis.

A segunda etapa é o carregamento dos furos e a sua ligação. Nesta etapa o operador de substâncias explosivas procede ao carregamento dos furos com explosivos. A sequência por ele seguida, assim como a sequência de ligação dos furos deve ser a mesma prevista no Plano de Fogo. Quando se inicia esta fase é obrigatório que todas as perfurações já estejam efetuadas, de modo a evitar rebentamentos precoces.

Uma vez terminado o carregamento, o operador de substâncias perigosas deve fazer uma revisão, verificando se todos os furos se encontram carregados e se o carregamento está feito de acordo com o Plano de Fogo. Caso esteja, procede-se ao atacamento (preenchimento) dos furos (com pó de pedra ou outro material granular, nomeadamente areia) de modo a garantir o enchimento contínuo dos furos.

Também a ligação dos furos é feita pelo operador de substâncias perigosas, sendo que esta deve ser efetuada o mais próximo da hora da detonação possível.

A terceira fase é a detonação. Nesta fase, são retirados todos os equipamentos da frente de trabalho, desligada a ventilação, recolhidas as mangas de ventilação e evacuados todos os trabalhadores. Devem ser colocadas barreiras físicas e sinaleiros, de modo a impedir a passagem de pessoas para as proximidades da pega de fogo. Deve existir, também, sinalética que alerte para o perigo de explosão (ver figura seguinte).



Figura 15 – Esquema de sinalização

A distância de segurança depende da carga aplicada na pega e é definida pelo operador de substâncias perigosas.

Antes do rebentamento, é comunicado via rádio o início do processo, sendo que o operador de substâncias perigosas é responsável por dar os sinais (3 sinais sonoros espaçados) que indicam o início do processo de rebentamento. No final destes, caso seja dada ordem para avançar, é feito o rebentamento.

No fim da pega, o operador de substâncias perigosas, acompanhado por um trabalhador, desloca-se até ao local do tiro para verificar se a pega foi efetuada com sucesso e se não houve tiros falhados (furos que não rebentaram). Caso o processo tenha sido bem sucedido, é dado um toque sonoro final, longo, que indica que a pega terminou.

A quarta fase é a ventilação. Uma vez verificado o sucesso da pega, é necessário retirar do túnel as poeiras e gases (CO, CO₂ e NO_X) resultantes da explosão. Assim, é instalado um sistema de ventilação constituído por um ventilador, colocado no exterior, que injeta ar por um sistema de mangas instaladas no túnel, levando à renovação do ar no fundo da escavação.

A fase seguinte é a rega. Este processo consiste na aspersão de água no fundo da escavação, sempre que necessário, de modo a evitar que se levantem poeiras na frente de trabalho.

A sexta fase é a remoção dos escombros. Com o rebentamento dos explosivos, partes do maciço foram partidas em blocos de menores dimensões, que se amontoam na frente de trabalho. Esta operação consiste na remoção desses blocos e de quaisquer materiais que tenham resultado da detonação dos explosivos.

A remoção dos escombros é feita recorrendo a pá mineira (ver figura seguinte), sendo que os escombros são descarregados na entrada do túnel para serem examinados antes de serem transportados para a escombreira.



Figura 16 – Carregamento de escombros com pá mineira

Depois de inspecionados, os escombros são transportados para a escombreira, recorrendo, para tal, a dumpers e/ou camiões.

A fase seguinte é a limpeza e saneamento e consiste na remoção de material solto da frente de trabalho, seja recorrendo a meios mecânicos (ex: escavadoras) ou manuais (trabalhadores munidos de alavancas de ferro e colocados em plataformas elevatórias, por exemplo).

É importante efetuar inspeções visuais regulares, de modo a determinar se há necessidade de realizar novo saneamento da frente.

✘ *Contenção*

Tratando-se de uma escavação de um túnel, é necessário ter em conta que pode ser necessário aplicar medidas de contenção do maciço, para que este não desmorone para dentro do túnel.

Para a obra em estudo foram combinadas duas soluções, de modo a garantir a estabilidade das paredes do túnel. Estas soluções foram a montagem de cambotas metálicas e a aplicação, em seguida, de betão projetado.

Seguidamente apresenta-se uma pequena explicação da montagem das cambotas.

O primeiro passo para a montagem das cambotas é fazer a sua marcação topográfica. Para tal, uma equipa de topografia desloca-se ao local e, com a ajuda de tinta em spray, marca os locais de colocação das cambotas, tendo por base o Projeto de Execução.

A etapa seguinte é a de montagem das cambotas. Apesar de a sua aplicação ser opcional (sendo a escolha feita tendo em conta o grau de fraturação do maciço e os estudos geológicos e geotécnicos), nos primeiros 12m de túnel a sua aplicação é obrigatória (definida em Projeto de Execução) como medida de segurança.

As cambotas são montadas em cima de uma camada de betão projetado, colocado para que não haja material solto no local de implantação da cambota. Deve garantir-se a perpendicularidade da cambota relativamente ao maciço, de modo a que a sua capacidade resistente seja totalmente aproveitada.

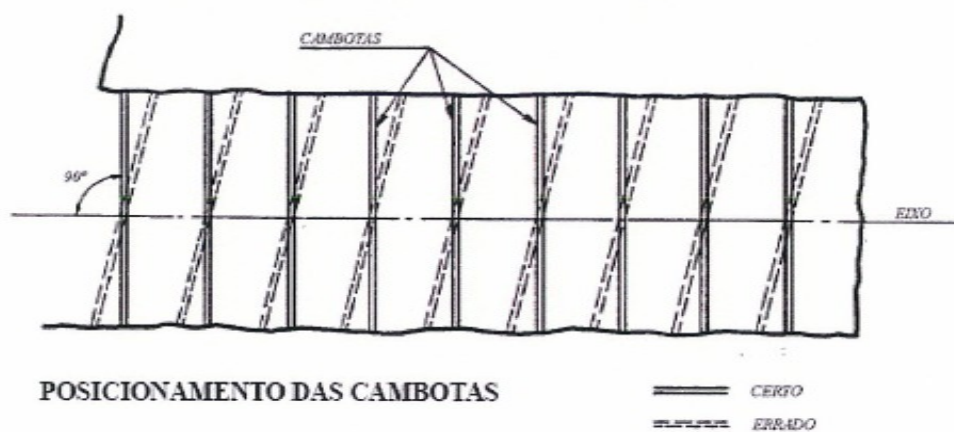


Figura 17 – Posicionamento das cambotas (Fonte: PTRE)

Para evitar que o pé das cambotas penetre na soleira do túnel por ação das cargas verticais, são instaladas sapatas metálicas. Estas sapatas são soldadas aos perfis quando estes se encontram ao nível do solo. Para que os pés dos perfis assentem de uma forma mais segura, é feita uma regularização do terreno.

Uma vez colocadas as sapatas, os perfis das cambotas são unidos com recurso a grampos metálicos (ver figura seguinte). Os comprimentos de empalme devem ser tais que permitam que se obtenha a capacidade resistente necessária, consoante as instruções do fabricante.

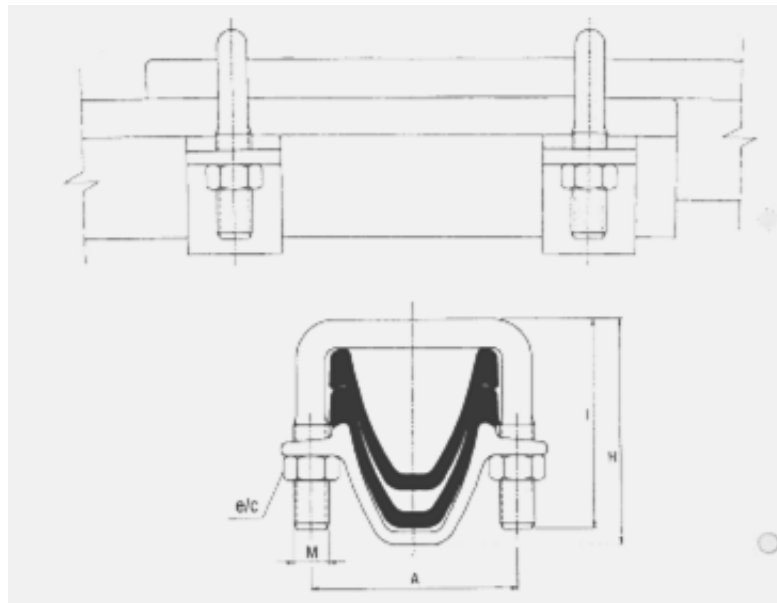


Figura 18 – Esquema de ligação dos perfis (Fonte: PTRE)

Uma vez terminada a ligação, as cambotas são elevadas e montadas no local, sendo, primeiramente, ajustados os hasteais, com recurso a cunhas.

Depois de colocados, os perfis são fixos temporariamente com cunhas ou elementos de fixação próprios para o efeito, enquanto não é efetuado o contraventamento.

Em seguida, procede-se à ligação entre perfis, feita com recurso a varões de aço, colocados em elementos de suporte previamente soldados, de modo a prevenir que existam deslocamentos entre perfis.

Depois de colocadas as cambotas, procede-se à projeção de betão, que vai conferir resistência ao espaço entre cambotas. É, importante, também, preencher (com betão de enchimento) os vazios entre o tardo das cambotas e o maciço.

O betão (de composição especificada nas condições técnicas aplicáveis) é projetado utilizando um robot, sendo que se inicia a projeção de um dos lados da cambota, fazendo-se um pequeno compasso de espera antes de se iniciar a projeção do outro lado.

No final do enchimento, procede-se a uma projeção final, sendo colocado betão por cima das cambotas metálicas também, podendo esta camada servir de revestimento definitivo caso se verifique essa necessidade.



Figura 19 – Secção do túnel depois de aplicado betão projetado

Prevê-se, também, que nas zonas de maior instabilidade do maciço (por exemplo, zonas de maior fracturação) sejam efetuadas pregagens, de modo a complementar as medidas de contenção aplicadas, de modo a que se possa aumentar a estabilidade do maciço escavado.

✘ *Montagem do molde*

Uma vez colocadas as medidas de contenção, iniciam-se as atividades de montagem do molde para cofragem do túnel. Para se obter a secção circular preconizada no Projeto de Execução vai ser utilizado um sistema de cofragem fullround, que consiste num molde circular de 5m de comprimento e raio 5,50m (o mesmo raio que a secção do túnel), que permite a betonagem de troços de 4,90m de túnel de cada vez.



Figura 20 – Montagem do molde

O molde é transportado até à obra em segmentos, sendo depois montado no local de utilização. É composto por uma estrutura de avanço, pela estrutura de suporte da cofragem e pelos painéis de cofragem metálicos. A estrutura de avanço é responsável pela deslocação e apoio de todo o sistema de cofragem, sendo constituída por uma poleia de sustentação (esquadro realizado com perfis HEB) que tem como função sustentar o conjunto da cofragem, por um tubo guia (tubo de secção retangular metálica oca) responsável pelo deslocamento do conjunto, por um apoio dianteiro, que é utilizado para apoiar o conjunto na extremidade dianteira e manter a cofragem alinhada com o eixo teórico do túnel e por um cilindro de 30Ton, responsável por fornecer a força necessária para deslocar o conjunto.

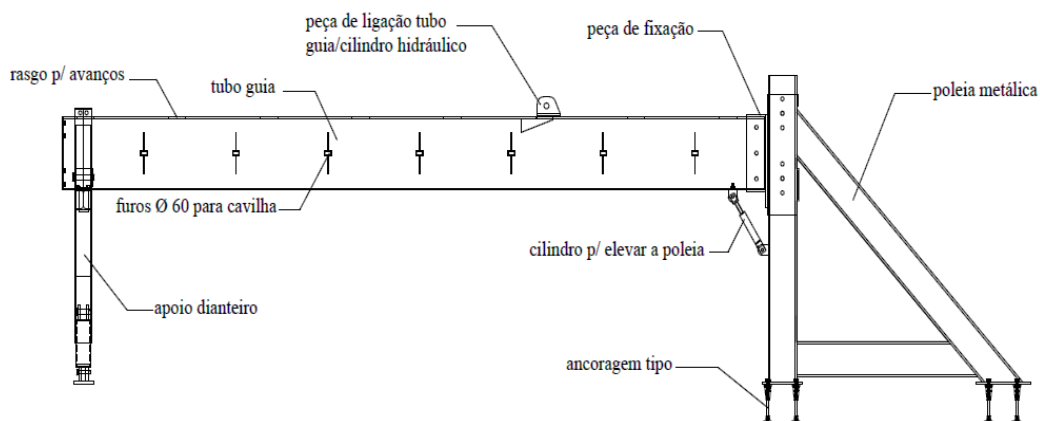


Figura 21 – Estrutura de avanço da cofragem Fullround (Fonte: Projeto da cofragem)

A estrutura de suporte da cofragem é constituída por quadro metálico constituído por perfis tubulares de aço (duplo UPN120) e é responsável por suportar os painéis de cofragem.

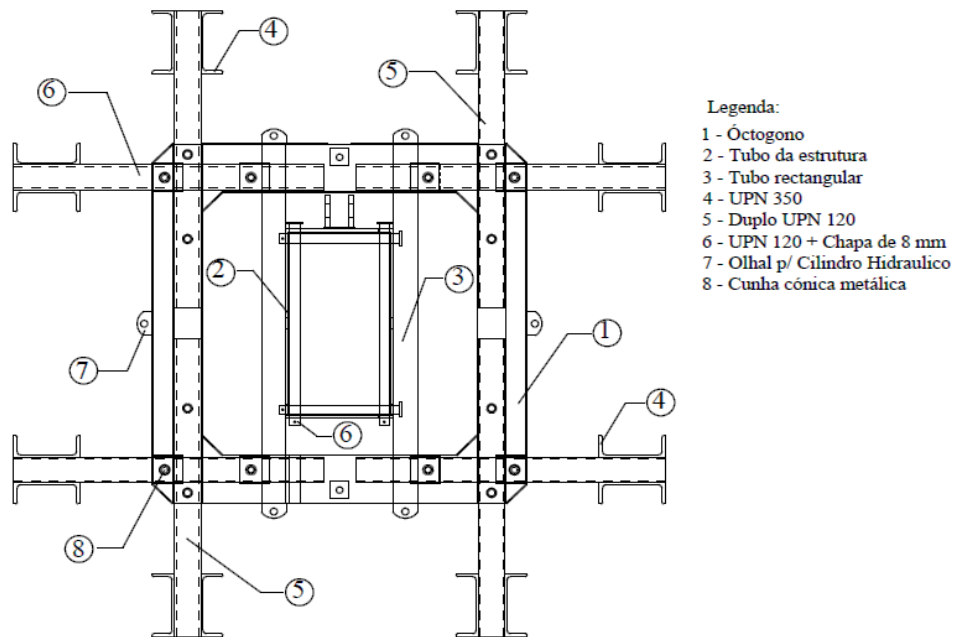


Figura 22 – Secção transversal da estrutura de suporte (Fonte: Projeto da cofragem)

Ligados a esta estrutura, estão os painéis metálicos. Estes são constituídos por treliças em tubo quadrado (100x100x4mm), que suportam o revestimento de perfis IPE80 e de chapas metálicas de 4mm.

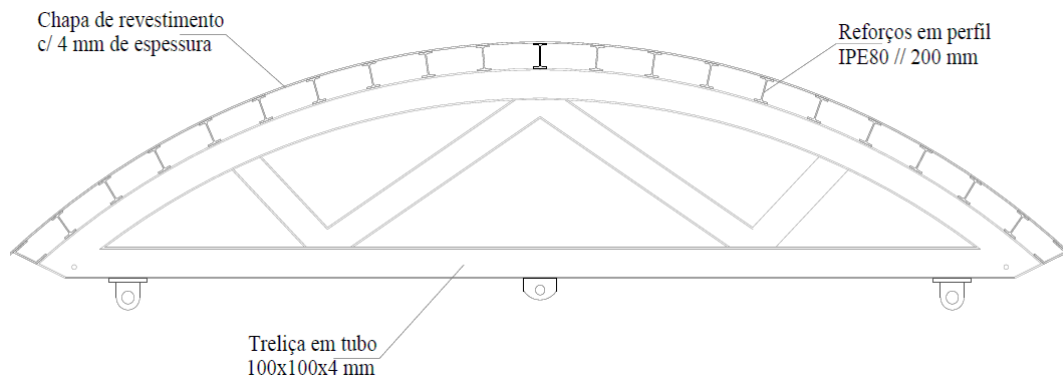


Figura 23 – Secção transversal dos painéis metálicos (Fonte: Projeto da cofragem)

✘ Montagem da armadura

Uma vez terminada a montagem do molde, iniciam-se os trabalhos de montagem das armaduras. Estas são moldadas fora do local de aplicação, sendo depois transportadas para dentro do túnel e montadas de acordo com o descrito no Projeto de Execução.

A montagem das armaduras é feita por duas fases, sendo a primeira a montagem das armaduras de soleira e a segunda a montagem das armaduras de abóbada e dos hasteais do túnel.



Figura 24 – Montagem das armaduras na galeria de adução

Para montar as armaduras da segunda fase, é instalado um sistema (plataforma móvel) que permite aos trabalhadores trabalhar com segurança. Este sistema é composto por uma plataforma, montada em cima de carris, o que permite o seu avanço à medida que vão sendo montadas as armaduras.

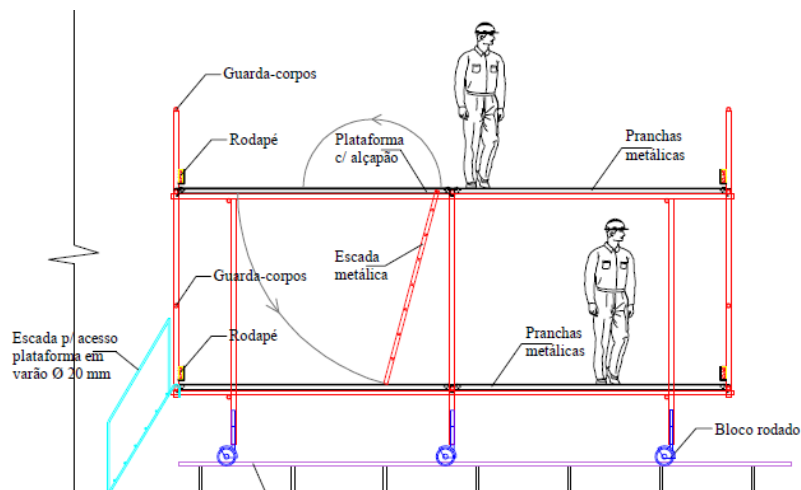


Figura 25 – Plataforma de trabalho tipo (Fonte: PTRE)

✘ *Execução da cofragem*

Depois de montada a armadura para o troço de túnel a betonar, procede-se à cofragem da secção. Para tal, são acionados os macacos hidráulicos responsáveis pela movimentação dos painéis metálicos, colocando-os na posição necessária para que se obtenha a secção desejada.

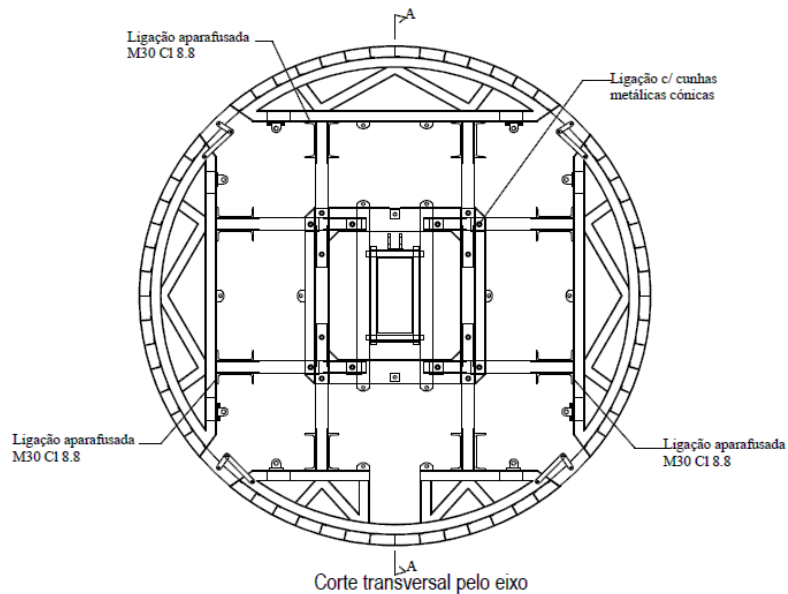
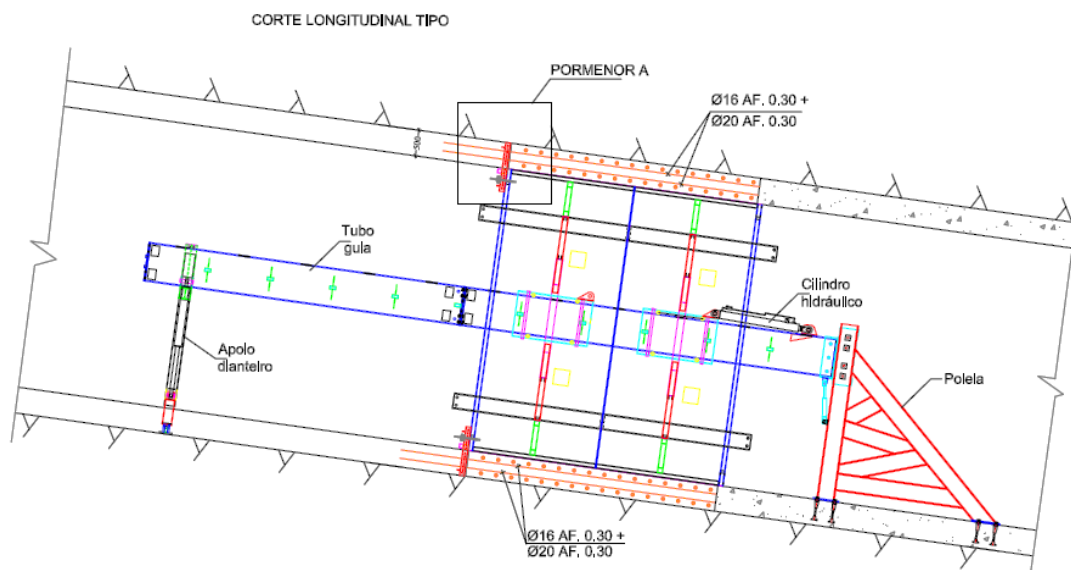


Figura 26 – Secção transversal do sistema de cofragem na posição de betonagem (Fonte: Projeto da cofragem)

Nas juntas transversais de betonagem é colocado nervometal pré-galvanizado e correias em duplo perfil UPN80, que são fixadas ao anel de topo do sistema Fullround.



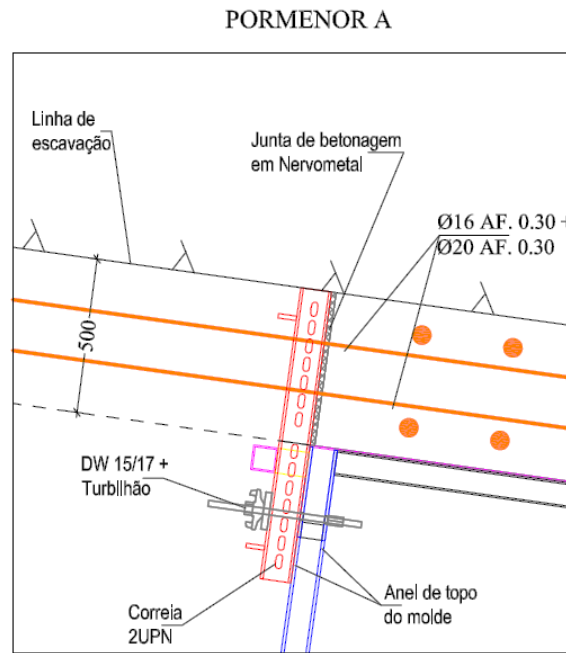


Figura 27 – Pormenor das juntas de betonagem (Fonte: Projeto da cofragem)

✕ *Betonagem*

Terminada a cofragem da secção, é possível avançar para a sua betonagem. Esta é feita através das janelas de inspeção e betonagem. A colocação de betão é alternada entre os dois hateais (direito e esquerdo), de modo a garantir a manutenção do equilíbrio da pressão hidrostática dentro da cofragem.

A compactação é feita recorrendo a equipamentos de vibração exterior, cujas bases são soldadas nos alinhamentos principais.

A abobada é betonada fazendo passar o betão através das bocas de betonagem colocadas sobre o eixo do molde.

Esta betonagem é feita recorrendo a uma bomba de betão, colocada junto ao local da tomada de água, sendo a tubagem metálica estendida até ao troço que está a ser betonado.

Durante a betonagem é importante fazer a verificação do sistema de cofragem, de modo a detetar e corrigir eventuais deformações que possam aparecer no mesmo e que comprometam a sua estabilidade.

✦ *Deslocamento da estrutura de avanço*

Uma vez terminada a betonagem, procede-se ao movimento da estrutura de avanço. Garantindo que a cofragem não sofre movimentos, o esquadro de sustentação é movido para a frente, recorrendo ao cilindro hidráulico de 30Ton.

Para fazer esta movimentação, é necessário retirar as cavilhas de segurança que prendem o cilindro na posição pretendida, sendo estas peças colocadas no local no fim do movimento da estrutura.

Em anexo (Anexo III) apresenta-se uma representação esquemática do molde nas posições de betonagem e de avanço

✦ *Descofragem*

Uma vez atingida a resistência do betão necessária, inicia-se a atividade de descofragem. Para tal, são relaxados os macacos que suportam os painéis metálicos, sendo que estes recuam, descolando da superfície do betão.

O processo de descofragem é iniciado pelo painel inferior, seguindo-se os painéis laterais e, por último, o painel superior.

No final, o molde encontra-se na posição de avanço, podendo ser deslocado até ao local de cofragem do troço seguinte de túnel (com o auxílio do cilindro hidráulico colocado na estrutura de avanço), repetindo-se, para cada troço, o processo acima descrito de colocação de armaduras-cofragem-betonagem-descofragem.

2.6.2. Poço geral de drenagem (poço da central)

O poço da central é uma estrutura de secção circular, com aproximadamente 13m de diâmetro e 45m de profundidade. Nele vão ser instalados os componentes responsáveis pela produção de energia hidroelétrica, nomeadamente as turbinas.

Seguidamente apresenta-se o processo de construção do poço da central.

✘ *Escavação*

A escavação do poço da central é feita por duas fases, sendo que em cada uma é utilizado um método diferente. Na primeira fase, a escavação é feita recorrendo ao método Raise boring, enquanto que na segunda fase é feita recorrendo a explosivos.

➤ Raise boring

Antes de se iniciar a escavação, há necessidade de efetuar alguns trabalhos preparatórios. Uma vez terminada a escavação da galeria de adução, é necessário colocar o equipamento de escavação na superfície e criar uma plataforma que lhe garanta estabilidade. Para tal, é executada uma plataforma em betão.

Após a marcação topográfica do local de implantação e a regularização do terreno, procede-se execução do maciço de betão, cujas características se assemelham às de uma sapata.

Uma vez terminada a execução da plataforma de assentamento, é instalado o sistema de bombagem e decantação de água, constituído por um depósito de água e tanques para decantação. Este circuito serve para alimentar o equipamento de escavação durante a sua operação, de modo a que este mantenha a limpeza do furo piloto. Esta limpeza é importante uma vez que, ao manter a taxa de perfuração, diminui a força que é necessário aplicar sobre o bit e, consequentemente, evita o desvio do furo.

Em seguida, são fixos (com parafusos e buchas químicas) ao maciço de betão dois perfis metálicos, aos quais é acoplado o equipamento de Raise boring.

Colocada e estabilizada a máquina, é efetuado o primeiro ciclo de trabalho. Neste, o equipamento efetua um furo no sentido descendente, denominado furo piloto.

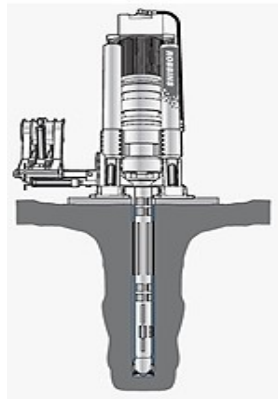


Figura 28 – Representação esquemática da execução do furo piloto (Fonte: PTRE)

Uma vez efetuado o furo piloto, é colocada a cabeça de corte da máquina (com um diâmetro de 3m). Depois de montada a cabeça, inicia-se o processo de ripagem, que consiste em puxar, num movimento ascendente, a cabeça de corte, fazendo com que esta vá abrindo um furo de maior dimensão no maciço. Esta operação é efetuada com recurso a roto-percussão, sendo esta aplicada através da cabeça de corte.

À medida que a cabeça vai progredindo no seu movimento ascendente, os escombros resultantes da sua ação vão-se depositando no fundo do furo. O controlo das poeiras levantadas é feito através do circuito hidráulico instalado na fase inicial, passando a água pela haste do equipamento até chegar à cabeça de corte.

Estes escombros são, depois, retirados com recurso a uma pá mineira, que os transporta até ao exterior do túnel de adução, onde são carregados em camiões e/ou dumpers e transportados até à escombreira.

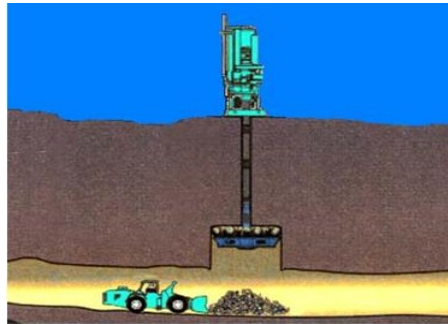


Figura 29 – Remoção dos escombros resultantes da furação (Fonte: PTRE)

Uma vez terminada a furação, o equipamento de Raise boring é desmontado e transportado para o parque de equipamentos ou para fora da obra. É importante que, depois de retirado o equipamento, se proceda à proteção da boca e da base da escavação. Para tal é colocada, na boca do furo, uma proteção, feita para o efeito, constituída por treliças de perfis metálicos e rede metálica, que apenas deve ser removida caso haja necessidade de efetuar trabalhos no furo.



Figura 30 – Proteção da boca da escavação

✘ *Viga de bordadura provisória e muros de contenção*

Antes de se iniciar o desmonte em bancada com explosivos do resto da secção do poço, é necessário fazer a contenção dos terrenos circundantes e, também, executar a viga de bordadura provisória do poço.

Em primeiro lugar é executada a viga. Esta consiste numa viga de secção retangular, de altura variável, construída no contorno circular do que vai ser o poço da central.

Para executar esta viga há que, primeiramente, fazer a escavação do terreno. Esta é feita com recurso a explosivos de modo a que seja atingida a cota referida no Projeto de Execução.

Para garantir a estabilidade do maciço, são aplicadas pregagens de aço, de comprimento variável, injetadas com calda de cimento. A furação para estas pregagens é efetuada por um perfurador hidráulico, sendo que a instalação das pregagens é feita depois de se fazer o tratamento da fundação da viga.

Este tratamento consiste na deposição de uma camada de betão de limpeza sobre o fundo da escavação, de modo a regularizar a base da viga. Esta camada é conseguida por descarga direta do betão de limpeza sobre o maciço ou, eventualmente, por utilização de balde de descarga suspenso numa grua móvel.

Depois de regularizada a base da viga e instaladas as pregagens, são montadas as armaduras. As armaduras, cortadas, moldadas e etiquetadas no estaleiro de ferro, são transportadas até ao local de aplicação. Aí, com a ajuda de uma grua móvel, são montadas sobre o betão de limpeza ou, caso tal não seja possível, nas imediações do local de implantação. Primeiramente são montadas as armaduras inferiores, seguindo-se as superiores, apoiadas em armaduras construtivas, cuja função é garantir a rigidez e estabilidade do conjunto.



Figura 31 – Armaduras da viga de bordadura

Em seguida procede-se à cofragem do elemento. Esta cofragem é efetuada com recurso a painéis metálicos com uma superfície cofrante de madeira. Estes painéis devem ser devidamente escorados contra do terreno, de modo a que não se desloquem durante o processo de betonagem.

Em seguida procede-se à betonagem da viga. Esta é feita com recurso a balde de descarga, suspenso por uma grua móvel, a descarga direta, utilizando a caleira de uma autobetoneira, ou, eventualmente, a uma autobomba. A compactação do betão é feita utilizando vibradores elétricos.

Atingida a resistência necessária, são retirados os painéis de cofragem.



Figura 32 – Viga de bordadura do poço da central

Ao mesmo tempo que é executada a viga de bordadura são iniciados os trabalhos de escavação do talude para a instalação dos muros de suporte (na obra os muros adquiriram a designação ME8 e ME9).

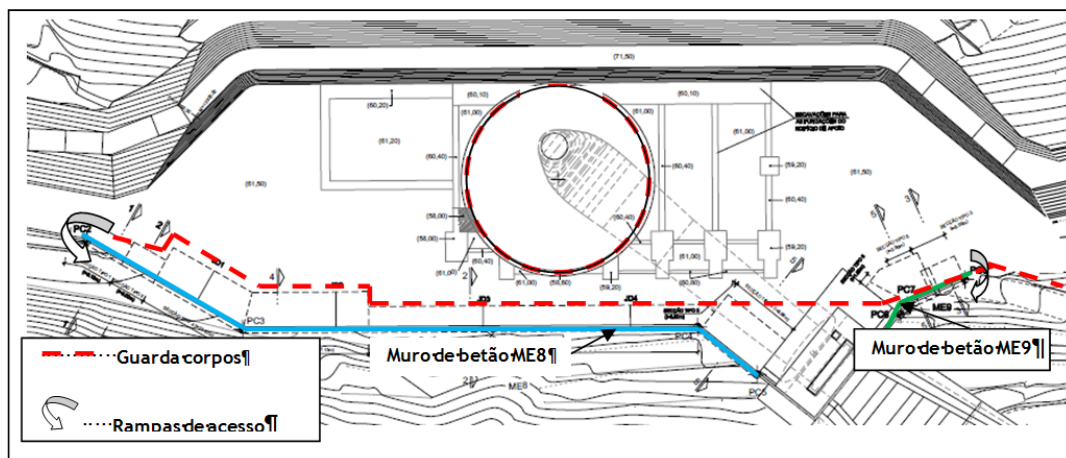


Figura 33 – Representação esquemática da planta de localização dos muros de contenção (Fonte: PTRE)

O muro ME8 é executado por blocos, sendo o sentido de progressão o sentido PC5→PC2 (ver figura anterior). O muro ME9 é executado num só bloco.

O método de execução destes muros segue o procedimento anteriormente descrito para a execução de muros de betão armado, sendo, por isso, omitido aqui a sequência construtiva adotada.

✘ *Desmorte com recurso a explosivos*

A segunda fase da escavação do poço é feita, maioritariamente, utilizando explosivos, sendo que podem, também, ser utilizados meios mecânicos (para locais de atravessamento de zonas muis fraturadas do maciço).



Figura 34 – Furação para o desmorte em bancada com explosivos

Tratando-se de um volume muito grande de escavação, esta é feita em cerca de 14 fases. Para melhor ilustrar os procedimentos adotados, vão ser referidas as cotas e volumes específicos da obra em estudo. Tendo em conta que o processo de desmorte em bancada foi já explicitado anteriormente (ver escavação da galeria de adução e escavação do fundo da barragem), apenas se fará referência às fases de escavação do poço.

As primeiras 5 fases estão compreendidas entre as cotas 61,50m e 51,50m. É de salientar que esta primeira parte da escavação é constituída por duas fases principais (assinaladas na tabela seguinte com os números 1, 2 e 3), sendo que as fases 2 e 3 estão divididas em 2.

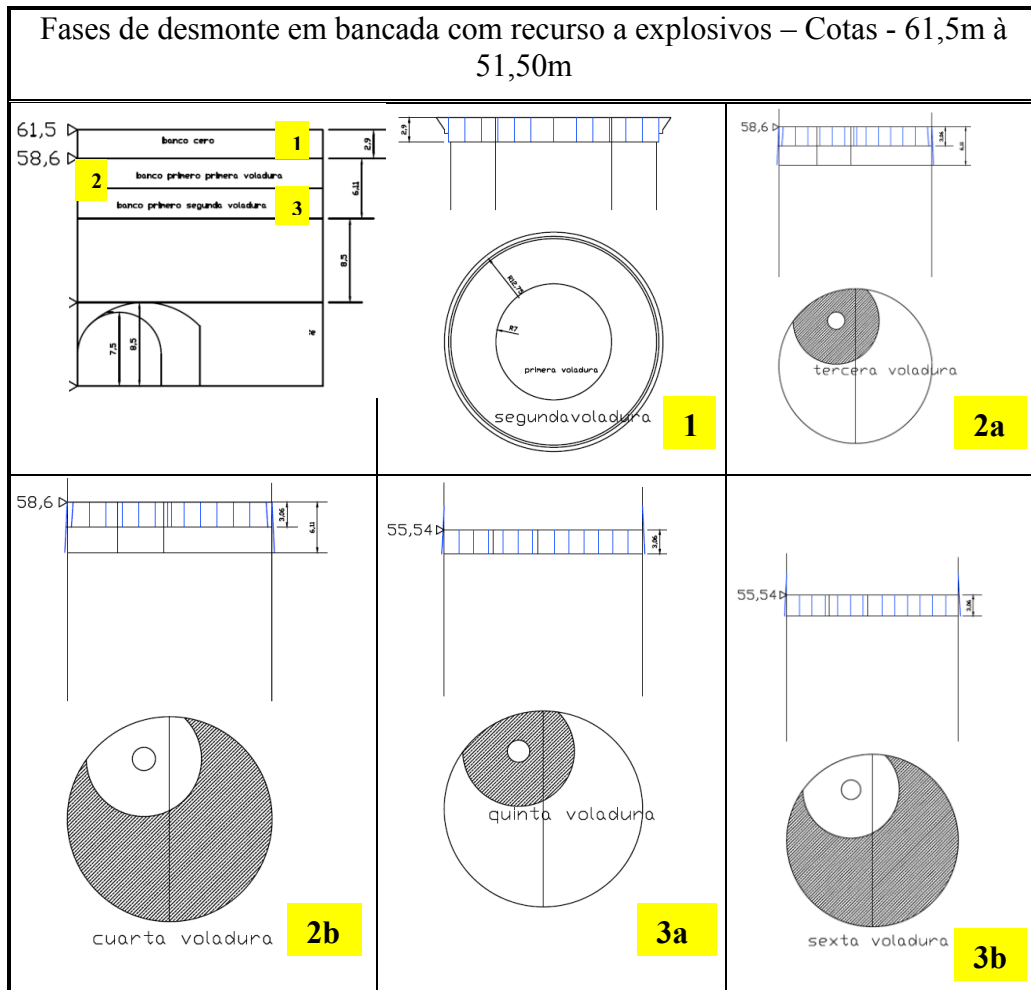
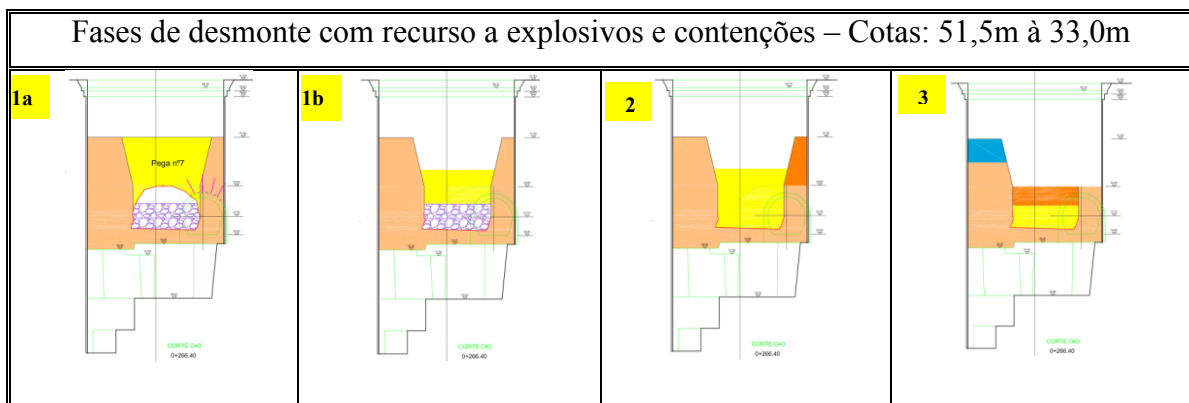


Tabela 5 - Fases de desmonte em bancada com recurso a explosivos – Cota 61,5m à 51,50m

As 8 fases seguintes encontram-se distribuídas entre as cotas 51,50m e 33,00m. Destas 8, 7 são fases principais, sendo que apenas a primeira se encontra dividida em duas. Seguidamente apresenta-se uma tabela com as fases de escavação assim como a posição das contenções aplicadas durante o processo de escavação.



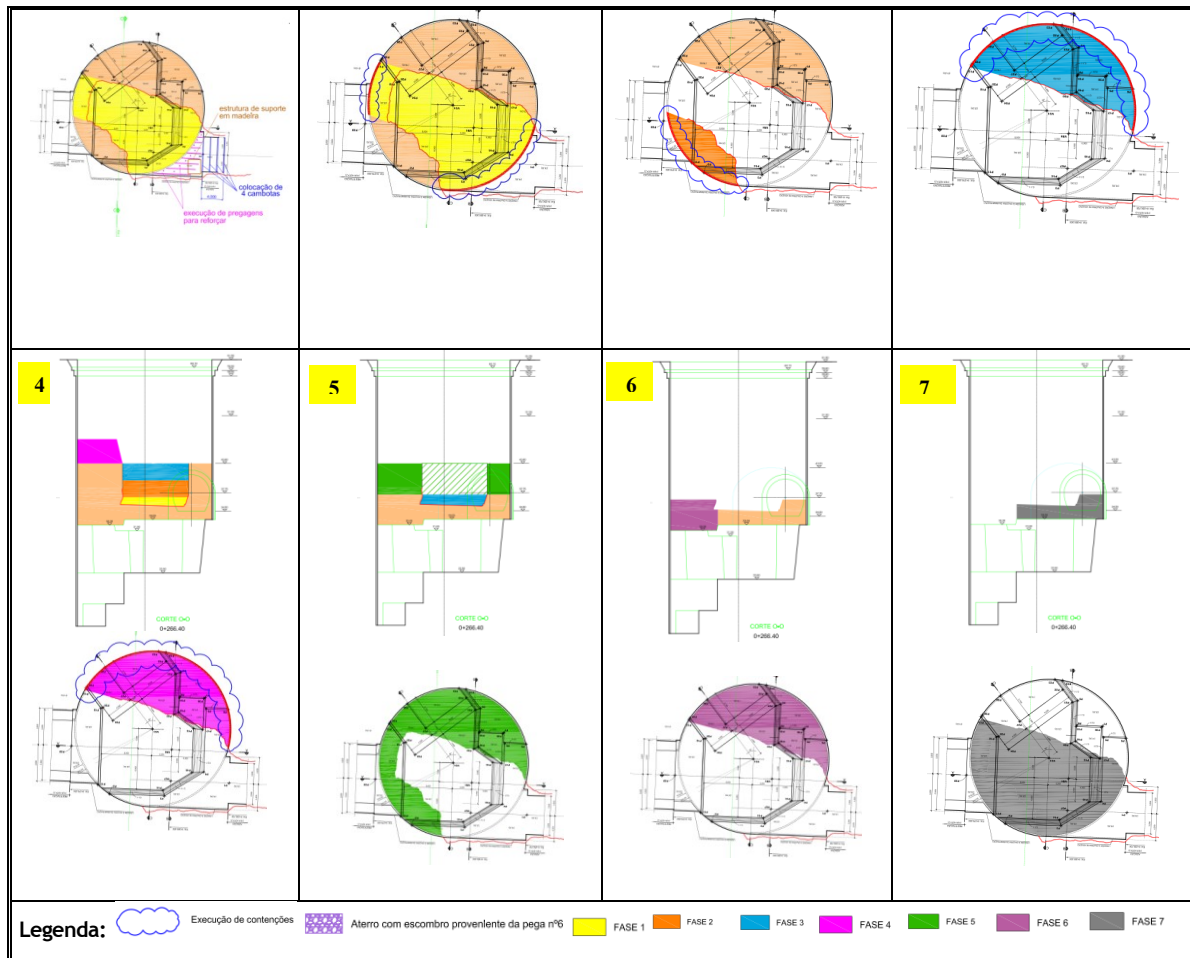


Tabela 6 - Fases de desmonte com recurso a explosivos e contenções – Cota 51,5m à 33,0m

As últimas fases de escavação estão compreendidas entre as cotas 33,00m e 14,00m. A sua escavação é feita recorrendo a bancadas de 4m, sendo que o material resultante da explosão é retirado do local através da galeria de adução.

À medida que a escavação progride são instaladas as medidas de contenção preconizadas no Projeto de Execução, nomeadamente pregagens e betão projetado.

✘ *Betão de regularização*

Antes de se iniciarem os trabalhos de montagem das armaduras do poço da central é necessário colocar uma camada de betão que regularize a base do poço, de modo a que a superfície de apoio das armaduras seja regular.

O betão é descarregado na frente de trabalho recorrendo a autobomba ou a balde de descarga suspenso numa grua móvel.

✘ *Montagem da armadura*

As armaduras, cortadas, moldadas e etiquetadas no estaleiro de ferro, são descarregadas o mais próximo da frente de aplicação possível, utilizando gruas móveis para o efeito.

O processo de montagem das armaduras é sequencial, sendo feito de baixo para cima e iniciando-se com a colocação das armaduras verticais, seguidas das longitudinais, segundo o preconizado no Projeto de Execução.

➤ Soleira

Tendo em conta que se trata de um elemento de desenvolvimento horizontal, as armaduras são colocadas diretamente sobre o betão de limpeza, que se deve encontrar devidamente limpo.

Uma vez montadas as armaduras, são colocados os espaçadores, sendo que, pontualmente, pode ser necessária a utilização de um pé de cabra para levantar o conjunto, de modo a colocar estas peças sob a armadura.

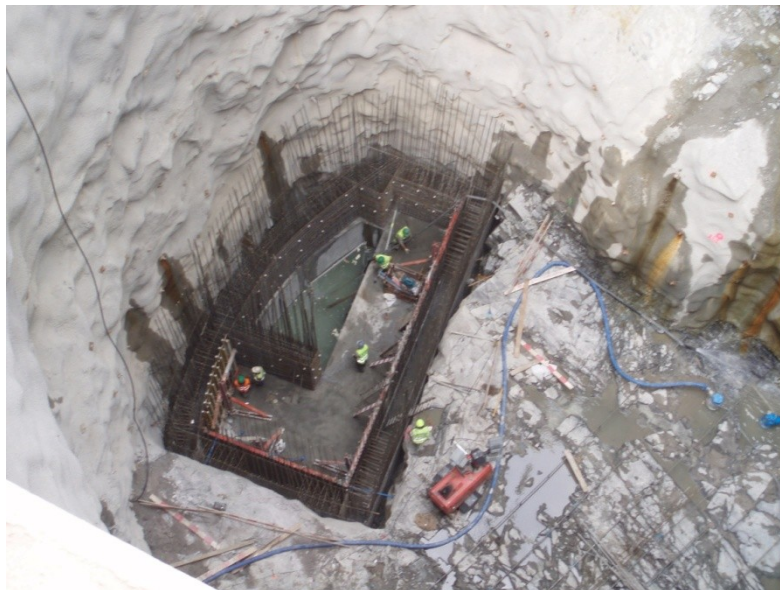


Figura 35 – Armaduras da sapata do poço da central

➤ Paredes/vigas

A montagem das armaduras das paredes do poço da central é feita em duas fases, sendo a primeira entre as cotas 17,00m a 19,50m e a segunda entre as cotas 19,50m e a 25,00m.

Para a primeira fase, a montagem das armaduras é feita a partir da soleira (já betonada) e com auxílio de plataformas de trabalho (do tipo PERI UP 70).

Para a fase seguinte, as armaduras são montadas recorrendo às plataformas de trabalho do sistema de cofragem trepante adotado para esta obra.

✖ *Cofragem*

A cofragem dos elementos do poço da central é de dois tipos: um sistema painéis metálicos com superfície cofrante de madeira (adotado para a soleira e para a primeira fase das paredes) e um sistema de cofragem trepante (adotado para a segunda fase das paredes).

Ambos os conjuntos de cofragem são colocados na frente utilizando guas móveis, sendo que estes equipamentos são também utilizados como auxiliar durante a colocação dos painéis nos seus locais.



Figura 36 – Cofragem da sapata do poço de drenagem

✖ *Betonagem*

Uma vez terminados os trabalhos de montagem de armaduras e cofragem, inicia-se a betonagem dos elementos.

➤ Soleira

A betonagem da soleira do poço de drenagem é efetuada com recurso a autobomba ou, eventualmente, a balde de betão suspenso por uma grua móvel.

A compactação do betão é feita com vibradores elétricos.

➤ Paredes/vigas

A betonagem das paredes do poço é feita recorrendo a uma bomba de betão, devidamente estabilizada junto à abertura do poço. A bomba é dotada de uma mangueira cujo comprimento permite que o betão chegue à frente de trabalho.

A compactação do betão é feita com recurso a vibradores elétricos, sendo feita com os trabalhadores colocados nas plataformas do sistema de cofragem.

✕ *Descofragem*

A desmontagem dos sistemas de cofragem é feita na ordem inversa à adotada durante a montagem dos painéis.

Para auxiliar o processo de descofragem são utilizadas gruas móveis, que sustentam os painéis durante a sua desmontagem.

2.6.3. Galeria de restituição

A galeria de restituição é um túnel de pequeno desenvolvimento, cuja função é encaminhar a água depois de esta ser turbinada na central até ao leito do rio.



Figura 37 – Galeria de restituição

Tendo em conta as grandes solicitações impostas pela água que sai das turbinas da central, é necessário garantir que a soleira da restituição possui capacidade resistente suficiente para aguentar as ações impostas.

Atendendo ao facto de se tratar de um elemento de grandes dimensões, o que dá origem a grandes volumes de betão, a construção da galeria de restituição é feita por fases:

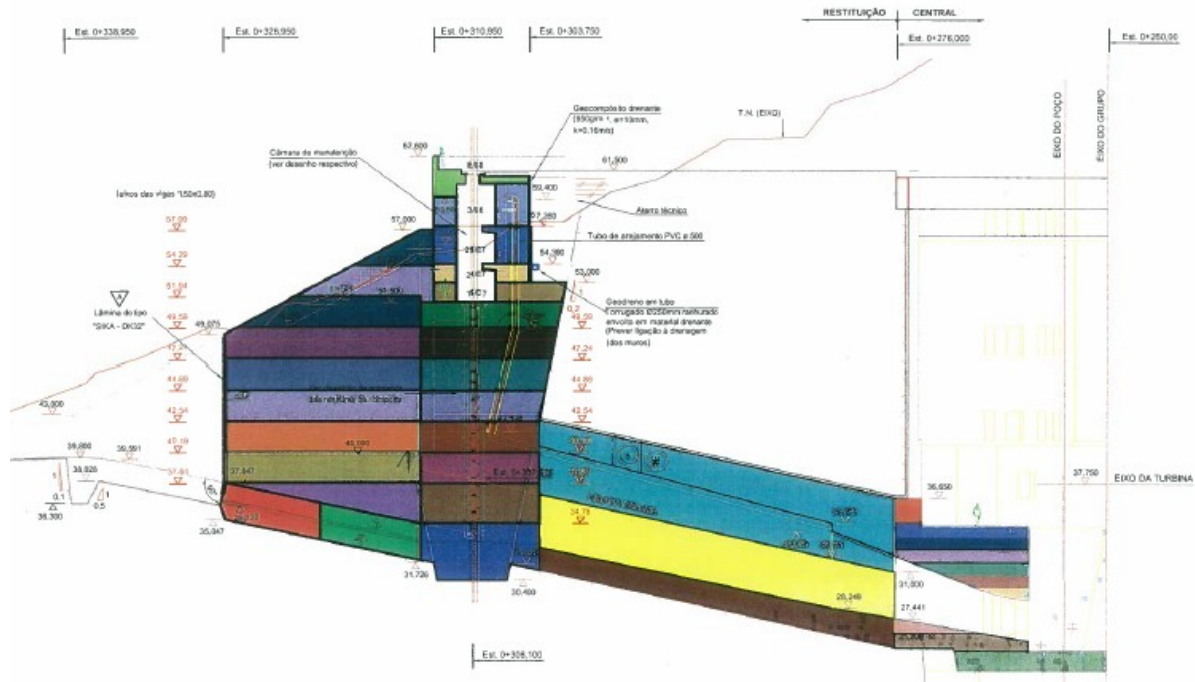


Figura 38 – Faseamento das betonagens da galeria de restituição (Fonte: PTRE)

Seguidamente apresenta-se o processo de execução da galeria de restituição.

✘ *Trabalhos preparatórios*

Antes de se iniciarem os trabalhos, há que proceder à limpeza do maciço escavado. É necessário garantir que não existem depósitos de água e que o material solto é removido.

Esta limpeza é feita com recurso a uma giratória, a ferramentas manuais e a sistemas de bombagem.

Uma vez terminados os trabalhos de limpeza, procede-se ao levantamento topográfico do elemento a betonar, de modo a que se conheçam as quantidades de betão necessárias para atingir as dimensões especificadas no Projeto de Execução.

✘ *Montagem da armadura*

Com o maciço saneado, é possível iniciar a montagem das armaduras. Estas são moldadas e etiquetadas no estaleiro de ferro da obra, sendo, depois, transportadas até ao local de montagem. A sua aplicação em obra é feita com recurso a uma grua móvel ou um multifunções, que suspendem a armadura (em pelos menos dois pontos), auxiliando a ação dos armadores de ferro.



Figura 39 – Armaduras inferiores da soleira da saída da galeria de restituição

Para montar as armaduras da malha superior da soleira, os trabalhadores colocam-se sobre a malha inferior e montam os varões por cima de si, criando um cesto de armadura.



Figura 40 – Malha superior da soleira

✘ *Cofragem*

A cofragem deste elemento é feita com recurso a painéis metálicos com uma superfície cofrante de madeira, devidamente escorados contra o terreno.

A colocação destes painéis é efetuada com o auxílio de uma grua móvel.



Figura 41 – Cofragem da soleira

✘ *Betonagem*

A betonagem da soleira é efetuada com recurso a uma autobomba, sendo que os trabalhadores estão colocados sobre a armadura superior durante o processo de descarga de betão. Deste modo, devem ser criados corredores de circulação sobre a malha de aço para facilitar a circulação dos trabalhadores.

✘ *Descofragem*

Uma vez atingida a resistência pretendida para o betão, pode começar-se a descofragem do elemento.

Este processo inicia-se com o desaperto das porcas que unem os painéis entre si, sendo que, depois de retiradas estas peças, são retirados os esticadores.

Uma vez retirados estes dois componentes, procede-se à amarração dos painéis a um meio de elevação (grua móvel) que os elevará e retirará do local.

No final da descofragem, iniciam-se os trabalhos de montagem das armaduras da parede da galeria de restituição, mantendo-se a sequência acima apresentada.



Figura 42 – Soleira em betão e armaduras das paredes

2.7. *Fabrico de betão*

Tratando-se esta obra de uma barragem, o fabrico e estudo do betão são dois componentes essenciais do empreendimento.

2.7.1. *Instalações*

Neste subcapítulo serão abordadas três instalações cujo funcionamento está intimamente ligado ao betão. São elas as centrais de betão (principal e auxiliar), o laboratório e os dois blondins.

✘ *Central de betão*

Na presente obra estão instaladas 3 centrais de betão: 2 no escalão de Ribeiradio e 1 no escalão de Ermida.

Das 2 centrais do escalão de Ribeiradio, a central principal produz os betões para o corpo da barragem (betões com agregados de dimensão mais elevada e cuja classe de consistência é S1 ou S2) enquanto que a outra central produz os betões correntes utilizados em outras atividades, como seja projeção de betão em taludes ou para a betonagem de elementos provisórios.

A central principal tem uma capacidade de produção de 250 m³/h de betão enquanto que a central auxiliar pode produzir até 100 m³/h.

As duas centrais de betão são alimentadas por silos de areia, cimento e cinzas colocados nas imediações das instalações. Os agregados provêm de um local onde estão depositados. De seguida apresenta-se uma fotografia legendada das duas centrais de betão do escalão de Ribeiradio, seguida pela explicação do processo de funcionamento destas instalações.



Figura 43 – Instalações da central de betão

Para levar os agregados à central de betão, uma pá carregadora transporta-os desde a tolva de britas (local de armazenamento) até às tremonhas móveis, local onde descarrega os agregados. Estas, encaminham os agregados para as cintas, que os transportam até à misturadora da central. Aí, os agregados são misturados com o ligante (cimento), com as cinzas, com as areias (que no caso da central principal são, também, carregadas pela tolva e encaminhadas por tapetes até à misturadora; no caso da central auxiliar ou secundária, as

areias são provenientes de silos e encaminhadas por cintas ou tapetes até à misturadora), com os aditivos e com a água.



Figura 44 – Stockagem de agregados

Uma vez na misturadora, os componentes do betão são misturados de forma a formarem uma pasta (betão). Esta é descarregada para uma autobetoneira ou para um silobus (dependendo do local para onde se vai transportar o betão), que estão colocados por baixo da misturadora.

A central é operada a partir de uma cabine, onde um manobrador controla o processo com recurso a um computador e a um painel de comando, que lhe fornecem as informações necessárias para que este possa manobrar a central.



Figura 45 – Painel de comando da central de betão

Sendo as centrais de betão instalações que requerem um elevado consumo de água, é necessário garantir que as quantidades necessárias são fornecidas às instalações. Assim, recorreu-se a um sistema de captação de água no rio Vouga, que fornecerá a água necessária ao funcionamento da central.

Seguidamente far-se-á uma pequena descrição das atividades necessárias para a instalação e montagem da central.

➤ Terreno para a fundação

Para instalar a central há que, primeiro, proceder à preparação do terreno que a irá suportar. Assim, depois de feita a implantação topográfica, faz-se a limpeza e regularização do terreno.

A esta operação segue-se a betonagem do maciço, feita por descarga direta e/ou com o auxílio de uma retroescavadora, para dentro das cofragens previamente colocadas nos locais marcados topograficamente.

➤ Muros de contenção

Sempre que se pense necessário, devem ser executados muros de betão armado, de modo a que se faça a contenção dos terrenos nas proximidades da central.

Para a execução destes muros, as armaduras são montadas in situ ou são utilizadas armaduras pré-fabricadas. Quando montadas Depois de colocadas as armaduras, é montada a cofragem dos elementos a betonar, sendo que se deve ter em atenção o escoramento dos painéis.

Uma vez colocadas as cofragens, betonam-se as peças de betão, utilizado um balde ou recorrendo a autobomba.

➤ Montagem do corpo central, passadiços, guarda-corpos e escadas de acesso

Os componentes do corpo da central e restantes peças são transportados por camião até à obra. O corpo central vem montado num camião transportador.

Todos os componentes são descarregados com o auxílio de uma grua móvel no local de montagem ou no estaleiro de apoio.

A primeira parte da central a ser montada é a estrutura metálica de apoio, que é constituída por elementos metálicos verticais e horizontais. Estes elementos formam pórticos que são montados ao nível do solo, sendo, posteriormente, colocados nos seus locais de implantação com o auxílio de uma grua móvel (que os movimenta recorrendo a lingas fixadas a dois pontos na parte superior do pórtico) e, depois, devidamente escorados.

Os pórticos são ligados entre si através de elementos metálicos verticais, transportados por uma grua móvel e montados com recurso a uma plataforma elevatória. A ligação entre elementos é feita com recurso a soldaduras ou a ligações aparafusadas.

Os restantes elementos do corpo da central são montados sobre esta estrutura metálica, que lhes serve de suporte.

Para montagem da plataforma de amassadura, onde se encontra a misturadora, há que, primeiro, montar as primeiras 2 plataformas de suporte dos silos. Para esta montagem, em primeiro lugar, procede-se à colocação da primeira e da segunda plataformas, recorrendo a uma grua móvel. Depois de colocadas no seu local, as estruturas são aparafusadas à estrutura metálica de suporte, passando-se, em seguida, à elevação e colocação da misturadora no negativo existente nas plataformas dos silos. Uma vez corretamente posicionada, a misturadora é fixa à estrutura existente recorrendo a ligações aparafusadas.

A montagem dos passadiços é feita ao nível do solo, sendo estes, posteriormente, elevados pela grua móvel até ao local correspondente e ligados à estrutura metálica.

As escadas de acesso são, também, movimentadas com recurso a grua móvel, sendo elevadas e colocadas nos locais respetivos, sendo, depois, fixas à estrutura recorrendo a ligações aparafusadas.

➤ Montagem e colocação dos silos de cimento

Os silos são montados ao nível do solo, sendo que os guarda-corpos e as escadas de acesso que lhe pertencem são montados com os silos deitados.

Uma vez montados todos os componentes, os silos são elevados com recurso a uma grua móvel, que os coloca no local de fixação, onde são aparafusados.

➤ Montagem das tolvas dos agregados

As tolvas dos agregados são colocadas em cima de uma base de betão (executada previamente) sob uma estrutura metálica (bastidor). Esta estrutura, depois de colocada em cima do betão, é fixada com recurso a ligações aparafusadas.

➤ Montagem do distribuidor de agregados

Este equipamento é responsável por conduzir os agregados para as respetivas tolvas de armazenamento. Deste modo, é montado sobre essas mesmas tolvas, com o auxílio de uma grua móvel e aparafusado aos locais devidos.

➤ Montagem da tolva de alimentação

Esta tolva é responsável por encaminhar os agregados para a misturadora. É montada em duas fases, sendo que a primeira consiste na montagem da estrutura de suporte ao nível do solo e posterior elevação e fixação (com recurso a grua móvel e plataformas elevatórias para os trabalhadores) e a segunda consiste na colocação e aparafusamento da tolva à estrutura de suporte.

➤ Montagem do tapete do elevador

Este tapete tem como função transportar os agregados desde o distribuidor de agregados até à tolva de alimentação da central.

Deve ser montado ao nível do solo para depois ser elevado até ao local de fixação com uma grua móvel.

➤ Montagem dos restantes silos

Os restantes silos de apoio à central (silos de cinzas, areias, etc.) são transportados até à obra em módulos, para depois serem montados.

Os silos são constituídos pela base (pilares e respetivo travamento e cone inferior) e pelos anéis (que, sobrepostos, formam o recipiente cilíndrico).

A base é montada primeiro, ao nível do solo e virada para baixo. No final da sua montagem, procede-se à sua viragem, utilizando para o efeito 2 guias móveis. A primeira grua, com as lingas fixadas a meia-altura, levanta a base ainda virada ao contrário.

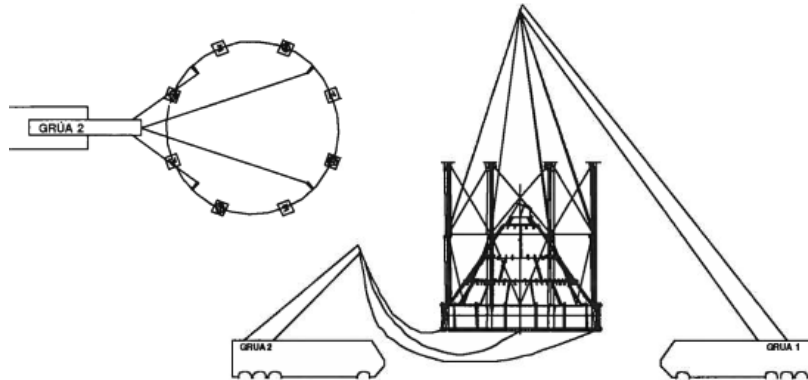


Figura 46 – Primeira fase da viragem da base do silo (Fonte: PTRE)

Quando esta estiver elevada a uma altura correspondente a metade da altura da base, a segunda grua (com as lingas presas à extremidade superior da estrutura) inicia o processo de viragem, girando a base 180°.

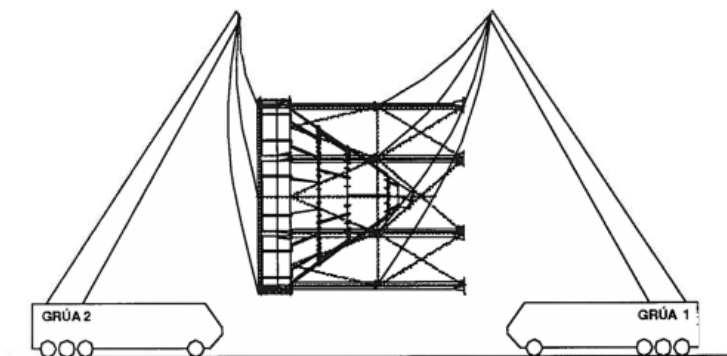


Figura 47 – Segunda fase da viragem do silo (Fonte: PTRE)

Uma vez terminada a operação de viragem, a base é colocada no local de implantação, em cima dos chumbadouros presos às sapatas de betão, aos quais é fixada.

Os anéis são montados, também, ao nível do solo. São colocados justapostos de modo a formar um anel completo, para depois serem sobrepostos para formar o corpo do silo. As ligações entre peças são feitas recorrendo a porcas e parafusos.

Uma vez montados, os anéis são colocados em cima do cone e a ele aparafusados.

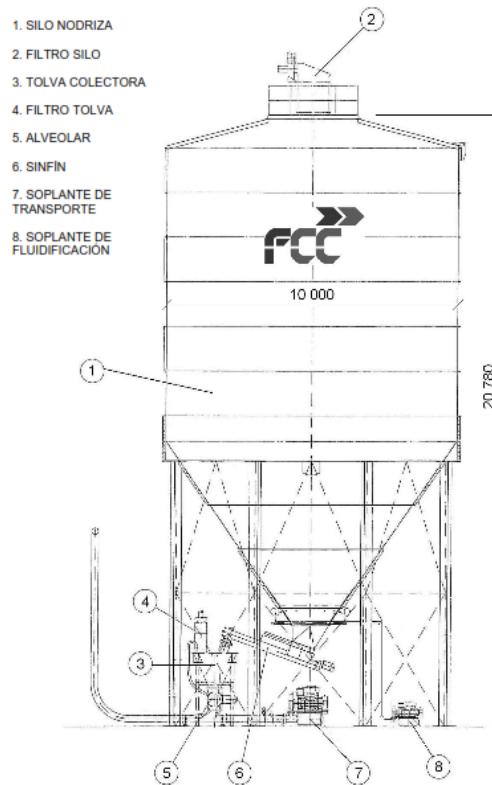


Figura 48 – Exemplo de um silo (Fonte: Manual da central de betão)

Uma vez montados todos os componentes da central, são feitos ensaios ao seu funcionamento, sendo que o seu objetivo é testar a funcionalidade da central e os seus sistemas de paragem de emergência.

✖ *Laboratório*

Para avaliar as características dos materiais utilizados em obra, está instalado no estaleiro um laboratório com equipamentos específicos e pessoal competente para fazer os devidos ensaios.

Por exigência do caderno de encargos, existem diversos ensaios obrigatórios, sendo que grande parte deles, por impossibilidade de se realizarem em obra, são realizados noutros locais.

Seguidamente apresenta-se uma lista de todos os ensaios/inspeções exigidas e dos objetivos de cada verificação.

Material/equipamento	Ensaio/inspeção	Objetivo
Cimentos	Verificação da guia de remessa	Confirmação do tipo e proveniência e registo do nº do silo onde é feita a descarga
	Determinação das propriedades físicas e mecânicas NP EN 197-1	Verificação da conformidade
	Determinação do calor de hidratação LNEC E 68	Verificação da conformidade
	Determinação das propriedades físicas NP EN 197-1	Verificação da conformidade
Cinzas volantes	Verificação da guia de remessa	Confirmação do tipo e proveniência e registo do nº do silo onde é feita a descarga
	Determinação das propriedades físicas e mecânicas NP EN 450-1	Verificação da conformidade
	Determinação das propriedades físicas NP EN 450-1	Verificação da conformidade
Adjuvantes	Verificação da guia de remessa	Confirmação do tipo e proveniência
	Determinação das características NP EN 934-2	Verificação da conformidade
Agregados para betão projetado e betão corrente	Inspeção visual na proveniência	Assegurar a regularidade na qualidade da rocha
	Análises granulométricas NP EN 933-1	Verificação da conformidade
	Determinação do teor de humidade das areias e britas NP EN 1097-5	Assegurar a relação água-cimento
	Ensaio de Los Angeles (resistência à fragmentação) NP EN 1097-2	Verificação da conformidade
	Determinação da massa volúmica e absorção de água NP EN 1097-6	Verificação da conformidade e regularidade
	Determinação da temperatura dos agregados	Verificação da conformidade
	Determinação do índice volumétrico LNEC E 223	Verificação da conformidade
Água de amassadura para betão corrente e betão projetado	Determinação das características NP EN 1008	Verificação da conformidade
Propriedades do betão fresco, para betões correntes e betões projetados	Inspeção visual ao estado de segregação, exsudação e coesão	Assegurar a adequada compacidade e homogeneidade do betão
	Determinação da temperatura do betão	Assegurar a conformidade
	Determinação da massa volúmica NP EN 12350-6	Verificação da conformidade com os valores de referência
	Determinação da consistência do	Assegurar a conformidade

	betão NP EN 12350-2	
	Determinação da relação água-ligante	Assegurar a conformidade
	Determinação do teor em ar NP EN 12350-7	Verificação da conformidade com os valores de referência
Betão endurecido (betão corrente)	Determinação da resistência mecânica em compressão (betão crivado)	Verificação da conformidade
	Determinação da resistência mecânica em compressão (betão integral)	Verificação da conformidade
	Determinação da resistência em tração (método brasileiro)	Verificação da conformidade
	Determinação do módulo de elasticidade	Controlo da composição
	Determinação da massa volumica dos provetes	Controlo da composição
	Determinação da permeabilidade do betão	Controlo da composição
	Comparação betão integral-betão crivado	Verificação da correlação para cada composição de $D_{máx}$ superior a 37.5mm
Betão projetado	Determinação da espessura das camadas	Verificação da conformidade
	Determinação da quantidade de fibras no betão fresco	Verificação da conformidade
	Determinação a quantidade de fibras no betão endurecido	Verificação da conformidade
	Determinação da resistência em compressão	Verificação da conformidade
	Determinação da energia de absorção	Verificação da conformidade
	Determinação da densidade seca	Controlo da composição
	Determinação da absorção de água em aplicações definitivas	Verificação da conformidade
	Determinação da porosidade em aplicações definitivas	Verificação da conformidade
Armaduras ordinárias	Verificação documental do fabricante e dos produtos certificados	Verificar o cumprimento da legislação e normalização aplicáveis
	Verificação da guia e da documentação do fornecimento	Confirmação do tipo e proveniência
	Determinação da resistência à tração	Verificação da conformidade
	Determinação da aderência	Verificação da conformidade

Tabela 7 – Listagem de ensaios exigidos

Dos ensaios supracitados são realizados, na obra, os seguintes:

Cimentos:

- Verificação da guia de remessa.

Cinzas volantes:

- Verificação da guia de remessa.

Adjuvantes:

- Verificação da guia de remessa.

Agregados:

- Inspeção visual na proveniência;
- Análises granulométricas (feitas no laboratório);
- Teor de humidade de areias e britas (feita no laboratório);
- Resistência à fragmentação (feita no laboratório);
- Temperatura dos agregados;
- Índice volumétrico (feito no laboratório).

Propriedades do betão fresco:

- Inspeção visual da segregação, exsudação e coesão;
- Temperatura do betão (feita no laboratório);
- Massa volúmica (feita no laboratório);
- Consistência do betão (feita no laboratório);
- Relação água-ligante;
- Teor em ar.

Betão endurecido:

- Massa volúmica dos provetes (parte feita no laboratório);
- Relação betão integral-betão crivado (parte feita no laboratório).

Betão projetado:

- Espessura das camadas;
- Quantidade de fibras no betão fresco (feita no laboratório);
- Quantidade de fibras no betão endurecido (feita no laboratório);
- Resistência em compressão (feita no laboratório);
- Densidade seca (feita no laboratório).

Armaduras ordinárias:

- Verificação da documentação do fabricante e dos produtos certificados;
- Verificação da guia e da documentação do fornecimento.

Estes ensaios permitem fazer o estudo e o controlo dos materiais aplicados na obra, especialmente dos betões utilizados.

Tendo em conta que o betão é o material principal nesta obra e que eram recolhidas diversas amostras para ensaio, referem-se as seguintes dimensões para os cubos/cilindros de betão e os respetivos ensaios:

- Ensaio de resistência à compressão: cubos de 15x15x15cm;
- Ensaio de penetração de água: cubos de 15x15x15cm;
- Ensaio de resistência à tração: cilindros de 45x45cm;
- Ensaio para determinação do módulo de elasticidade: 45x90cm.

Por imposição do Caderno de Encargos, existia, também, uma limitação correspondente à máxima temperatura do betão à saída da central de fabrico. Segundo este documento, o betão não podia ser aplicado se a sua temperatura fosse superior a 25°C. Tal deve-se ao facto de, ao atingir temperaturas muito elevadas durante a cura, o betão fissurar, podendo, deste modo, perder a sua impermeabilidade. Assim, ao limitar a temperatura de aplicação, procura-se através de uma metodologia passiva diminuir o efeito da fissuração no betão, de modo a que a estrutura betonada não permita a passagem de água. Com critérios restritos nas escolhas dos constituintes do betão, no controlo do fabrico e aplicação garante-se em conjunto de requisitos fundamentais que tornam o betão num material capaz de garantir os requisitos base do projeto onde o período de vida útil é de 100 anos, Classe S6, para este tipo de estrutura.

✕ *Blondin*

Tendo em conta o volume de betão necessário para o enchimento do corpo da barragem, é necessário adotar um sistema de transporte que permita a betonagem de forma eficiente dos blocos de betão. Deste modo, foi adotado um sistema de transporte por Blondins.



Figura 49 – Sistema de Blondin

Um Blondin é um meio de transporte que tem por base a movimentação de um carro de suporte ao longo de cabos, esticados e amarrados em dois pontos opostos. Estes pontos podem estar ambos móveis ou podem estar um móvel e um fixo (caso dos dois Blondins instalados na obra em estudo). Tal permite a movimentação do carro de rolamento e seu posicionamento na direção transversal aos blocos. Os movimentos no ponto móvel são conseguidos à custa de um sistema de carris, nos quais se desloca um carrinho ao qual estão presos os cabos que suportam o carro de rolamento.

O ponto fixo é constituído por um maciço de betão, devidamente dimensionado para suportar as cargas elevadas pelo carro de rolamento. Neste ponto são descarregadas grande parte das cargas suportadas pelos cabos, sendo que é também nele que é feita a passagem dos cabos desde os cabrestantes até às polias (figura 48).

Os cabos do Blondin têm duas funções: parte deles é utilizado para fazer a elevação das cargas no carro de rolamento e a outra parte é utilizada para fazer a translação do carro.

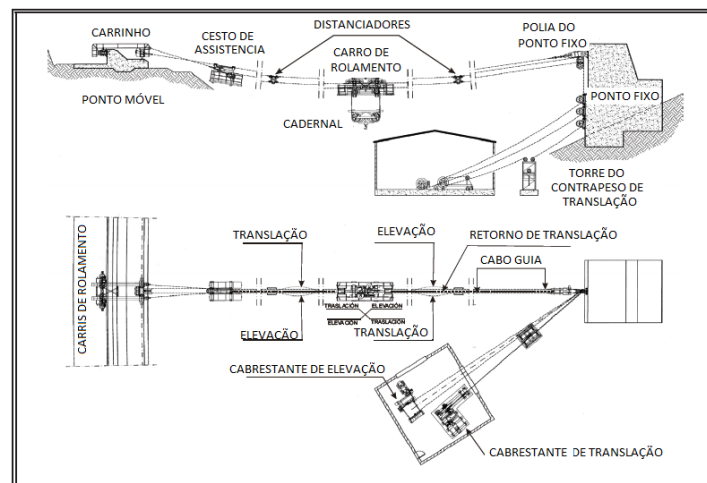


Figura 50 – Esquema tipo de Blondin (Fonte: PTRE)

Para a presente obra foram instalados dois Blondins (dois carros de rolamentos) uma vez que, deste modo, é possível realizar as betonagens com maior rapidez.

O ciclo de operação dos Blondins para as betonagens é o seguinte: O operador do Blondin manobra o dispositivo, transportando o balde até ao cais de baldes, onde é carregado por descarga direta do silobus (previamente cheio de betão proveniente da central de betão da obra). Em seguida é feito o transporte do balde até à frente de betonagem. Ao fazer a aproximação a esse local, um sinaleiro dá indicações ao operador via rádio, de modo a que

este proceda a baixa velocidade até ao local de descarga. Uma vez feita a descarga do betão, o ciclo reinicia-se.

Para além de serem utilizados para a betonagem dos blocos do corpo da barragem, os Blondins podem, também, ser utilizados para o transporte de materiais e equipamentos (sistemas de cofragem, geradores, contentores, giratórias, etc.).

Seguidamente apresentam-se alguns dos componentes do Blondin.

➤ Carris de circulação

Para que um dos pontos dos Blondins se mova, é necessário instalar um sistema de carris que permita que o ponto de fixação dos cabos (carrinho) se possa deslocar em cima do maciço de betão.



Figura 51 – Escoramento dos carris antes da soldadura

➤ Torres móveis (carrinhos)

As torres móveis dos Blondins são dois elementos onde se encontram ancorados os cabos dos Blondins e que permitem a sua movimentação ao longo do ponto móvel. São assentes nos carris (referidos anteriormente), sobre os quais se deslocam.



Figura 52 – Torres móveis dos Blondins

➤ Carros de rolamentos

Os carros de rolamentos são responsáveis pela translação dos Blondins ao longo dos cabos presos nos dois pontos das margens. É nestes elementos que passam os cabos que prendem os elementos a transportar (neste caso, os baldes de betão para as betonagens do corpo da barragem).



Figura 53 – Carros de rolamentos

➤ Ensaios

Depois de terminadas todas as instalações, há que proceder a testes, de modo a que se possa despistar algum erro de montagem e determinar se o conjunto se comporta como esperado.

Para tal, é efetuado um conjunto de ensaios, através dos quais é possível analisar o comportamento dos Blondis.

Os ensaios a realizar são os seguintes:

- Ensaio de carga;
- Ensaio de elevação/translação;
- Ensaio estático e dinâmico (da estrutura);
- Ensaio de sistemas de fim de linha (para o ponto móvel);
- Ensaio de comandos;
- Ensaio de comunicações (utilizando rádio).

➤ Manutenção

As operações de manutenção dos Blondins são feitas por pessoas especializadas, sendo que podem ser de duas categorias: verificação de cabos e sistemas de roldanas e manutenção e lubrificação dos sistemas rotativos. A primeira é feita com o sistema em funcionamento, estando o operador de manutenção e o blondinista em constante comunicação via rádio para coordenarem as tarefas, fazendo a manutenção em conjunto.

2.8. Betonagem do corpo da barragem

A betonagem do corpo da barragem é uma das atividades mais importantes na construção do conjunto de infraestruturas que compõem uma barragem.

Por se tratar de um elemento de grandes dimensões, a sua betonagem é faseada, sendo, assim, o corpo da barragem betonado por blocos. Este faseamento é apresentado no anexo IV deste trabalho.

Devido ao facto de este trabalho ter tido por base as atividades observadas em obra e de o tempo de permanência na obra não ter permitido a observação do início das betonagens da fundação e do corpo da barragem, apenas se vão listar algumas curiosidades acerca do processo de betonagem destes elementos, assim como se apresentarão, também, fotografias (fornecidas pela equipa da obra) da atividade.

Desta forma, têm-se as seguintes curiosidades:

- A betonagem é feita recorrendo a baldes de 6m^3 , transportados pelos Blondins;



Figura 54 – Descarga do balde de betão

- O espalhamento do betão é feito recorrendo a bulldozers;



Figura 55 – Espalhamento do betão

- A vibração do betão é feita recorrendo a vibradores suspensos nas cabeças das escavadoras.



Figura 56 – Sistema de vibração do betão

3. Considerações Finais

O objetivo principal do presente trabalho foi que o acompanhamento do desenrolar das atividades em curso na obra durante o tempo de permanência no estaleiro de modo a que, através dele, fosse possível descrever quais os processos construtivos a utilizar para a construção da barragem e infraestruturas anexas. Tomando tal em conta, pode considerar-se que o objetivo foi cumprido, uma vez que o presente relatório foi elaborado com recurso ao que foi observado em obra.

Tendo este trabalho sido baseado nas atividades observadas em obra durante o tempo de estágio, podem fazer-se as seguintes afirmações, em jeito de conclusões finais:

- A execução de uma empreitada da dimensão de uma barragem envolve um número muito elevado de atividades auxiliares (sendo que com auxiliares se pretende dizer que são atividades que não estão diretamente ligadas à construção da barragem mas que são essenciais para que esta se possa efetuar);
- Uma empreitada desta dimensão requer, devido à sua complexidade, a presença de pessoal especializado em diferentes áreas da Engenharia Civil, de modo a que seja feito o acompanhamento devido em cada atividade;
- É necessário um elevado grau de coordenação entre os muitos recursos disponíveis (sejam eles trabalhadores, equipamentos ou materiais), de modo a que a obra se possa processar da forma mais eficiente possível.

4. Bibliografia

PINHEIRO, António Nascimento (2007). DESCARREGADORES DE CHEIAS EM CANAL DE ENCOSTA. DIMENSIONAMENTO E IMPLANTAÇÃO. Estruturas hidráulicas. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

JANSEN, Robert B. (1988). ADVANCED DAM ENGINEERING FOR DESIGN, CONSTRUCTION AND REAHABILITATION. Van Nostrand Reinhold, New York.

Portaria nº 846/93. 1993. Normas de Projeto de Barragens.

Regulamento de Segurança de Barragens. 2007

Sites consultados:

INTERNATIONAL COMISSION ON LARGE DAMS. [Consult. 02, Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.icold-cigb.net/> >.

THE BRITISH DAM SOCIETY. [Consult. 02, Maio 2012]. Disponível em WWW:<URL: http://www.britishdams.org/about_dams>.

Documentos consultados:

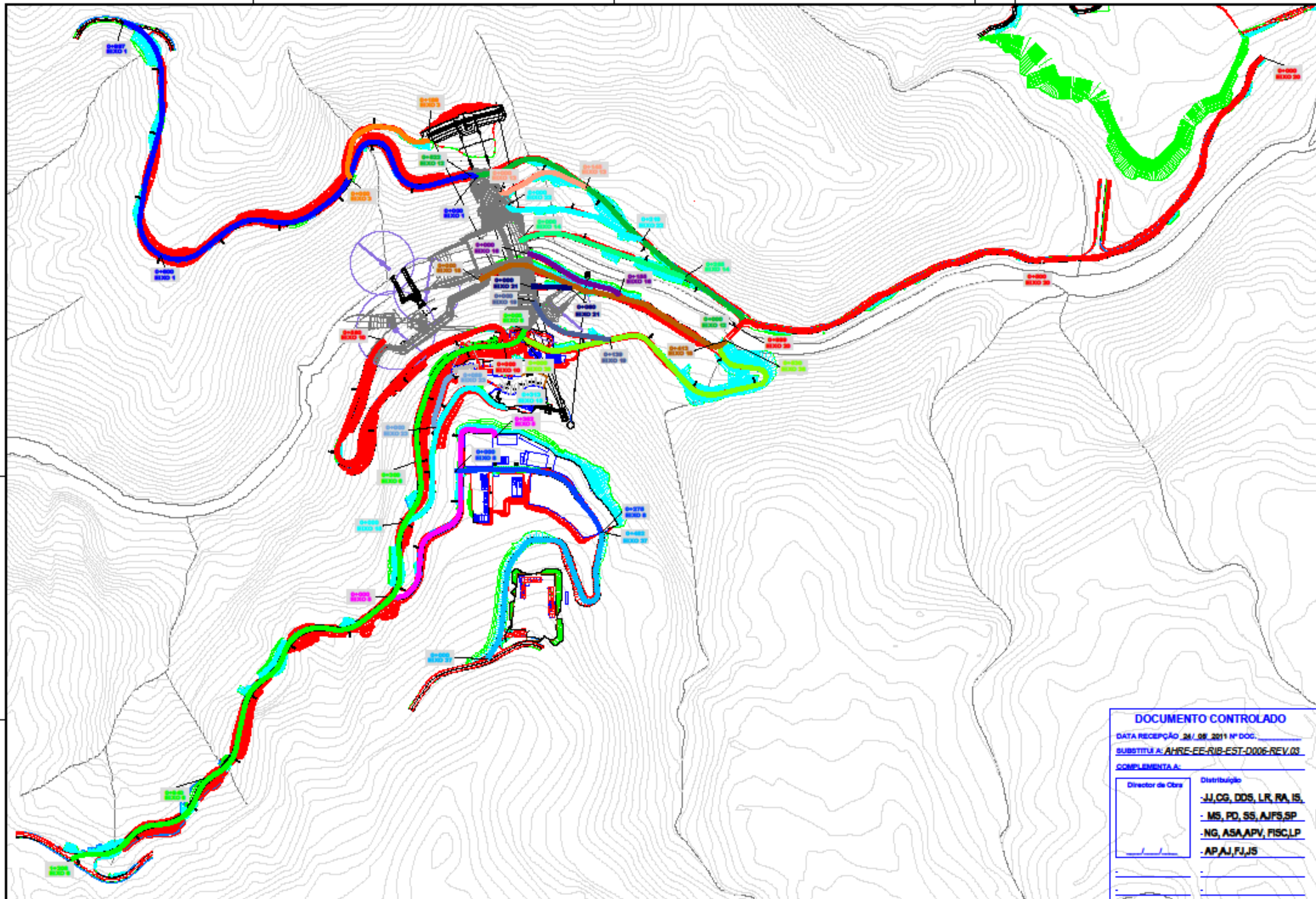
Planos de Trabalhos com Riscos Especiais (PTRE's) da obra;

Desenhos da obra.

Anexos

Anexo I

Planta de Estaleiro



DOCUMENTO CONTROLADO	
DATA RECEPÇÃO	24 / 08 / 2011 Nº DOC. _____
SUBSTITUI	A: AHRE-EE-RIB-EST-0006-REV.03
COMPLEMENTA	A: _____
Director de Obra	Distribuição
_____	- JJ, CG, DOS, LR, RA, IS,
_____	- MS, PD, SS, AJFS, SP
_____	- NG, ASA, APV, FISC, LP
_____	- APAJ, FJ, JS

greenveugs	Integrados AC	Projeto de Execução	APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO DE RIBERADO-GRMCA	20-00-2011	BARRAGEM RESERVOIR ACIBRIS PLANTA GERAL	006 4	APRESENTAÇÃO DE PROJETO	20-08-2011
			PROJECTO DE EXECUÇÃO					

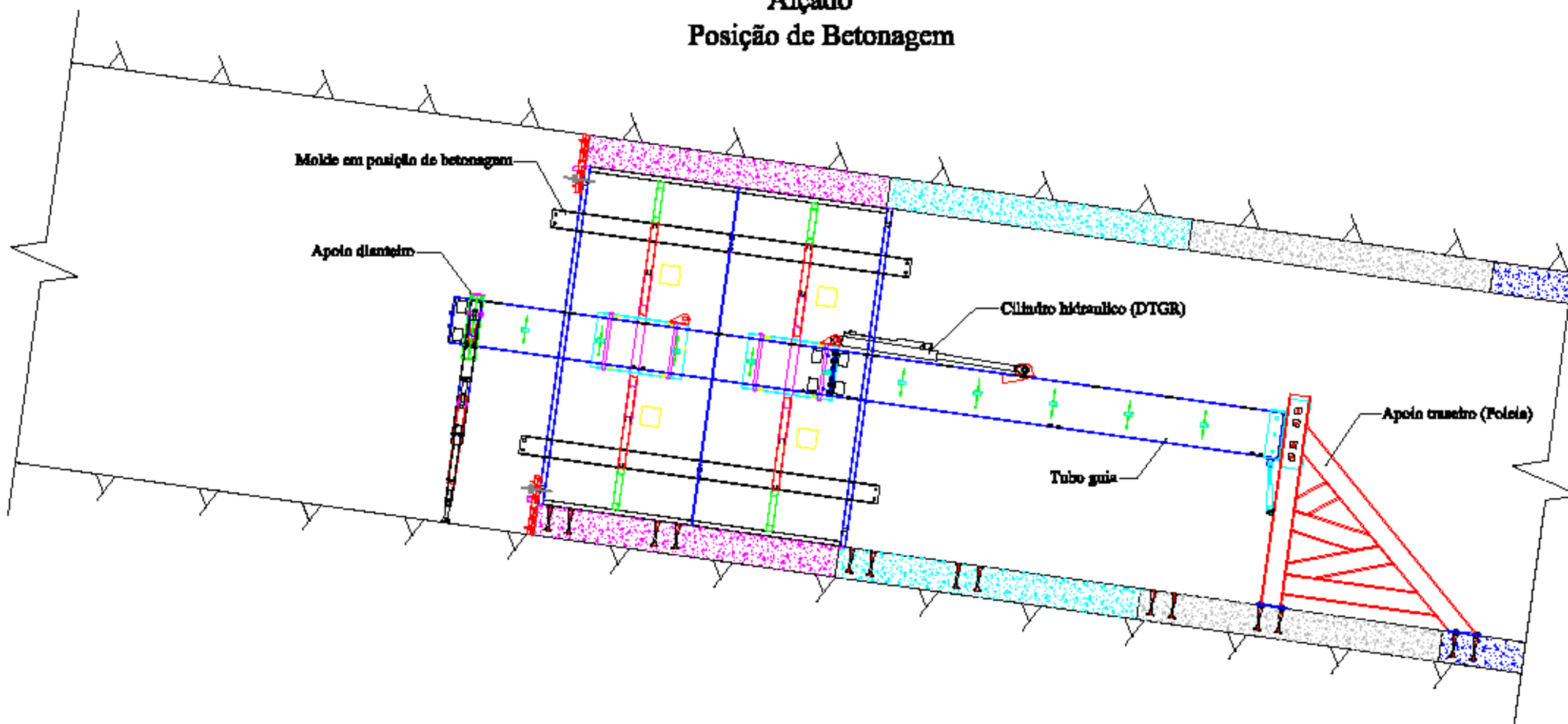
Anexo II

Traçado da tubagem do sistema de captação de água

Anexo III

Molde – Posições de betonagem e de avanço

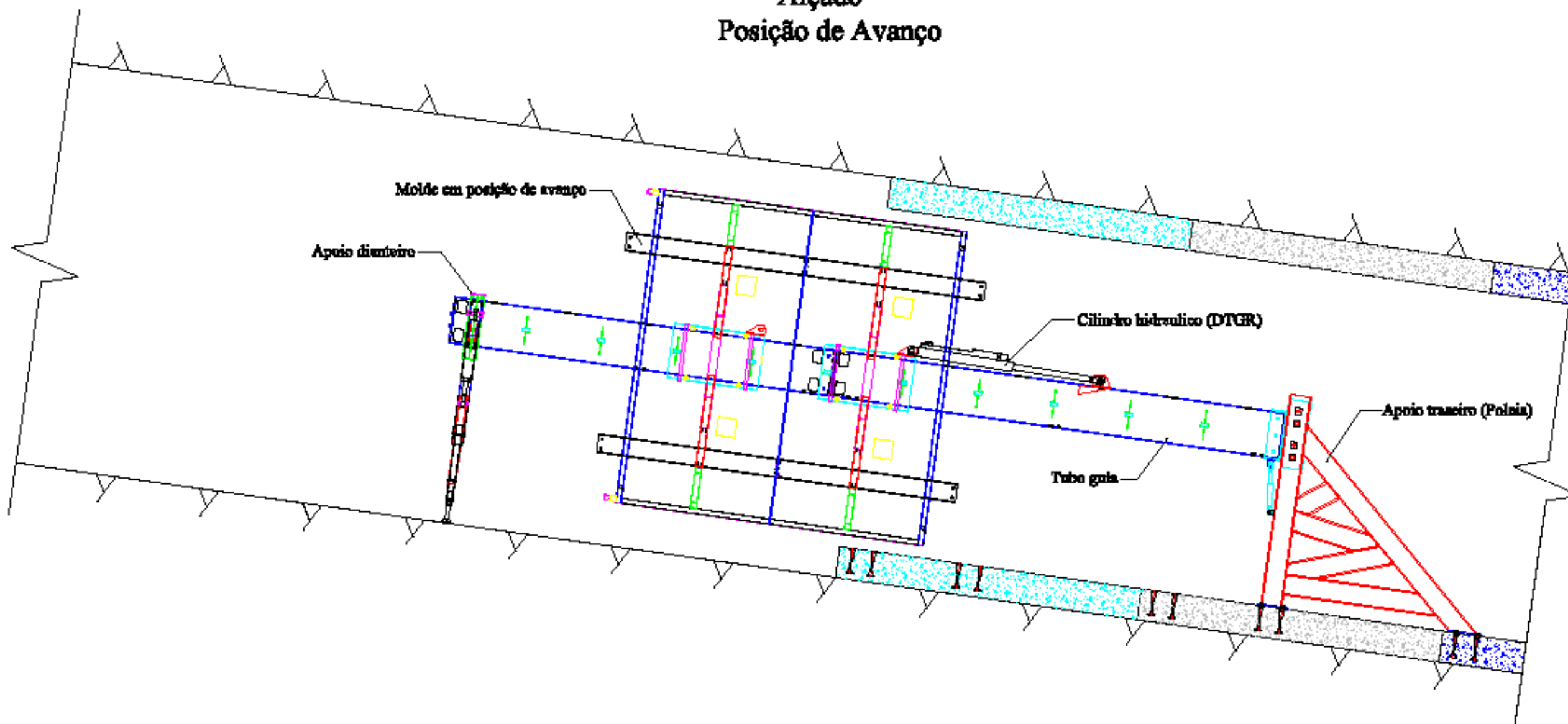
Alçado Posição de Betonagem



Rev.	Data	Descrição da Modificação
 DTGR CONSTRUÇÕES, Lda APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO DE RIBEIRADÃO		
Data: 23-05-2012		Escala: 1/ escala
Desenhado: omr		Verificado: apc
Título do desenh.: MOLDE METÁLICO FULL ROUND ELEMENTOS A FABRICAR		Folha: 07 / 08
Número de Caderno		Relevo
TWD	-	0 1 - 0 0

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

Alçado Posição de Avanço



Rev.	Data	Descrição da Modificação
 DTGR CONSTRUÇÕES, Lda		
APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO DE RIBEIRADÃO		
Data: 23-05-2012		Escala: a1/ escala
Desenhado: dtg		Verificado: apc
Título do desenho: MOLDE METÁLICO FULL ROUND ELEMENTOS A FABRICAR		Folha: 08 / 08
Número de Caderno		Folhas
TWO	-	0 1 - 0 0

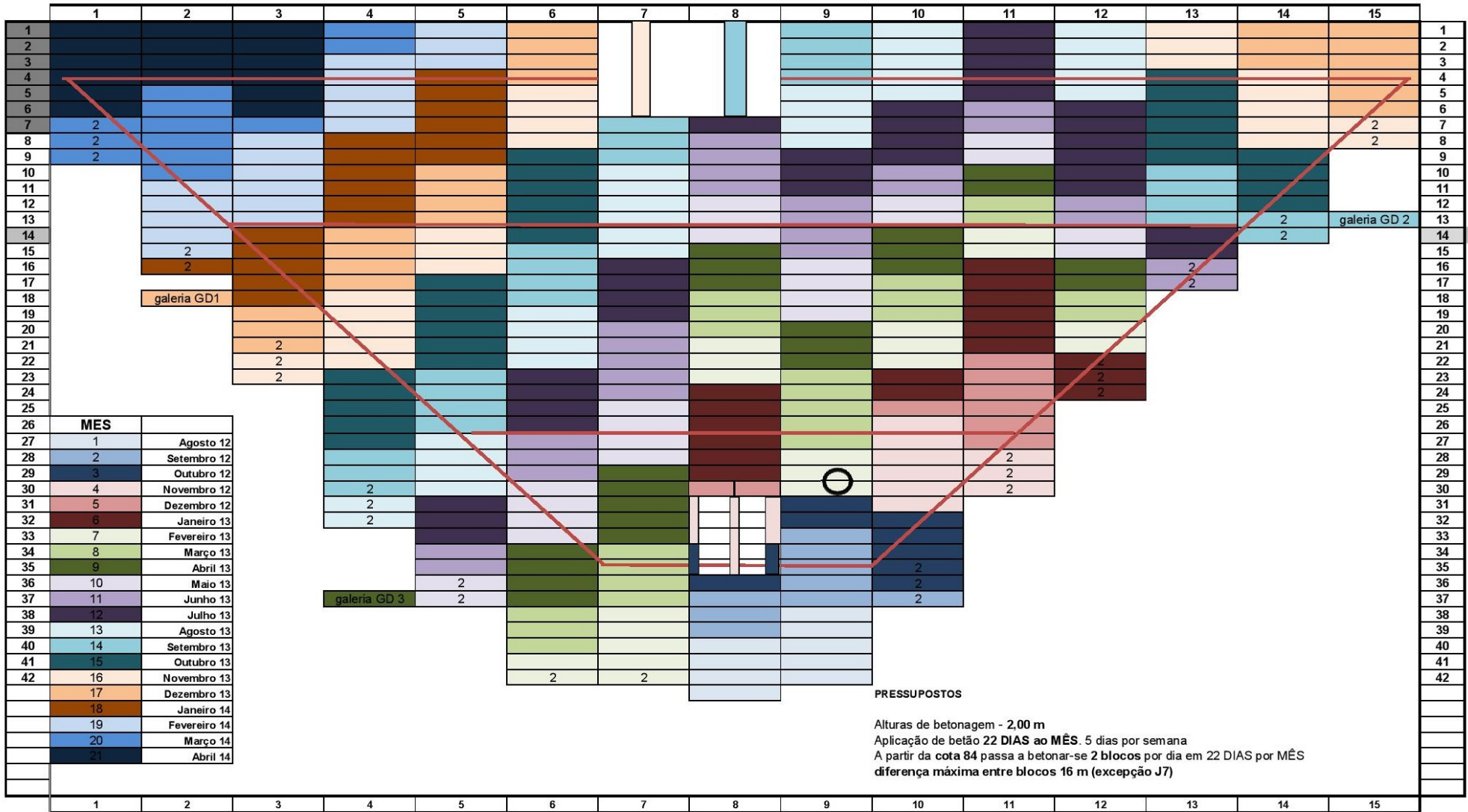
TUDO O QUE ESTIVER ENTRE LINHAS VERMELHAS É PROPRIEDADE DA DTGR

Anexo IV

Plano de betonagens

MARGEM DIREITA

MARGEM ESQUERDA



MES	
1	Agosto 12
2	Setembro 12
3	Outubro 12
4	Novembro 12
5	Dezembro 12
6	Janeiro 13
7	Fevereiro 13
8	Março 13
9	Abril 13
10	Mai 13
11	Junho 13
12	Julho 13
13	Agosto 13
14	Setembro 13
15	Outubro 13
16	Novembro 13
17	Dezembro 13
18	Janeiro 14
19	Fevereiro 14
20	Março 14
21	Abril 14

PRESSUPOSTOS

Alturas de betagem - 2,00 m
 Aplicação de betão 22 DIAS ao MÊS. 5 dias por semana
 A partir da cota 84 passa a betonar-se 2 blocos por dia em 22 DIAS por MÊS
 diferença máxima entre blocos 16 m (excepção J7)

COTAS	
FINAL	INICIAL
112	110
110	108
108	106
106	104
104	102
102	100
100	98
98	96
96	94
94	92
92	90
90	88
88	86
86	84
84	82
82	80
80	78
78	76
76	74
74	72
72	70
70	68
68	66
66	64
64	62
62	60
60	58
58	56
56	54
54	52
52	50
50	48
48	46
46	44
44	42
42	40
40	38
38	36
36	34
34	32
32	30
30	29