



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

**Execução da obra de construção de um aqueduto
para a drenagem transversal em uma plataforma
ferroviária**

Relatório de Estágio Profissional apresentado em
cumprimento do requisito parcial para a obtenção do
grau de **Licenciado em Engenharia Civil**

Nome do autor:

Júnior, Simião Ngovene

Supervisores:

Eng^o. Francisco Ricardo

eng^o. Anísio Macamo

Maputo, Setembro 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

**Execução da obra de construção de um aqueduto
para a drenagem transversal em uma plataforma
ferroviária**

Relatório de Estágio Profissional apresentado em
cumprimento do requisito parcial para a obtenção do
grau de **Licenciado em Engenharia Civil**

Nome do autor:

Júnior, Simião Ngovene

Supervisores:

Eng^o. Francisco Ricardo

eng^o. Anísio Macamo

Maputo, setembro 202

PREFÁCIO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito de culminação do curso para a obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia da UEM. O estudante finalista, motivado pelo facto de poder entrar em contacto com a vida profissional do engenheiro civil e poder aplicar na prática os conhecimentos adquiridos na faculdade, teve o privilégio de estagiar na CFM-SUL num período de três meses vindo da empresa BMG – Building Mozambique Group, Lda, tendo começado no dia 24 de junho de 2022 e terminado no dia 23 de setembro de 2022, neste período o estudante desenvolveu competências no âmbito da fiscalização e execução de obras de engenharia civil, assumindo desta forma a responsabilidade e alcançar todos objetivos do estágio profissional.

O conteúdo do trabalho foi dividido em cinco capítulos, o primeiro capítulo é a Introdução, onde apresenta se o tema, esclarecimento do objectivo e organização das ideias. O capítulo dois é dedicado a apresentação do projecto onde se aborda a temática do estágio e os objectivos geral e específico do estágio profissional. O capítulo três é dedicado ao acompanhamento da obra onde são descritas todas atividades executadas, O capítulo quatro é referente ao controlo de qualidade dos equipamentos e todos materias utilizados na obra. O último capítulo é dedicado as conclusões e recomendações.

Simião Ngovene Júnior

Relatório de Estágio Profissional, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Autor:

(Simião Ngovene Júnior)

Supervisores:

(Eng Francisco Ricardo (Msc))

(eng Anísio macamo)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
 FACULDADE DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
 CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE ENTREGA

Declaro que o estudante **Júnior, Simião Ngovene** entregou as duas (02) cópias do relatório do seu Estágio Profissional, intitulado: **Execução da obra de construção de um aqueduto para a drenagem transversal em uma plataforma ferroviária**

(Chefe da secretaria)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Júnior, Simião Ngovene**, declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação com recurso a bibliografia em referência devidamente citada ao longo do mesmo e que é submetido para a obtenção do grau de **Licenciatura em Engenharia Civil**, pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Simião Ngovene e Argentina Júlio Siteo, que sempre acreditaram em mim e apoiaram incondicionalmente para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela proteção, pelo dom da vida e por permitir que este dia chegasse.

Aos meus pais, Simião Ngovene e Argentina Júlio Siteo, aos meus irmãos, meus colegas e familiares em geral, que apoiaram-me de forma direta ou indireta durante este período de formação acadêmica.

A BMG e a CFM pela oportunidade de estágio em especial ao S.V.O Departamento de obras - Brigada de Pontes, pela hospitalidade profissional, integração, pela disponibilidade em ajudar e pelos conhecimentos transmitidos, especial atenção aos técnicos eng. Anísio Macamo, eng. Nelson Fringe e eng. Nhabanga pela supervisão dos trabalhos.

A todo corpo Docente do Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da UEM, em especial ao Eng. Francisco Ricardo (Msc), pela disponibilidade em acompanhar a realização deste trabalho.

Um agradecimento especial vai para os meus amigos, Abichai Soto, Joaquim Mapengo, Assuluta Abdul Assuluta, Mahomed Assuluta, Roksen Zunguze, Hans Migueis, Tinkler Nhatumbo, Ronaldo Josine, Alberto Vínculos, Nurdine Avirtano, Fastudo Mate, Vítor Benhane, Charles Matava, Helton Zeca José e Alexandre Dingane, pelo apoio durante esta jornada.

ÍNDICE DE TEXTO

I – INTRODUÇÃO	12
1.1. Enquadramento	12
1.2. Formulação do Problema	13
1.3. Justificativa	13
1.4. Objectivos	14
1.4.1. Objectivo Geral	14
1.4.2. Objectivo específico:	14
1.5. Metodologia	14
1.6. Estrutura do Relatório	16
II - APRESENTAÇÃO DO PROJECTO	17
2.1. Localização e descrição da obra	17
2.2. Horário do trabalho na obra	18
2.3. Materiais	18
2.3.1. Betão:	18
2.3.2. Aço	18
2.4. Estrutura	19
2.4.1. Box Culverts	19
2.4.2. Estrutura de encamisamento	19
2.4.3. Fundação	19
2.4.4. Muros	19
2.4.5. Laje	19
2.4.6. Estruturas de entrada e saída	20
2.4.7. Muros ala	20
2.4.8. Muros testa	20
2.4.9. Soleiras	20
2.4.10. Dente da soleira	20
III – ACOMPANHAMENTO DA OBRA	22
3.1. Escavação	22
3.2. Melhoramento e reforço do solo	23
3.2.1. Processo de melhoramento de solos	24
3.2.2. Colocação da camada de Rachão	24
3.2.3. Execução da camada de Rachão	25
3.2.3.1. Agregado Graúdo	25
3.2.3.2. Material de enchimento e acabamento	26

3.2.4. Colocação da camada de Solos vermelhos	27
3.3. Assentamento das peças pré-fabricadas.....	27
3.4. Preparação do fundo para as fundações da estrutura de encamisamento	28
3.5. Preparação da armadura das fundações da estrutura de encamisamento	28
3.6. Cofragem	29
3.6.1. Cofragem e betonagem das fundações da estrutura de encamisamento	30
3.7. Preparação das malhas dos muros e lajes da estrutura de encamisamento	31
3.8. Cofragem dos muros e lajes da estrutura de encamisamento	32
3.9. Betonagem	33
3.9.1. Algumas operações antes de betonagem	33
3.9.2. Algumas técnicas de betonagem.....	34
3.10. Compactação do Betão	34
3.10.1 Métodos de compactação.....	34
3.11. Betonagem da estrutura de encamisamento	35
3.12. Preparação da malha dentro das BC's	35
3.13. Aterro e reaterro dos solos nos lados e em cima da estrutura	36
3.14. Compactação de solos	36
3.14.1. Equipamentos para compactação.....	36
3.15. Betonagem do leito de BC's.....	38
3.16. Construção de estruturas de entrada e saída de água	39
3.17. Reaterro por trás dos muros testa e ala.....	40
3.18. Emendas das armaduras.....	41
3.19. Espaçadores	42
3.20. Trabalhos topográficos	43
3.21. Soldadura	43
3.22. Dobragem e corte de varões	44
3.24. Impermeabilização	44
IV CONTROLO DE QUALIDADE	45
4.1. Inspeção de Execução.....	45
V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
5.1. Conclusões	46
5.2. Recomendações	47
VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de implantação (Fonte Google Earth).....	17
Figura 2 Modelo Estrutural 3D do aqueduto	21
Figura 3 Modelo Estrutural 3D do aqueduto com aterro	21
Figura 4 Escavação da área de para implantação do aqueduto.....	23
Figura 5 Solos moles saturados com o nível freático elevado	24
Figura 6 Colocação da camada de rachão	26
Figura 7 Compactação da camada de rachão	26
Figura 8 Compactação da camada de solos vermelhos	27
Figura 9 Assentamento das BC's	27
Figura 10 Compactação da brita para fundações de estrutura de encamisamento.....	28
Figura 11 Preparação da armadura da fundação.....	29
Figura 12 Contraplacado Marítimo	30
Figura 13 Pinho.....	30
Figura 14Deposição de betão na caçamba da escavadeira	31
Figura 15 Deposição de betão na fundação.....	31
Figura 16 Preparação da malha da estrutura de encamisamento.....	32
Figura 17 Colocação da malha para estrutura de encamisamento	32
Figura 18 Cofragem dos muros e laje da estrutura de encamisamento	33
Figura 19 Ancoragem por castanhetas.....	33
Figura 20 Betonagem da estrutura de encamisamento.....	35
Figura 21 Compactação do betão de estrutura de encamisamento.....	35
Figura 22 Malha dentro das BC's.....	36
Figura 23 Reaterro e compactação de solos	38
Figura 24 Aterro e compactação de solos vermelhos	38
Figura 25 Betonagem do leito das BC's.....	39
Figura 26 Betonagem dos muros	40
Figura 27 Cofragem dos muros	40
Figura 28 Cofragem e armação das soleiras	40
Figura 29 Betonagem da soleira.....	40
Figura 30 Reaterro por trás dos muros	41
Figura 31 Emenda de armadura por sobreposição (LEONHARDT e MÖNNIG, 1982	42
Figura 32 Espaçadores de argamassa.....	42
Figura 33 Trabalhos topográficos.....	43
Figura 34 Peças soldadas.....	43
Figura 35 Dobragem de varões	44
Figura 36 Corte de varões	44
Figura 37 Impermeabilização da estrutura de encamisamento	44

RESUMO

O presente relatório de estágio profissional surge no âmbito do trabalho de culminação do curso para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil na FENG, onde foi realizado um estágio profissional na empresa BMG – Building Mozambique Group, Lda com uma duração de três meses. Neste relatório são abordados aspectos relacionados com a construção de um aqueduto simples construído por BC's pré-fabricados no estaleiro em betão armado, este projeto foi implantado no Cais de Minério - Porto da Matola.

Este aqueduto tem uma largura externa de 2.30 m, altura de 1.40 m a partir da base da soleira sem considerar a altura do muro testa e um comprimento de 13.30 m sem considerar as estruturas de entrada e saída. Para melhorar a resistência as ações do comboio e permitir que estes elementos pré-fabricados funcionem de forma monolítica, construiu se uma estrutura de encamisamento em betão armado com malha dupla.

LISTA DE SIMBOLOS OU ABREVIATURAS

CFM – Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique

SVO – Serviço de Vias e Obras

BC's – Box Culverts

REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

B40 – Designação da classe de betão

A500 – Designação dos tipos correntes de armaduras ordinárias

Ø – Diâmetro de um varão

FENG – Faculdade de Engenharia

m – Metro

m² – Metro Quadrado

km - Quilometro

γ_c = valor de coeficiente de segurança para o betão

I – INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM-SUL) está sempre a implementar projectos de construção e manutenção de obras pertencentes a empresa, devido ao elevado número de projectos e pouca capacidade interna de execução, em muitos casos a CFM-SUL lança concursos para os empreiteiros executarem algumas obras tais como campos desportivos, sedes desportivas, casas de trabalhadores, estações de embarque e desembarque de passageiros e bens, bares dos clubes, pontes e outros tipos de obras excepto aquedutos que são exclusivamente executados internamente pela Brigada de Pontes. Este relatório é sobre a execução da obra de construção de um aqueduto para a drenagem transversal em uma plataforma ferroviária pertencente a CFM-SUL no porto da Matola.

1.2. Formulação do Problema

Devido a degradação da conduta que fazia a drenagem transversal numa das plataformas ferroviárias no Cais de Minério – Porto da Matola, houve a necessidade da interdição temporária da via férrea de modo a possibilitar a remoção do aqueduto antigo e a construção de um novo aqueduto para a drenagem transversal da plataforma ferroviária que se destina ao abastecimento das locomotivas. O Serviços de Vias e Obras - Departamento de Obras da CFM é encarregado a executar a este e outros tipos de trabalhos mas para este em especial a brigada de pontes é que é responsável pela execução deste tipo de estruturas.

1.3. Justificativa

Atualmente tem-se visto muitas obras sem qualidade desejável e obras interrompidas ou paradas quer por razões de atraso no financiamento, quer por razões de péssima qualidade, quer por razões de incumprimento dos prazos, quer por outras razões. Para garantir-se a boa qualidade e o cumprimento do prazo, a Brigada de Pontes dos CFM fiscalizou os trabalhos de modo a garantir a execução de acordo com o projecto e evitar custos extras.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo Geral

- Construção de um aqueduto mediante Box Culverts no Cais de Minério (CFM-Porto da Matola), de modo a permitir a drenagem transversal numa plataforma da linha férrea.

1.4.2. Objectivo específico:

- Descrever os processos da construção de um aqueduto;
- Conciliar a teoria obtida durante a formação e a prática.

1.5. Metodologia

Com o objectivo de se alcançar o trabalho descreve-se abaixo de forma resumida a metodologia utilizada, sendo esta organizada em três fases cujo os conteúdos serão abordados nos capítulos seguintes.

1ª Fase: Análise de Projecto

Durante a época do estágio, realizou-se a análise do projecto juntamente com os técnicos de CFM, sendo que este projecto foi condicionado. Devido a este condicionamento não foi possível fazer os ensaios dos solos insitu e laboratoriais de modo a se saber as propriedades do solo para poder adoptar a melhor solução para a fundação.

2ª Fase: Acompanhamento e Fiscalização

O acompanhamento e Fiscalização da obra esteve na responsabilidade da Brigada de Pontes, sendo que os elementos que elaboraram o projecto foram os mesmos que estiveram no terreno, desde o início dos trabalhos até ao fim.

A Fiscalização é um conjunto de atividades técnicas e administrativas, necessárias para a implementação de um empreendimento, com o objectivo de garantir a execução do projeto de acordo com as especificações técnicas e normativas.

Sendo que a obra foi executada internamente, a equipe fiscalizadora da obra foi responsável pela organização, coordenação dos trabalhos e execução.

3ª Fase: Estudo da Matéria

Leitura de livros, pesquisas na internet, realização de questionário ao quadro técnico experiente na área.

1.6. Estrutura do Relatório

Este relatório apresenta-se subdividido em cinco capítulos com a seguinte estrutura:

- **Primeiro Capítulo:** Introdução, onde se aborda a temática do estágio e os objectivos geral e específico do estágio profissional;
- **Segundo Capítulo:** Apresentação do projecto, onde se dá a conhecer o local onde será implementada a obra e o projecto arquitetónico;
- **Terceiro Capítulo:** Acompanhamento da obra, onde são descritas as atividades executadas para a concepção do aqueduto;
- **Quarto Capítulo:** Controlo de qualidade dos equipamentos e todos materiais utilizados na obra;
- **Quinto Capítulo:** Conclusões e recomendações , onde se retiram as principais observações e considerações inerentes os estágio profissional.

II - APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

2.1. Localização e descrição da obra

Este trabalho decorreu no Cais de Minério no porto da Matola, tendo ocupado uma área de aproximadamente a 250 m² incluindo área da circulação de equipamentos, para a construção de um aqueduto com recurso a peças pré-fabricadas em betão armado com o termo inglês BC. Este trabalho teve início no dia 02 de junho e terminou no dia 14 de setembro, tendo havido atraso na execução da estrutura devido a presença de lençol freático elevado, défice de alguns materiais e interrupções para dar-se prioridade a outros trabalhos tais como a reabilitação de alguns aquedutos na linha de Ressano Garcia.



Figura 1 Área de implantação (Fonte Google Earth)

O Aqueduto é constituído por BC's das quais vem de forma separada onde existe a laje de fundo e o perfil em betão em forma de u invertido que é assente na laje de fundo para formar o BC, estrutura de encamisamento, Soleiras, Muros ala e testa.

2.2. Horário do trabalho na obra

Segunda a Sexta feira

Período de manhã: das 07:30H às 12:00H

Período da tarde: das 13:00H às 15:00H

2.3. Materiais

2.3.1. Betão:

Os elementos estruturais constituintes dos BC's foram construídos de acordo com REBAP por:

Betão B40; $\gamma_c=1,5$;

Os elementos estruturais que constituem a estrutura de encamisamento foram construídos de acordo com REBAP por:

Betão B40; $\gamma_c=1,5$;

2.3.2. Aço

O aço do varão para o Betão armado em BC's é de acordo com as especificações do REBAP:

Aço A500NR;

O aço em varão para o Betão armado da estrutura de encamisamento é de acordo com as especificações do REBAP:

Aço A500NR;

2.4. Estrutura

Optou-se por uma solução em estruturas pré-fabricadas de betão armado composta por uma laje de fundo e uma estrutura de betão armado com formato de u invertido que é assente na laje de fundo de modo a formar a BC, sendo que as BC's são estruturas enterradas que são justapostas de modo a se conseguir o comprimento desejado. Para melhorar-se a resistência a flexão e permitir que a estrutura funcione de forma monolítica, optou-se por encamisamento das BC's recorrendo-se ao betão armado.

Devido ao tipo de solo local (mole), optou-se por melhoramento dos solos existentes de forma a garantir uma base mais resistentes para assentar as BC's.

Nota: não se fez nenhum ensaio in-situ e nem se quer laboratorial de modo a saber-se as propriedades do solo para melhor solução no tratamento do solo para a fundação, isto foi admitido visto que outrora existia um aqueduto naquele local e não sofria assentamentos aparentemente.

2.4.1. Box Culverts

A Solução escolhida para as BC's é o uso de BC's de 1.20 m de comprimento, 1 m de altura interior, 1.50 m de largura interior e 0.15 m de espessura.

A laje de fundo tem 1.20 m de comprimento, 2 m de largura e 0.30 m de altura.

2.4.2. Estrutura de encamisamento

A estrutura de encamisamento é composta pela fundação, muros e laje. as medidas adoptadas são:

2.4.3. Fundação: A fundação é contínua com 13.30 m de comprimento e secção de 0.40x0.40m;

2.4.4. Muros: Os muros têm 13.30 m de comprimento, 0.25 m de espessura e 1.15 m de altura;

2.4.5. Laje: A laje tem 13.30 m de comprimento, 2.20 m de largura e 0.25 m de altura.

2.4.6. Estruturas de entrada e saída

2.4.6.1. Muros ala: Têm 3 m de comprimento, 0.25 m de espessura e uma geometria trapezoidal;

2.4.6.2. Muros testa: Têm 2 m de comprimento, 0.40 m de altura e 0.25 m de espessura;

2.4.6.3. Soleiras: Têm geometria trapezoidal, 2 m de comprimento e espessura de 0.30 m;

2.4.6.4. Dente da soleira: Têm altura de 0.60 m, comprimento de 5.90 m e largura de 0.50 m.

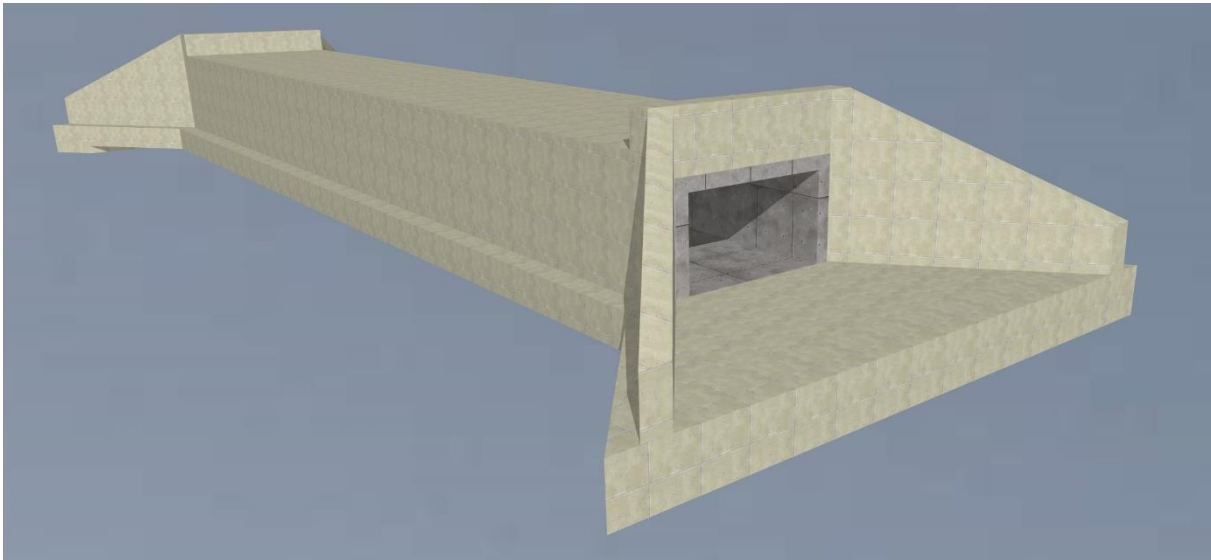


Figura 2 Modelo Estrutural 3D do aqueduto

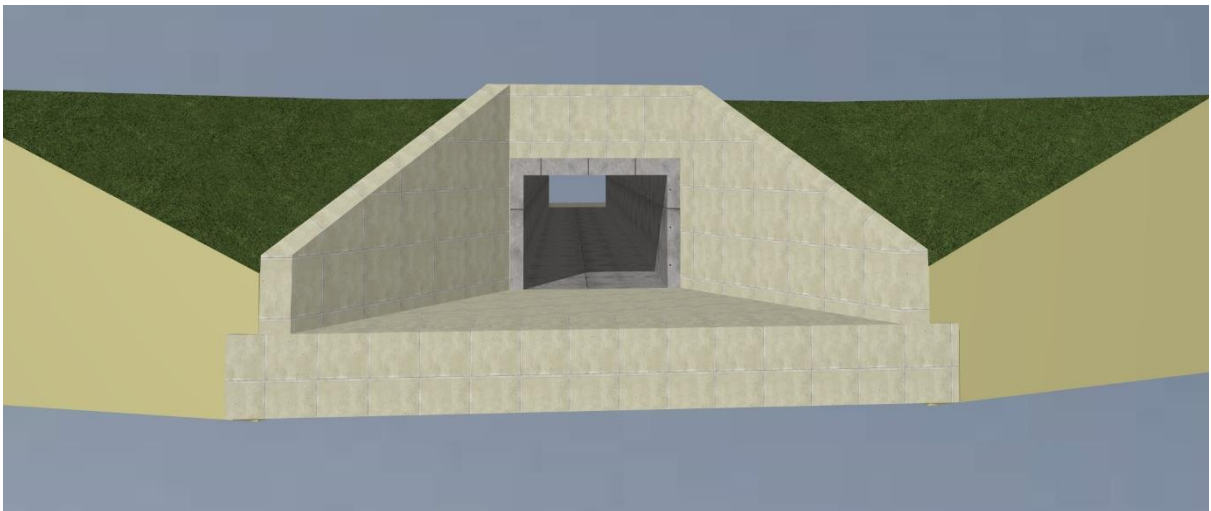


Figura 3 Modelo Estrutural 3D do aqueduto com aterro

III – ACOMPANHAMENTO DA OBRA

Durante o período do estágio quando decorria a construção do aqueduto, todas actividades tinham como objectivo principal a execução da outra estrutura, neste caso a plataforma da linha férrea. Sendo que os objectivos finais da estrutura em causa são de resistir as cargas que lhes são aplicadas e transmitir estas acções ao solo sem que haja assentamentos exagerados que futuramente possam comprometer a plataforma ferroviária durante a vida útil da mesma.

Face ao tipo de obra optou-se por uma estrutura simplesmente apoiada em laje de fundo que por sua vez transmite as cargas ao solo pré-melhorado.

A plataforma da linha férrea normalmente tem 4.90 m de largura incluindo o balastro. O comprimento do aqueduto normalmente utilizado neste tipo de estrutura é de 9.60 m ou seja utiliza-se 8 BC's, O comprimento de 9.60 m é suficiente para uma plataforma de linha simples mas isto é no caso em que o aqueduto é perpendicular ao eixo da plataforma da linha férrea. Neste projecto em especial utilizou-se 11 BC's porque o ângulo entre o eixo da via e o aqueduto é diferente de 90°, isto significa que o comprimento conseguido com 8 BC's já não é suficiente.

3.1. Escavação

Tratando-se de estrutura enterrada, a escavação foi feita por meio de uma escavadeira giratória que fez todos trabalhos de remoção de solos até a profundidade desejada. Foi dada especial atenção a segurança dos trabalhos de escavação, maioritariamente mecânicos. A largura da escavação para construção do aqueduto teve uma tolerância mínima de 5 m em cada lado na zona de construção efectiva para permitir melhor circulação do pessoal e equipamentos na remoção de aqueduto existente no local e na montagem do novo.



Figura 4 Escavação da área de para implantação do aqueduto

3.2. Melhoria e reforço do solo

Segundo Paulo José Gil Natário* A variabilidade dos solos de fundação, a sua gênese, as suas propriedades mecânicas, a disposição dos estratos, as particularidades das estruturas a fundar e o binómio técnico-económico são algumas das variáveis a ter em conta quando se opta entre fundações indiretas ou diretas.

A técnica de melhoria ou reforço de solos a empregar em cada caso deverá ser dependente, entre outros fatores, dos objetivos do tratamento, isto é, das propriedades do solo que se pretende melhorar.

No tratamento dos solos de fundação são três os objetivos que se podem pretender atingir:

- O aumento da capacidade resistente do solo para que determinada estrutura possa ser fundada;
- O controle dos assentamentos, imediatos ou diferidos no tempo, induzidos por essa mesma estrutura;
- A diminuição do risco da ocorrência do fenómeno da liquefação na presença de ações sísmicas, que ao ocorrer pode induzir assentamentos muito elevados ou, mesmo, levar ao colapso das estruturas fundadas.

Caso da Obra

Não se fez a recolha de amostras dos solos para a realização dos ensaios de caracterização, visto que tratava-se de solos já conhecidos e onde foi alocada a obra anteriormente existia uma obra do género, e os solos possuem uma boa capacidade de carga.

3.2.1. Processo de melhoramento de solos

Sendo a obra localizada numa zona composta por solos moles saturados, garantiu-se o melhoramento dos solos antes da execução da fundação.



Figura 5 Solos moles saturados com o nível freático elevado

3.2.2. Colocação da camada de Rachão

Tratando-se de solo mole, a solução adoptada para a estabilização deste solo foi a utilização da camada de Rachão. Esta camada é constituída de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excessos de partículas lamelares ou alongadas, ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais.

Trata-se de uma camada granular composta por agregados graúdos, naturais ou britados e quando britados são obtidos diretamente da britagem primária, preenchidos a seco por agregados miúdos. É constituído por uma camada de apoio e outra complementar. Na camada de apoio os agregados penetram no

solo mole até se obter uma certa estabilidade e não haver mais penetração. Sobre essa camada de apoio é executada uma camada complementar em que os agregados graúdos, que não penetram mais no solo mole, são preenchidos a seco por agregados miúdos com as mesmas propriedades dos agregados graúdos.

A estabilização é obtida a partir de ação mecânica enérgica de compactação.

3.2.3. Execução da camada de Rachão

A execução da camada de rachão, agregado graúdo e material de enchimento, foram depositadas no solo devidamente preparado, na largura desejada e nas quantidades que permitiam após a compactação por meio do cilindro compactador mecânico liso atingir a espessura desejada de acordo com o projecto.

A camada de reforço do subleito ou sub-base de agregado graúdo foi executada em duas camadas (de agregado graúdo mais enchimento) de, no mínimo, 30 cm e, no máximo, 40 cm de espessura acabada, até atingir a espessura total de projeto.

3.2.3.1. Agregado Graúdo

O agregado graúdo foi espalhado em uma camada de espessura constante, uniformemente solta, e disposta de modo que fosse obtida a espessura comprimida especificada no projecto.

Este espalhamento foi feito com escavadeira, executando-se a seguir, a primeira operação de compressão com cilindro compactador mecânico liso, repetiu-se a operação e por meio visual observou-se a não degradação do agregado graúdo.



Figura 6 Colocação da camada de rachão

3.2.3.2. Material de enchimento e acabamento

O material de enchimento foi espalhado em uma camada de espessura constante por meio de uma escavadeira sobre a camada de agregado graúdo, de modo a preencher os vazios da camada já parcialmente comprimida. Em seguida compactou-se esta camada com cilindro vibratório de modo a forçar a penetração do material de enchimento nos vazios da camada de rachão.

Este processo repetiu-se várias vezes para permitir que a camada de enchimento penetrasse totalmente na camada de agregado graúdo.



Figura 7 Compactação da camada de rachão

3.2.4. Colocação da camada de Solos vermelhos

Esta camada foi devidamente compactada e nivelada com uma inclinação não inferior a 1% no sentido do escoamento, o objetivo da mesma é a regularização da base para o assentamento das lajes do fundo.



Figura 8 Compactação da camada de solos vermelhos

3.3. Assentamento das peças pré-fabricadas

Após a preparação da base por compactação dos solos vermelhos por meio do compactador cilíndrico mecânico (garantindo a inclinação não inferior a 1% no sentido do escoamento), fez-se a colocação das lajes de fundo com o auxílio de uma escavadeira e em simultâneo assentou-se os portais cuverts.



Figura 9 Assentamento das BC's

3.4. Preparação do fundo para as fundações da estrutura de encamisamento

Em primeiro fez-se a abertura de pequenos cabocos para a construção da fundação da estrutura de encamisamento. Esta estrutura tem como objectivo principal o funcionamento conjunto das BC's como uma estrutura monolítica e servir também como um reforço das BC's visto que estas peças pré-fabricadas não têm durado muito devido ao peso do comboio e a sua vibração durante a marcha.

Em segundo colocou-se brita nos cabocos para a regularização e compactou-se mediante um compactador manual.



Figura 10 Compactação da brita para fundações de estrutura de encamisamento

3.5. Preparação da armadura das fundações da estrutura de encamisamento

As armaduras das fundações da estrutura de encamisamento foram preparadas in-situ perto da obra e depois foram colocadas na obra, trata-se de fundação contínua com 13.30 m de comprimento e a secção do estribo é de 30x30 cm, o varão tem 5.80 m de comprimento por isso houve necessidade de emendar as armaduras.

A armadura da fundação foi preparada de tal forma que fosse colocada a armadura de espera para emendar com a armadura do muro de encamisamento.



Figura 11 Preparação da armadura da fundação

3.6. Cofragem

A cofragem tem um papel fundamental na área de construção civil em estruturas de betão. Ela é o molde que dá forma e suporta as outras peças de betão desde a fase da betonagem até ao ponto de endurecimento e ganho da resistência necessária. Em princípio, é possível conseguir qualquer forma em estruturas de betão devido as suas características moldáveis.

As cofragens devem obedecer a algumas características, estas características são:

- Ser resistentes o suficiente para suportar as pressões ou peso do betão e das sobrecargas atuantes;
- Ser suficientemente rígidas afim de manter a forma sem sofrer deformações assinaláveis;
- Ser econômicas em termos de custo total da cofragem e do betão.

A seleção dos materiais para a fabricação dos elementos de cofragem é normalmente em função de economia, necessidade, disponibilidade ou uma combinação de alguns destes elementos supracitados. Os materiais mais comuns são a madeira, o aço e o alumínio, isoladamente ou em combinação.

Caso da obra

As cofragens foram feitas todas em madeira, recorrendo - se ao pinho e contraplacado marítimo. As razões da escolha da madeira são:

- Ser um elemento abundante na natureza e praticamente pronto a ser utilizado;
- Ser um material com resistência significativa e leve, o que facilita o seu transporte e movimentação na obra;
- Ser um material fácil de cortar e ligar;
- Permitir a obtenção de boas superfícies de acabamento;
- Ser barato em relação aos outros materiais;
- Ser ajustável a qualquer forma geométrica



Figura 12 Contraplacado Marítimo



Figura 13 Pinho

3.6.1. Cofragem e betonagem das fundações da estrutura de encamisamento

A cofragem da fundação da estrutura de encamisamento foi feita em madeira pinho devidamente ancorada de modo a não sair do lugar durante o processo de betonagem.

A betonagem foi feita de forma improvisada visto que a empresa fornecedora de Betão não tinha bomba disponível e para não parar os trabalhos, o camião betoneira depositava o Betão na caçamba da escavadeira e esta por sua vez levava o Betão até a obra de forma repetitiva até terminar o processo de betonagem.

Para garantir-se boa resistência ao Betão seco, utilizou se vibrador do betão. O vibrador do betão é um instrumento que tem como função principal adensar o betão, isto é, garantir que o betão não tenha bolhas, espaços vazios ou excesso de água.



Figura 14 Deposição de betão na caçamba da escavadeira



Figura 15 Deposição de betão na fundação

3.7. Preparação das malhas dos muros e lajes da estrutura de encamisamento

As armaduras das malhas da estrutura de encamisamento foram preparadas in-situ perto da obra e depois foram colocadas na obra, a outra parte foi feita na obra visto que não seria fácil carregar uma malha com mais de 14 m de comprimento. As emendas de malha com malha foram feitas na obra, após este processo fez-se as emendas das armaduras dos arranques e as armaduras dos muros, o encamisamento tem malha dupla, feita por A500, Ø10 e Ø12 mm.

O comprimento da estrutura é de 13.30 m e a distância de uma malha a outra é de 10 cm garantida pela utilização de cavaletes feitas por varões.



Figura 16 Preparação da malha da estrutura de encamisamento



Figura 17 Colocação da malha para estrutura de encamisamento

3.8. Cofragem dos muros e lajes da estrutura de encamisamento

A cofragem dos muros e lajes da estrutura de encamisamento foi feita recorrendo-se aos contraplacados marítimos e para garantir-se a forma desejada de betão, estes elementos foram devidamente escorados com recurso a castanhetas, recorreu-se também a pranchas de madeira e varões. Para que a cofragem fosse segura e minimizasse as deformações dos contraplacados marítimos, fez alguns furos nas BC's para atravessar os varões e estes por sua vez foram devidamente ancorados no interior das BC's e no lado externo da cofragem.



Figura 18 Cofragem dos muros e laje da estrutura de encamisamento



Figura 19 Ancoragem por castanhetas

3.9. Betonagem

A betonagem é um dos processos muito importante em obras em betão e requer muitos cuidados para que se garanta a resistência esperada. Todo processo de betonagem deve evitar segregação dos componentes do betão e preencher perfeitamente os moldes.

3.9.1. Algumas operações antes de betonagem

- Verificação da cofragem para corrigir no caso de existência de alguns elementos que não foram bem escorados e certificar a sua resistência as ações instaladas durante a betonagem, evitar deformações significativas que podem afetar os custos orçados;
- Limpeza em todas as superfícies que fazem parte do molde todas as superfícies devem estar livres de detritos, poeiras e substâncias

estranhas para permitir boas superfícies de betão e boa ligação no caso de ligação de um elemento previamente betonado e o novo elemento.

3.9.2. Algumas técnicas de betonagem

- Preparação da superfície para o recebimento do betão - (ver operações antes da betonagem);
- Lançamento do meio de transporte para o local da obra onde vai ser aplicado – Este processo deve ser feito em alturas menores ou igual a dois metros para evitar alterações no arranjo dos elementos que constituem o betão e permitir que o ar seja expulso;
- Maneira como deve ficar depositado de modo a receber eficazmente a compactação – Durante a colocação, é muito importante evitar a segregação e colocar o betão em camadas de modo a possibilitar uma compactação eficaz.

3.10. Compactação do Betão

O Betão bem compactado garante um bom acabamento após a descofragem e a compactação é imediatamente feita após a colocação do betão nos elementos de cofragem ou moldes de modo a obter-se compactação máxima possível, expelindo o ar existente no seu interior e permitir o arranjo interno das partículas, interligando uma das outras. Importa referir que para que a compactação subsequente seja eficaz e não haja segregação e nem desagregação, a betonagem deve ser feita em uma só vez em camadas contínuas com altura menor ou igual a 30 cm.

3.10.1 Métodos de compactação

Os métodos de compactação do betão são:

- Apiloamento (método antigo);
- Vibração com vibradores no interior do betão;
- Mesas vibratórias (Pré-fabricação).

O método utilizado neste projecto foi o vibrador de agulha que é caracterizado pelo seu diâmetro, frequência e amplitude de vibração. Este aparelho é fácil de manipular, é portátil e utilizável em posições difíceis.

Caso da obra

3.11. Betonagem da estrutura de encamisamento

A betonagem da estrutura de encamisamento foi feita de forma improvisada assim como as outras betonagens dos elementos já previamente betonados e os elementos ainda por betonar, as razões são as mesmas citadas na betonagem da fundação de estrutura de encamisamento.

Primeiramente fez-se a betonagem dos muros da estrutura e consequente vibração, sendo que o betão foi lançado em camadas. Posteriormente fez-se a betonagem da laje desta estrutura.

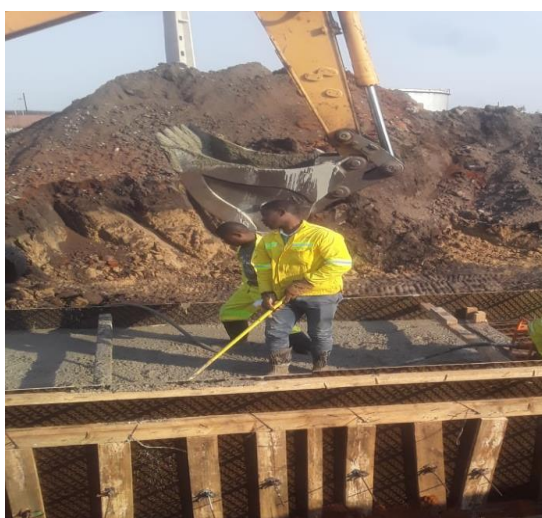


Figura 20 Betonagem da estrutura de encamisamento

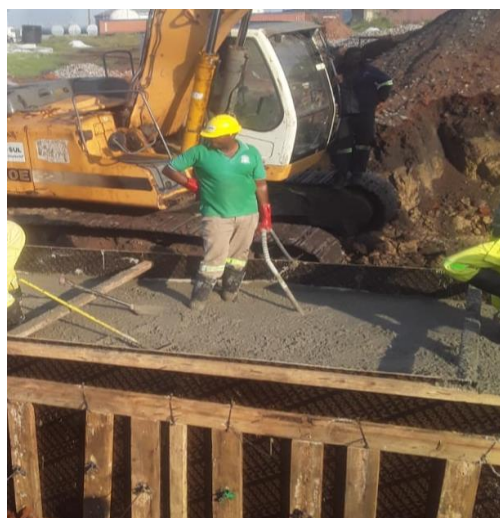


Figura 21 Compactação do betão de estrutura de encamisamento

3.12. Preparação da malha dentro das BC's

A malha foi preparada diretamente dentro das BC's, com varões de classe A500 e $\varnothing 8$ mm, esta malha não tem alguma função estrutural, é apenas uma malha construtiva.



Figura 22 Malha dentro das BC's

3.13. Aterro e reaterro dos solos nos lados e em cima da estrutura

O aterro consiste no preenchimento ou recomposição de escavações, utilizando-se material de empréstimo para elevação de cotas de terraplenos. Reaterro consiste no preenchimento ou recomposição de escavações, utilizando-se o próprio material escavado. (fonte: <https://mpterraplenagem.com.br>)

Os processos de aterro ou reaterro podem ser compactados ou não, dependendo do fim que se destinam.

Tratando se de obra de construção civil cujo o solo deve resistir a ações do comboio houve a necessidade de compactação.

3.14. Compactação de solos

É um processo mecânico que tem como objectivo principal atingir a massa específica máxima, estabilidade e resistência através da redução do volume de vazios do solo (volume do ar e volume da água). Esta redução do volume de vazios é conseguida através da aplicação repetida de cargas externas aplicadas de forma rápida, a repetição deste processo aumenta o peso aparente seco.

3.14.1. Equipamentos para compactação

Os equipamentos para compactação são vários e cada equipamento é empregue em função do tipo ou características do solo, em seguida está a lista dos equipamentos de compactação.

- Pé-de-carneiro (estático ou vibratório):

- Este equipamento é apropriado para compactar solos coesivos (argilosos e siltosos), visto que ele promove algum entrosamento entre as camadas compactadas;
- A compactação é realizada de baixo para cima;
- A medida que o solo é compactado o afundamento da pata vai diminuindo, até ao ponto em que o rolo praticamente passeia na superfície;
- Não deve ser usado em solos granulares (areias), pois o seu efeito é praticamente nulo.
 - Rolos de pneus (compressão fixa ou variável):
- a pressão efetiva de compactação depende do número de pneus e da área de contacto com a camada;
- Este rolo é mais versátil e pode ser usado desde solos coesivos até massas asfálticas;
- Tem vantagem pelo efeito de amassamento dos pneus;
- A compactação dá-se em toda a espessura da camada.
 - Rolos liso (estático ou vibratório):
- São rolos metálicos dotados de um sistema vibratório que permite aplicar ao solo determinado número de golpes por minuto;
- Este rolo é de alta frequência na compactação de todo tipo de solo;
- Inicialmente, estando o solo solto, toda a energia vibratória é absorvida pelo deslocamento das partículas sólidas. Porém com o aumento da densidade, parte da energia vibratória é devolvida.

Caso da obra

A compactação foi feita através de rolo liso visto que o objetivo era de reaterrar a areia escavada para construção do aqueduto e compactar a areia vermelha vinda do areeiro, estes trabalhos de compactação foram feitos em camadas compactadas não superiores a 20 cm.

Tratando-se de areias, o equipamento escolhido é o rolo liso e a escavadeira para fazer trabalhos de espalhamento de solos em camadas.



Figura 23 Reaterro e compactação de solos



Figura 24 Aterro e compactação de solos vermelhos

3.15. Betonagem do leito de BC's

Esta betonagem não tem nenhuma função estrutural, ela foi feita apenas para evitar a entrada da água nas juntas existentes entre as lajes do fundo e permitir que o escoamento no interior do aqueduto seja laminar.



Figura 25 Betonagem do leito das BC's

3.16. Construção de estruturas de entrada e saída de água

Estas estruturas são compostas por soleira, dente da soleira, muro ala e testa. Em primeiro executou-se a soleira e o dente da soleira e em seguida procedeu-se com a execução dos muros.

Estas estruturas tem as seguintes funções:

- Estruturas de entrada
 - Reduzir a perda de carga à entrada;
 - Evitar ou reduzir a formação de zonas de separação;
 - Proteger contra erosão a zona imediatamente a montante do aqueduto.
- Estruturas de saída
 - Assegurar a transição para a linha de água;

- Proteger contra erosão a zona imediatamente a jusante do aqueduto.



Figura 28 Cofragem e armação das soleiras



Figura 29 Betonagem da soleira



Figura 27 Cofragem dos muros



Figura 26 Betonagem dos muros

Outras actividades

3.17. Reaterro por trás dos muros testa e ala

Esta atividade foi feita depois de ter-se construído as estruturas de entrada e saída, entretanto, tratando se de áreas de difícil acesso ou áreas menores o equipamento utilizado para compactação dos solos por trás dos muros é o compactador manual. A deposição e o espalhamento dos solos foram feitos com recurso a escavadeira.



Figura 30 Reaterro por trás dos muros

3.18. Emendas das armaduras

Normalmente os varões de aço aqui em Moçambique tem um comprimento de 5.80 m. Em muitos casos este comprimento não era suficiente, por isso em casos em que os varões tinham que transmitir esforços em comprimentos maiores que 5.80 m, houve a necessidade de emendar os varões até conseguir-se os comprimentos desejados.

As emendas podem ser por:

- Sobreposição;
- Soldadura
- Luvas com preenchimento metálico, rosqueadas ou prensadas;
- Outros dispositivos devidamente justificados.

Caso da obra

As emendas dos varões das armaduras ordinárias que podem ser realizadas por sobreposição, por soldadura ou por meio de dispositivos mecânicos especiais devem ser empregadas o menos possível e, de preferência, em zonas em que os varões estejam sujeitos a tensões pouco elevadas.

O método de emenda adoptado na obra é a sobreposição, por ser o menos exigente em relação aos outros métodos, por ser o método mais utilizado em estruturas de betão armado e que o diâmetro máximo dos varões empregados

na obra é de 12 mm e este método pode ser empregado em varões com o diâmetro menor ou igual a 16 mm segundo REBAP.

Para facilitar estes trabalhos, uniformizou-se o comprimento da sobreposição em 70 cm.

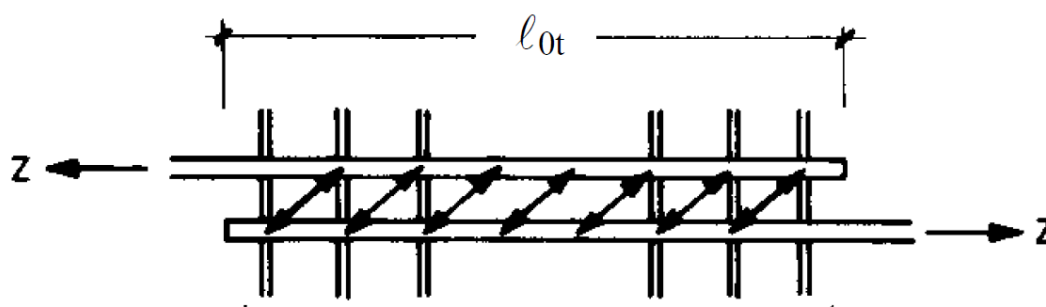


Figura 31 Emenda de armadura por sobreposição (LEONHARDT e MÖNNIG, 1982)

3.19. Espaçadores

Os espaçadores adoptados são de argamassa, Estes elementos tem a função de garantir o recobrimento das armaduras visto que as armaduras devem estar cobertas de betão para não estar em contacto com a água de modo a evitar a corrosão das mesmas e consequente diminuição da secção e resistência principalmente a tração.



Figura 32 Espaçadores de argamassa

3.20. Trabalhos topográficos

Estes trabalhos foram aplicados no início da obra com o objectivo de encontrar a cota da base para o assentamento da estrutura em relação ao nível do mar e definir a inclinação do aqueduto.



Figura 33 Trabalhos topográficos

3.21. Soldadura

Estes trabalhos foram necessários para fazer ligações de varões, com o objectivo de formar um (T), este (T) foi utilizado na cofragem dos muros para ancorar em uma das extremidades, sendo que a outra extremidade era ancorada com castanhetas.



Figura 34 Peças soldadas

3.22. Dobragem e corte de varões

A dobragem e corte de varões foi feita in-situ, estes trabalhos foram necessários para fazer elementos como estribos, armadura de espera, etc



Figura 35 Dobragem de varões



Figura 36 Corte de varões

3.24. Impermeabilização

A infiltração de fluidos (água e gases) nas peças de betão armado é um problema muito sério. Ela pode causar a corrosão das armaduras devido a presença de água no betão e conseqüente diminuição da vida útil da estrutura. Para a proteção da estrutura houve a necessidade de impermeabilização de todos elementos da estrutura. Esse processo foi executado aplicando o produto impermeabilizante depois da descofragem de todos elementos.



Figura 37 Impermeabilização da estrutura de encamisamento

IV CONTROLO DE QUALIDADE

O controlo de qualidade tem como objectivo fazer com que a obra seja executada de acordo com o Projecto e garantir-se qualidade, fez-se um acompanhamento constante em todas etapas da construção.

4.1. Inspeção de Execução

A inspeção, neste contexto, refere-se à verificação da execução dos trabalhos.

- Inspeção das cofragens

As inspeções das cofragens englobam:

- A geometria das cofragens;
- A ancoragens das cofragens;
- A remoção de detritos (poeiras e resíduos de arame de amarração na secção a betonar).

- Inspeção das armaduras

Antes de iniciar a betonagem, deve-se confirmar que:

- As armaduras indicadas nos desenhos estão na posição certa;
- O recobrimento está de acordo com as especificações;
- As armaduras não estão contaminadas por óleo, gordura, tinta ou outras substâncias prejudiciais;
- As armaduras estão adequadamente amarradas e fixadas de modo a evitar o deslocamento das mesmas durante a betonagem;
- O espaçamento entre os varões é suficiente para permitir a colocação e compactação do betão;
- Após a betonagem das fundações as juntas de construção devem ser examinadas para confirmar que os varões de espera estão correctamente colocados, este processo é feito imediatamente após a betonagem.

- Inspeção das operações de betonagem

Esta inspeção tem como objectivo garantir que o betão seja devidamente compactado para poder preencher os moldes e não haver muitos vazios dentro do betão. ‘

V - CONCLUSÕES E RECOMENDACÕES

5.1. Conclusões

Este relatório apresentou o acompanhamento da execução de um aqueduto mediante estruturas pré-fabricadas em betão armado e o seu reforço em betão armado.

O acompanhamento foi do início até ao fim, sendo o principal objectivo desta disciplina (Estágio Profissional), a conciliação da teoria obtida na faculdade durante o período da formação com a prática de modo a proporcionar ao estudante uma melhor consolidação do aprendizado, este objectivo específico foi alcançado durante o processo todo de construção do aqueduto a partir da escavação até aos aterros. O estágio profissional proporcionou ao estudante de uma forma específica a revisão na prática de conhecimentos abordados na faculdade, devido a diversidade de actividades que envolveram a execução da estrutura, fez-se a revisão de disciplinas como Mecânica dos solos, Betão, Materiais de Construção, Tecnologia de Construção, Gestão de construção, entre outros.

5.2. Recomendações

- De modo a evitar tempos mortos, esperando por alguns materiais necessários na obra, o processo de aquisição destes materiais deve ser iniciado antes de haver a necessidade de uso dos mesmos;
- No processo de melhoramento dos solos da fundação, devia ter-se feito alguns ensaios de modo a saber-se o grau de compactação dos solos;
- No recebimento do betão pronto através de camiões betoneiras, devia ter-se feito ensaio de trabalhabilidade (*Slump test*) e o ensaio de Tensão de rotura à compressão do betão mediante cubos ou cilindros de acordo com o REBAP por forma a confirmar a classe do betão requisitado com a classe do betão recebido.
- Impermeabilização, esta devia ter-se feito em toda estrutura porque nesta obra só fez-se na estrutura de encamisamento apenas e não nas estruturas de entrada e saída de água, devia ter-se utilizado algum material impermeabilizante para evitar a ascensão capilar na fundação de toda estrutura.

VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Inês Flores Colen e Jorge de Brito; **EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO**, Abril de 2003
- Prof. Dr. PAULO SÉRGIO BASTOS; **ANCORAGEM E EMENDA DE ARMADURAS**, Bauru/SP, Março/2018
- Paulo José Gil Natário*; **OBRAS DE MELHORAMENTO E REFORÇO DE SOLOS**
- DANIEL RAMOS BARBARA CUNHA PINTO; **ANALISE DE PASSAGENS HIDRAULICAS ENTERRADAS CONSTITUIDAS POR**

BOX CULVERTS, ABRIL DE 2008

- SIMÃO PEDRO TAVARES RIBEIRO; **TERRAPLENAGEM. METODOLOGIA E TÉCNICAS DE COMPACTAÇÃO**, JULHO DE 2008
- *Marcelo Evangelista Gomes¹, Francisco Alves da Silva Júnior²;*

COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CAMPO, 2019

- REBAP; Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3