

PROCESSOS CONSTRUTIVOS DE BUEIRO CELULAR EM CONCRETO ARMADO PARA DRENAGEM: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE IGUARACY-PE

CONSTRUCTIVE PROCESSES FOR REINFORCED CONCRETE CELLULAR CULVERTS FOR DRAINAGE: A CASE STUDY IN THE CITY OF IGUARACY-PE

Maurílio Gonçalves de Araújo Segundo¹; Amâncio da Cruz Filgueira Filho ¹

¹Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

Resumo

Os bueiros exercem um papel importante nas obras de drenagem pluvial de rodovias na transposição de áreas urbanas. Este artigo visa um desenvolvimento de pesquisa em analisar as etapas construtivas da obra entre as normas e avalia o material e as metodologias de execução na utilização do bueiro celular de concreto armado. O acompanhamento de todo processo de execução dos bueiros, que pode ser realizado de diversas formas, em raras ocasiões é tratado com a atenção que condiz com as funções a que se aplicam ou com preocupação com o valor do investimento e, em caso de subdimensionamento, pode levar ao colapso da plataforma, que além do impacto ambiental, representa custos diretos e indiretos para o setor. O artigo tem como objetivo estabelecer os procedimentos e etapas que devem ser seguidos para implantação de dispositivos de drenagem pluvial urbana, neste caso bueiro celular de concreto armado, destinados à coleta de águas superficiais e condução para locais de descarga mais adequados. Este trabalho apresenta um estudo de caso que compreende a análise de técnicas construtivas, frente às recomendações normativas através de um relato da obra, de cunho qualitativo, comparando e verificando o processo executivo. Obteve-se como resultado a construção do bueiro celular que é de grande importância para o bairro Santa Ana, município de Igaracy-PE, que dá acesso para o centro da cidade. A finalidade foi analisar e comparar os processos construtivos do bueiro celular de concreto armado e conseqüente explicitar as nuances principais das etapas da obra.

Palavras-chave: Águas pluviais. Bueiro celular. Drenagem.

Abstract

Manholes play an important role in road drainage works in the transposition of urban areas. This article aims to develop a research to analyze the construction stages of the work between the standards and evaluates the material and implementation methodologies in the use of reinforced concrete cellular manhole. The monitoring of the entire manhole execution process, which can be carried out in different ways, on rare occasions is treated with the attention that matches the functions to which they apply or with concern with the value of the investment and, in case of under-dimensioning, it can lead to the collapse of the platform, which in addition to the environmental impact, represents direct and indirect costs for the sector. The article aims to establish the procedures and steps that must be followed for the implementation of urban rainwater drainage devices, in this case reinforced concrete cell manhole, for the collection of surface water and conduction to more suitable discharge locations. This work presents a case study that comprises the analysis of construction techniques, in view of the normative recommendations through a report of the work, of a qualitative nature, comparing and verifying the executive process. The result was the construction of the cell manhole, which is of great importance for the Santa Ana neighborhood, municipality of Igaracy-PE, which gives access to the city center. The purpose was to analyze and compare the constructive processes of the reinforced concrete cell manhole and, consequently, to explain the main nuances of the stages of the work.

Keywords: Rainwater. Cellular manhole. Drainage.

Introdução

O modal rodoviário de uma cidade ou região é um dos principais elementos para o desenvolvimento econômico local. Estradas e rodovias permitem a interligação de centros comerciais e o consequente fomento à economia regional. Em diversas situações de pavimentações de estradas, há a necessidade de se projetar dispositivos múltiplos de drenagem e obras para transpor obstáculos naturais presentes.

Neste sentido, a construção de pontes, pontilhões, sarjetas, galerias, adutoras, bueiros, entre outros elementos construtivos, é imprescindível para a infraestrutura adequada da pavimentação. A concepção de uma drenagem eficaz é primordial para a segurança e funcionalidade da estrutura a ser executada. Problemas sérios como grandes cheias podem acarretar danos materiais e vidas.

O bueiro celular é uma obra de drenagem bastante presente em estradas, tem a função de conduzir o curso d'água natural que atravessa a rodovia, prevenindo contra enchentes e permitindo assim a adequação da construção à bacia hidrográfica existente. Assim como pontes e pontilhões, bueiros celulares de médio e grande porte são obras que também possibilitam o tráfego seguro de veículos e pedestres.

Segundo define o DER-PR (2018, p. 2) bueiros celulares: obras de arte correntes, de porte razoável, que se instalam no fundo de talwegues e, em geral, correspondem a cursos d'água permanentes. Por razões construtivas e estruturais são construídos em seções geometricamente definidas, na forma de retângulos ou quadrados, podendo ser de células únicas ou múltiplas separadas por septos verticais.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a execução das etapas para implantação de bueiro celular de drenagem em uma obra de pequeno/médio porte do município de Iguaracy-PE. Inicialmente são apresentadas as características dos principais modelos construtivos de obras desta natureza, situações onde deverão ser implantados. Além do mais, serão apresentadas as etapas básicas construtivas, bem como materiais diversos a serem empregados e técnicas executivas que permitam contínua e larga utilização, atendendo as necessidades locais.

O estudo de caso foi realizado a partir da análise de uma obra pública estrutural no município de Iguaracy-PE, no período de julho de 2020. Serão apresentados e comparados os levantamentos planialtimétricos da área e a elaboração do projeto técnico executivo, com planilhas, desenhos e especificações técnicas necessárias para a execução da obra. Alguns quantitativos principais da planilha orçamentária da obra serão apresentados por meio de tabelas e imagens, como insumos de fôrma, concreto, aço e mão de obra.

A metodologia utilizada foi baseada em Pesquisa Bibliográfica e Estudo de Caso como opção de um referencial teórico que permitisse uma visão geral sobre o tema abordado.

Materiais e Métodos

O QUE SÃO OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Obras de arte especiais são estruturas que têm o intuito de interligar dois pontos e transpassar barreiras, tais como passarela, vales, rios, entre outros. Quando erguidas sobre cursos d'água, são nomeadas pontes; sobre avenidas ou vales secos, viadutos.

Essas construções estão submetidas às ações externas resultantes de cargas móveis de veículos, forças devido ao vento e às águas de cursos naturais direcionadas aos elementos estruturais. Ademais, deformações ocasionadas por fluência, retração e alterações de temperatura são variáveis que também devem ser consideradas em projeto. Essa tipologia de obra quando construída estará sujeita aos diversos tipos de classe de agressividade ambiental apresentados na NBR ABNT 6118/2014, desde as mais fracas até locais com agressividade muito forte.

PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Para a elaboração de um projeto de obra de arte especial, umas séries de fatores necessitam ser ponderados com antecipação, tais como: estudo das condições locais de onde será executado, sondagens para avaliar o tipo de fundação, comprimento do vão principal, finalidade da obra (pedestres, veículos), elevação do escoramento, interferências ao redor, tráfego, estudo hidrológico, entre outros.

Os elementos fundamentais são: O traçado do trecho mostrado no projeto de situação da rodovia fixar-se a Obra de arte especial e os obstáculos, tais como rios, estradas e vales profundos, a serem transpostos;

- Uma subdivisão longitudinal do terreno alongado do eixo da ponte a ser projetada, juntamente com a feição da rodovia e os gabaritos ou províncias de hidrologia a serem acatados;
- Os atributos geotécnicos e geológicos do solo onde será disposto a fundação;
- Os locais de acesso com condições para transporte de equipamentos, materiais e elementos estruturais (quando for utilizado pré-moldagem);
- A disponibilidade de água, energia elétrica e mão-de-obra particularizada;
- Os níveis máximos e mínimos das águas, onde acontecem variações de climáticos na ocorrência de secas ou enchentes.
- A topografia geral da área, se região plana, sinuosa ou montanhosa, as propriedades da vegetação, o contorno ou não de regiões urbanas;
- As classes de agressividade do meio ambiente com vista à durabilidade estrutural.

Antes da elaboração dos projetos, devem ser previstos vistorias do projetista ao local da obra, para obter toda informação e concepção de projeto. Como também acompanhamento periódico da obra. Onde serão descritos os métodos executivos de obras de arte especiais e suas particularidades induzindo o conceito dos fatores citados anteriormente.

BUEIRO CELULAR

O bueiro tem finalidade de drenagem de rodovias tem como função fundamental captar e conduzir a água que chega do indivíduo estradal, para não comprometer a segurança e resistência da via. Permite a adequação das águas existentes de bacias hidrográficas que por meio da topografia do terreno são conduzidas em direção à rodovia. Logo, é indispensável que seja feita a adaptação dos caminhos que cruzam as estradas através de bueiros, pontilhões ou pontes.

Suas terminações são fornecidas as aberturas, compostas por alas, testas e calçadas, também em concreto, constituindo-se numa peça única. Segundo o DER- PR (2018, p. 3): "Os bueiros celulares que se tratarem de obras moldadas "in loco" abrangem estruturas de concreto armado cujo projeto deve atender às diretrizes da NBR 6118".

EXECUÇÃO DO BUEIRO CELULAR EM ESTUDO

Neste tipo de obra estão inclusas as pontes, viadutos, túneis, barragens, diques, muros de sustentação e outros similares.

A preparação de projeto dessa natureza e a sua execução requer do engenheiro responsável grande responsabilidade. Obras desta importância demanda o maior número de dados, como por exemplo, a adequação do sistema estrutural ao relevo do terreno e domínios do solo, que entre outras características, solicita também a presença de uma sensibilidade estética dada ser esta obra de influência na paisagem em que se encontra.

As etapas executivas na construção dos bueiros celulares de concreto:

- **Locação da obra:** deve ser realizada de acordo com os dados mencionados no projeto, mediante a locação de piquetes a cada 5m, nivelados de forma a permitir a determinação dos volumes de escavação. As informações de projeto (estaca do eixo, esconsidade, comprimentos e cotas) podem sofrer breves adaptações de

campo. A declividade longitudinal da obra deve ser sucessiva, aceitando sempre uma mínima declividade de 1,0 cm/m;

- **Escavação:** os serviços de escavação necessários à execução da obra, podem ser efetuado a escavação de duas maneiras (manual e mecanicamente), necessitando ser prevista uma largura adicional de 50cm para cada lado do corpo. Onde houver necessidade de aterro serão colocadas camadas de no máximo 15cm de altura, para que seja feita a compactação desejada e segura;
- **Lastro:** finalizada a escavação das trincheiras, deve ser realizada a compactação da superfície resultante, e as irregularidades remanescentes devem ser eliminadas, mediante a execução de um lastro (concreto magro), com altura de 10cm, camada sobrepostas na área total abarcada pelo corpo e pela soleira das bocas, com um acréscimo de 15cm laterais opostos;
- **Laje inferior, calçadas e vigas inferiores:** Execução das formas da viga inferior das entradas, das laterais externas da corporação e entradas; Montagem da armadura da viga inferior, da calçada da boca e da laje inferior do corpo do bueiro, até mesmo a esperas (emendas) da armadura vertical engastada na laje inferior; Caso necessário, fazer o preparo e instalação da junta de dilatação; Umedecimento das formas, concretagem até o nível da mísula inferior, e o conseqüente adensamento do concreto lançado;
- **Paredes verticais e alas:** Montagem para Execução das formas internas do corpo e das alas, com o respectivo escoramento; Montagem da armadura das alas e das paredes, até a altura das mísulas superiores; Umedecimento das formas, concretagem e adensamento mecânica do concreto;
- **Laje e vigas superiores:** Execução das formas com os respectivos escoramentos; Montagem da armadura; Instalação da junta de dilatação, quando prevista; Umedecimento das formas, concretagem e vibração mecânica do concreto;
- **Desforma:** Muito importante esperar o tempo de no mínimo de 3 dias, para retirada do escoramento e formas, satisfazendo aos critérios e cuidados inerentes a este tipo de serviço;
- **Reaterro:** Após a etapa de cura do concreto do bueiro celular, deve ser realizada a operação de reaterro. Se o solo retirado tiver boa densidade pode ser reaproveitado para compactar na escavação. A execução da compactação é feita com camadas de 20cm, que pode ser feitos de duas maneiras "sapos mecânicos" ou placas vibratórias.
- **Acabamento:** Finalizada a execução do corpo e das aberturas, deve ser executado o revestimento da laje de fundo do corpo e da soleira, utilizando-se argamassa cimento, areia, traço 1:4.

Metodologia

Este trabalho apresenta um estudo de caso que compreende a análise de técnicas construtivas, frente às recomendações normativas através de um relato da obra, de cunho qualitativo, comparando e verificando o processo executivo.

A pesquisa realizada no município de Igaracy-PE, situado na Avenida Odilon Rodrigues da Cruz, no bairro Santa Ana (Figura 1). Com as análises climáticas foi possível perceber que a microrregião apresenta clima quente, com períodos longos de estiagem e as chuvas irregulares variando entre os meses de janeiro e maio.

Durante a obra foi executado um bueiro celular múltiplo de concreto armado para drenagem de águas pluviais. Esta obra foi feita totalmente com recursos próprios (Prefeitura Municipal de Igaracy-PE), a licitação obteve a modalidade carta convite, de modo que a empresa contratada foi J & J Carvalho Construtora LTDA- EPP, a fiscalização teve uma grande importância para realização de todos os serviços obtendo qualidade e segurança.

Figura 1 – Território do Município de Iguaracy-PE.



Fonte: Google maps (2021)

O presente trabalho expõe informações relativas a procedimentos de construção para implantação de bueiro celular múltiplo de concreto armado para drenagem de águas pluviais, enfatizando as etapas de execução e insumos utilizados em toda a intervenção. Serão identificados durante os processos construtivos, os materiais com suas propriedades e especificações técnicas requeridas para a conclusão da obra em conformidade com o projeto executivo.

O acompanhamento da obra, seguindo rigorosamente as particularidades e detalhamentos dos projetos, serão explicitados durante todos os macroserviços especificados em planilha orçamentária. São eles:

1. Serviços preliminares: placa de obra, escavações e compactações mecânicas e reaterros;
2. Fundações: concreto magro, concreto ciclópico para as paredes das células, fôrma, armação, concretagem e desfôrma das fundações diretas (sapatas isoladas e vigas de fundação);
3. Estrutura: fôrma, armação, concretagem, desfôrma e cura dos pilares, vigas e lajes de tabuleiro;
4. Passeio público (calçada): assentamento de meio-fio em concreto simples pré-moldado, fornecimento, espalhamento, umedecimento e compactação mecânica de aterro e execução de calçada em concreto moldado in loco;
5. Serviços complementares: implantação de guarda-corpo em tubo de aço galvanizado, pintura do mesmo com esmalte sintético precedida de aplicação de fundo anticorrosivo.

ETAPAS DA EXECUÇÃO

O desempenho deu início as etapas: serviços preliminares; fundações; estruturas; passeio público e serviços complementares.

Figura 2- Placa de obra.



Fonte: Autoria Propria (2020).

A placa de obra tem o objetivo de expor os serviços que foram realizados na obra, assim como: objeto da obra, tempo de execução, valor total, número de contrato, empresa e técnico responsável pela a execução (Figura 2).

Figura 3 - Escavação.



Fonte: Autoria Propria (2020).

A escavação (Figura 3) da fundação houve uma divergência na resistência do solo encontrado, contendo as profundidades superiores em média a uma cota de 3 metros (limite máximo permitido para fundações rasas segundo a NBR 6122).

Figura 4 - Execução de concreto ciclópico da base de sapatas.



Fonte: Autoria Propria (2020).

Para dar início a fundação, a empresa fez o lançamento do concreto ciclópico (Figura 4) substituindo o concreto magro, que foram assentados os escoramentos e fôrmas de madeiras, assim obtendo menor desperdício de material ao ser lançado, regularizando o solo para execução das sapatas isoladas.

Após a execução do concreto ciclópico para o recebimento das sapatas, foram colocadas as fôrmas para execução das sapatas isoladas, em seguida foi lançado o concreto armado de fck 20 MPA, e o adensamento com vibrador mecânico deixando o concreto armado mais rígido.

A cura das sapatas isoladas foram respeitadas no tempo determinado (aproximadamente 3 dias) para a realização das desfôrmas e começar a montagem das fôrmas de madeira dos pescoços dos pilares . Foi utilizado um lado da fôrma mais baixa para facilitar no lançamento do concreto armado de fck 30 MPA e adensamento com vibrador mecânico.

Figura 5 - Vigas baldrame, pilares e divisorias.



Fonte: Autoria Propria (2020).

A estrutura do bueiro celular dar início a montagem de fôrmas e escoramentos de madeiras para vigas baldrame, pilares e vigas, sucedendo o lançamento do concreto armado pronto fck 30 MPA e adensado.

Antecedendo as divisorias de concreto ciclópico fck 10 MPA foi realizado a fôrmas e desfôrmas sucedendo lançamento do ciclópico com mistura de 30% de pedra de mão (Figura 5).

Com essas etapas finalizadas, começou a execução das fôrmas de madeira das vigas e escoramento, lançando o concreto e adensando. Assim respeitando a cura e molhando três vezes ao dia durante uma semana (7 dias), as laterais e deixando só a parte inferior das fôrmas.

Para cumprimento da laje a empresa executou todo o escoramento e fôrmas laterais, houve dificuldades de leitura do encarregado no projeto para armação da ferragem da laje, para que houvesse o serviço bem executado, a fiscalização auxiliou todas as etapas assim cumprindo os serviços conforme o projeto. Sendo liberado para lançamento do concreto usinado de fck 20 MPA e feito adensamento.

Figura 12 - Concretagem do passeio.



Fonte: Autoria Propria (2020).

Antes de começar as etapas do passeio público, necessariamente foi respeitada a cura 28 dias.

A empresa executou o fornecimento do meio-fio pré-moldado assentando para drenagem da linha d'água e a execução do concreto simples do piso.

Para finalizar o passeio público foi feito serviços complementares pela secretária de obras de Igaracy-PE. Os serviços foram à contenção externa da calçada de alvenaria, aterro, compactação, guarda corpo e pintura de todo bueiro celular (Figura 6).

Resultados e Discussão

Com este trabalho obteve-se como resultado a construção do bueiro celular que é de grande importância para o bairro Santa Ana, município de Igaracy-PE, que dá acesso para o

centro da cidade. Destinou-se solucionar os problemas de alagamentos, enchentes e conduzir a drenagem das águas pluviais da estrada chegando ao objetivo final.

A empresa contratada apresentou várias dificuldades de interpretação dos projetos de estrutura e fundações. Não houve presença do engenheiro civil de execução e a mão-de-obra direta não tinha qualificação necessária para o correto entendimento dos projetos.

As propriedades do solo apresentadas no relatório de sondagem geotécnica da empresa contratada divergiram das encontradas nos locais onde as sapatas estavam localizadas. Na prática, foi descoberto um solo de fundação consideravelmente menos resistente do que o que está relatado no laudo geotécnico. O projeto de fundações apontou cota de escavação equivalente à apontada em relatório de sondagem, porém foi necessário acréscimo nestes serviços preliminares para atingir a segurança desejada.

A solução técnica adotada com a fiscalização foi de escavar até se achar um solo rochoso ou devidamente resistente para a execução das sapatas. Quando a profundidade de escavação era superior a 3,0 m (limite máximo para fundações rasas segundo NBR 6122), era procedido o espalhamento de aterro com mistura de solo- cimento e posterior compactação do mesmo, previamente ao concreto magro e à concretagem das sapatas isoladas.

Os serviços técnicos de fôrma, armação, concretagem e desfôrma das sapatas isoladas, pilares, vigas e laje conseguiram ser executados mediante apoio técnico frequente da equipe de fiscalização municipal. As especificações técnicas diversas constantes em memorial descritivo e pranchas dos projetos foram cumpridas rigorosamente. O intuito foi de concluir a obra de modo que a mesma atingisse os parâmetros de segurança, estabilidade e funcionalidade propostas.

Considerações Finais

A finalidade deste trabalho foi analisar e comparar os processos construtivos do bueiro celular de concreto armado e conseqüente explicitar as nuances principais das etapas da obra. O passo inicial do trabalho foi apresentar os projetos, onde aprende-se a discernir se o que está sendo executado atende as normativas vigentes, literatura técnica e especificações. Também foi possível verificar que nem todos os métodos e procedimentos aprendidos em sala são executados na obra.

Notou-se que alguns funcionários não apresentaram desenvoltura adequada para a realização das suas atribuições em obra, conforme relatado acima nos resultados e discussões. Fato este, pode ser explicado devido a vícios construtivos adquiridos com o tempo de realização destas atividades e com a cultura dos hábitos locais.

Ressalta-se a importância de investimentos em capacitação de recursos humanos na empresa e principalmente o acompanhamento de profissionais habilitados. A presença de engenheiro civil na obra é indispensável para obtenção de resultados satisfatórios e minimização de riscos.

Em relação à obra alvo deste artigo, é relevante salientar que, apesar das adversidades perceptíveis desde os serviços preliminares até a conclusão da estrutura do bueiro celular, atingiu-se parâmetros estimados em projeto, de segurança e funcionalidade. Foram nivelados os desafios comuns a essa tipologia de obra e vencidos os maiores obstáculos encontrados entre as equipes de fiscalização e execução

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR6122: Projeto e execução de fundações.** 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2010. 91 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17430/material/NBR%206122-2010.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ -DER/PR. **DER/PR ES-D 10/18: Drenagem: Bueiros Celulares de concreto. Paraná: Der/Pr (Dt/Cpd),** 2018. 10 p. Disponível em: http://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/2019-10/esd1018bueiroscecularesdeconcreto.pdf. Acesso em: 13 out. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 025/2004: Drenagem – Bueiros celulares de concreto – Especificação de serviço.** 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2004. 8 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_025_2004_es.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS.** 2. ed. Rio de Janeiro: Engesur Consultoria e Estudos Técnicos Ltda, 2006. 333 p. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

ROCHA, Diego Daibert. **Avaliação do Projeto de Drenagem de Transposição de Talwegues da Rodovia Municipal que Interliga a Rodovia MG-457 ao Município de Passa Vinte/Minas Gerais.** 2013. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Ufjf, Juiz de Fora, 2013. Cap. 1. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TFC-Diego-Daibert-Final.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Recebido: 20/12/2022

Aprovado: 09/01/2023