

INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO DIMENSIONAMENTO DE BUEIRO NA RUA PADRE PAULINO NOGUEIRA – MORADA NOVA/CE

Carlos Vinícius Cavalcante de Oliveira⁽¹⁾

Engenheiro civil e estudante de segurança do trabalho no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Morada Nova.

Endereço⁽¹⁾: Rua Rosendo Chagas, 250 – São Francisco – Morada Nova - CE - CEP: 62940-000 - Brasil - Tel: +55 (88) 99686-5833 - e-mail: carlos.vinicius.cte@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho aborda um estudo dos parâmetros que influenciam nas obras de arte especiais utilizadas na transposição de talvegues em vias urbanas, analisando as possíveis vazões que uma bacia pode ter de acordo com os diferentes usos e ocupações do solo que a compõe. O caso em questão refere-se a uma microbacia hidrográfica, situada no Bairro São Francisco, na cidade de Morada Nova - CE. O talvegue principal é cortado pela Rua Padre Paulino Nogueira, onde existe uma estrutura simples sem projeto prévio para drená-lo. A partir dos dados obtidos em campo e do Plano Diretor Municipal de Morada Nova (2017), avaliou-se a situação atual e foi estimada uma projeção futura do uso do solo. Foi feita uma comparação entre perspectivas diferentes na mesma bacia e os resultados mostram que devido à crescente urbanização e a consequente diminuição de áreas com solo livre e vegetação rasteira, torna-se necessário o desenvolvimento de um novo projeto para o bueiro, pois ocorre um aumento considerável na vazão do talvegue. Portanto, foi apresentada uma nova proposta de bueiro a ser aplicada no local, de acordo com as normas do DNIT.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Bueiro, Uso e ocupação do solo.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais pertinentes nos projetos de infraestrutura rodoviária é a transposição de talvegues, que se torna ainda mais difícil em zonas urbanizadas.

Essa situação está presente em uma boa parcela do Brasil pois, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dos 5570 municípios do país, apenas 1139 possuem instrumentos reguladores do serviço de drenagem urbana.

Tucci (2002) afirma que o Plano Diretor Urbano existe para que os municípios considerem o uso e a ocupação do solo e as condições ambientais conforme forem expandindo, mas raramente abordam a drenagem urbana.

Logo, as interferências antrópicas podem afetar diretamente o ciclo hidrológico de uma região e, segundo Tucci (2003), é nesse ponto que os sistemas de drenagem são úteis para coletar e dispor as águas pluviais que correm na superfície do solo.

Consoante à importância de sua aplicação, o projeto de obra de arte especial, que é o caso dos bueiros, requer a atenção para alguns pontos, como o crescimento da urbanização na região, os tipos de solo do local e como eles são utilizados, a precipitação média e as dimensões da respectiva bacia hidrográfica.

O presente estudo caracteriza o uso e ocupação do solo de uma microbacia situada no Bairro São Francisco, na cidade de Morada Nova – CE, município que tem topografia acidentada e desenvolveu-se nos pontos mais baixos, o que corroborou para que algumas de suas áreas se tornassem mais propensas a enchentes.

Um desses pontos está localizado na Rua Padre Paulino Nogueira, onde existe um sistema de drenagem não projetado que tem como objetivo transpor o talvegue da bacia de retenção do caso estudado. Com a drenagem deficiente, o referente trabalho sugere a aplicação de bueiros específicos para o cenário atual (2021) e um cenário futuro, quando a região estiver mais urbanizada.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Morada Nova (Prefeitura Municipal de Morada Nova, 2019) foi tomado como base para caracterizar a bacia de contribuição, pois ele estabelece critérios e parâmetros para a Zona de Expansão Urbana (ZEU) e para o uso e ocupação do solo.

OBJETIVOS

• OBJETIVO GERAL

Sugerir um sistema de drenagem eficiente de drenagem do tipo bueiro na rua Padre Paulino Nogueira, situada no Bairro São Francisco, na cidade de Morada Nova - CE, que evite problemas de escoamento, comparando a situação urbanística atual da microbacia com um cenário futuro.

• OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o uso e ocupação do solo da microbacia de contribuição para sugerir uma intervenção, através de uma obra de arte especial, para a transposição do talvegue.
- Determinar a vazão do ponto de estudo utilizando o Método Racional, de acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem do DNIT (2005);
- Identificar pelo Manual de Drenagens de Rodovias do DNIT (2006) quais tipos de bueiros atenderiam à vazão do projeto;
- Avaliar se o projeto se enquadraria numa perspectiva futura, atendendo ao aumento da urbanização local.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, realizou-se uma revisão bibliográfica em artigos, normas, monografias, dissertações e livros que tratassem do assunto objetivando ampliar os conhecimentos sobre o uso e ocupação do solo e características pluviométricas da região estudada, e sobre os critérios utilizados para o dimensionamento de bueiros.

Posteriormente foi feita uma visita na área da microbacia onde observou-se as características da mesma e o tipo de sistema de drenagem já existente: uma infraestrutura simples formada por tubos de dimensões variadas que não foi projetada previamente.

A partir do Perfil Municipal de Morada Nova (IPECE, 2017) constatou-se, por ser uma região urbanizada próxima ao centro da cidade e pelo crescimento demográfico apresentado, há uma tendência de novas construções e desenvolvimento da infraestrutura local.

Além das visitas e da perspectiva de aumento de área construída, os *softwares* Excel (Microsoft, 2021) e QGIS (QGIS *Development Time*, 2021) foram essenciais, sendo utilizados para análise e compatibilização dos dados.

MATERIAIS

• MICROSOFT EXCEL

O Microsoft Excel é um *software* da Microsoft® que cria e edita planilhas, sendo possível inserir fórmulas e elaborar tabelas dinâmicas e gráficos estatísticos, auxiliando na organização dos dados.

Neste trabalho o programa foi utilizado para os cálculos e estatísticas da precipitação; para a modelagem dos dados de uso e ocupação do solo, estimando o coeficiente de deflúvio; e para a previsão da vazão da bacia em questão.

- **QGIS**

O QGIS é um utilitário desenvolvido pela QGIS *Development Time*. Ele pode ser executado em várias plataformas através do Sistema de Coordenadas Geográficas (SIG), permitindo a visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Esse *software*, bastante utilizado na área de recursos hídricos, foi aplicado no trabalho para compatibilizar as características geográficas da região de estudo, criando um mapa mais completo com camadas de imagens georreferenciadas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova - CE (Governo do Estado do Ceará, 2020), o município apresenta deficiência no sistema de drenagens pluviais, pois se desenvolveu de forma desarmoniosa com o seu relevo, ou seja, não se considerou a drenagem natural pré-existente nos terrenos antes de suas ocupações.

Logo, com a falta de planejamento urbano e com o relevo acidentado, a urbanização cresceu nas regiões mais baixas e planas, às margens dos corpos hídricos, pois são zonas favoráveis para o cultivo e a pesca que eram as principais atividades nos primórdios do município. Consequentemente, isso corroborou para o cenário atual de frequentes inundações nessas regiões.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Morada Nova (Prefeitura Municipal de Morada Nova, 2019) estabelece critérios e parâmetros urbanísticos básicos que caracterizam os terrenos pertencentes à Zona de Expansão Urbana (ZEU) que é o conjunto de áreas não urbanizadas dentro do perímetro urbano que são propícias ao parcelamento, à ocupação e ao uso do solo.

A sede do município de Morada Nova – CE (Figura 1), está inserida na sub-bacia de drenagem do Banabuiú, que corresponde a 13,37% do território cearense, sendo o rio Banabuiú o seu curso de água principal, como mostra a Figura 2.

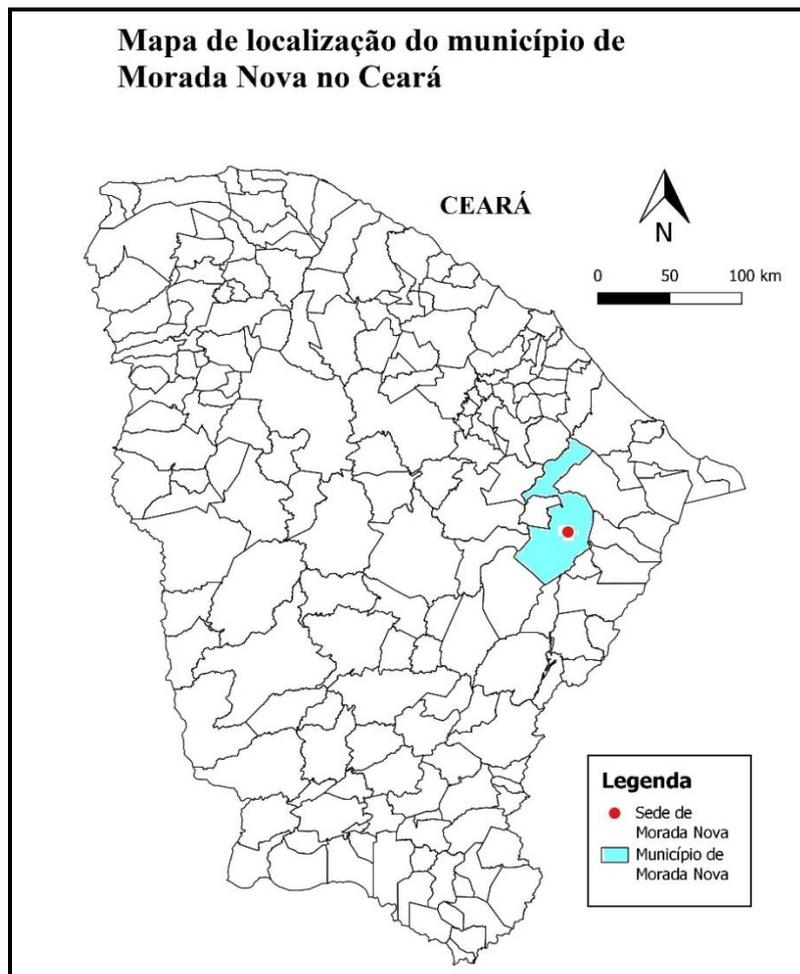


Figura 1 – Mapa de Localização do município de Morada Nova - CE

Mapa de localização da sede do município de Morada Nova na bacia hidrográfica do Banabuiú

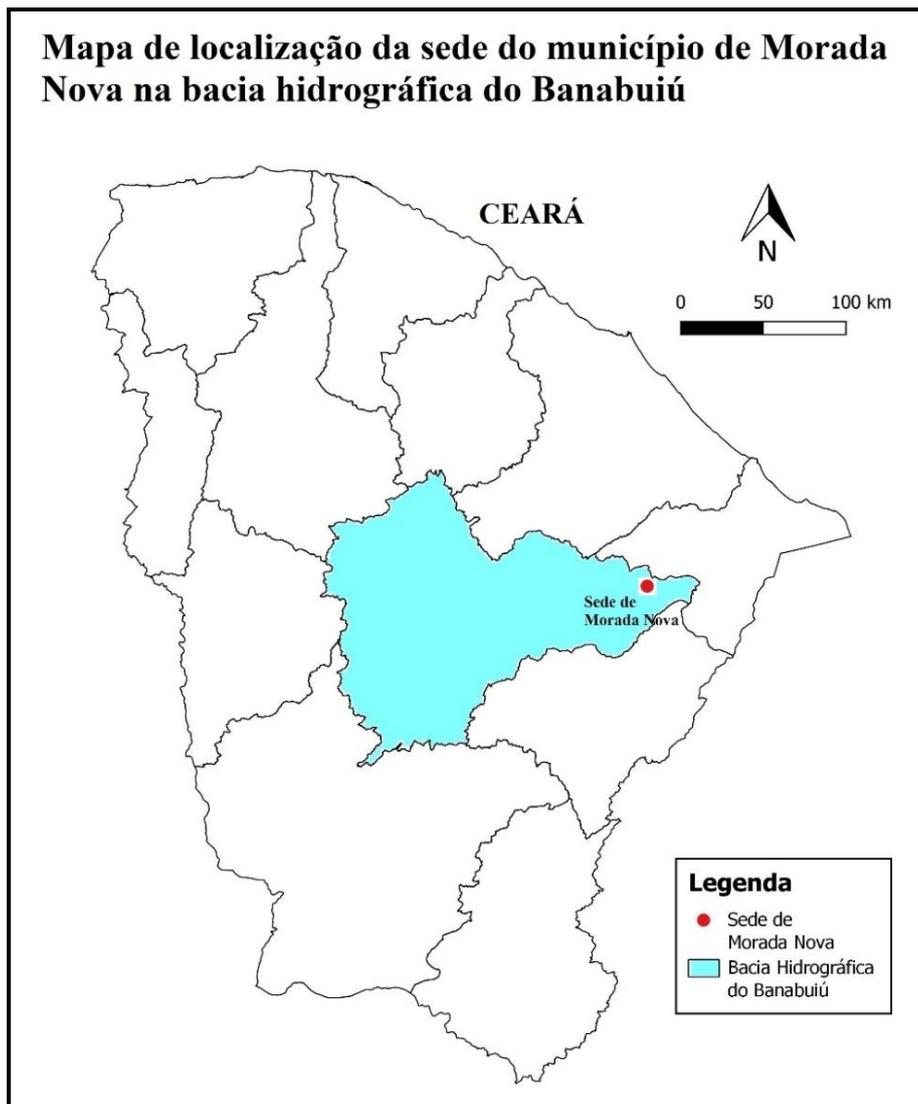


Figura 2 - Mapa de localização da Sede de Morada Nova na Bacia do Banabuiú

O local de estudo é uma microbacia de aproximadamente 58 ha localizada no Bairro São Francisco, pertencente à zona urbana da Sede do município de Morada Nova - CE, conforme mostra a Figura 3.

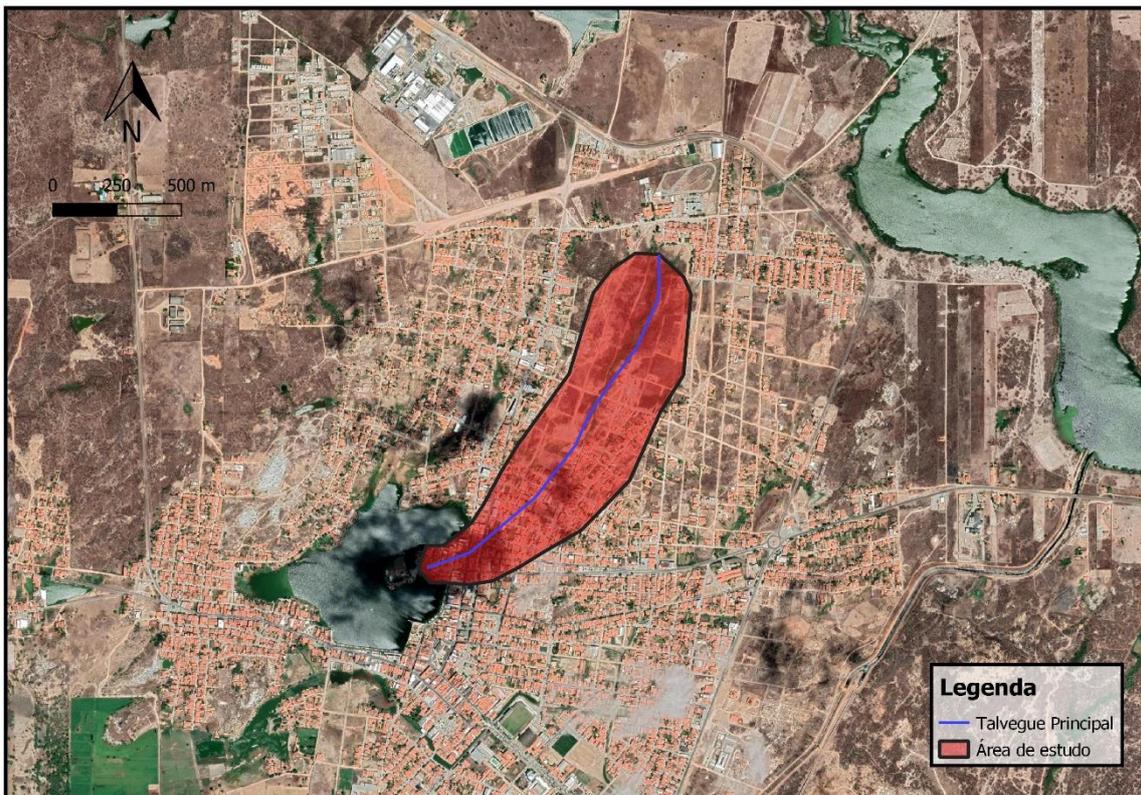


Figura 3 - Mapa de localização da Microbacia em Morada Nova - CE

Na Rua Padre Paulino Nogueira, há uma estrutura não projetada, construída na década de 1990, como tentativa de transpor o talvegue, mas a mesma tornou-se obsoleta, como mostram as figuras 4 e 5.



Figura 4 – Estrutura de drenagem na Rua Padre Paulino Nogueira

A Figura 5 mostra que, apesar de apresentar uma estrutura simples para drenagem, o trecho alaga com facilidade devido ao aumento da vazão de projeto oriunda da crescente urbanização da região.



Figura 5 – Rua Padre Paulino Nogueira após chuva

ETAPAS DA PESQUISA

As etapas da pesquisa foram dispostas conforme o fluxograma representado na Figura 6.

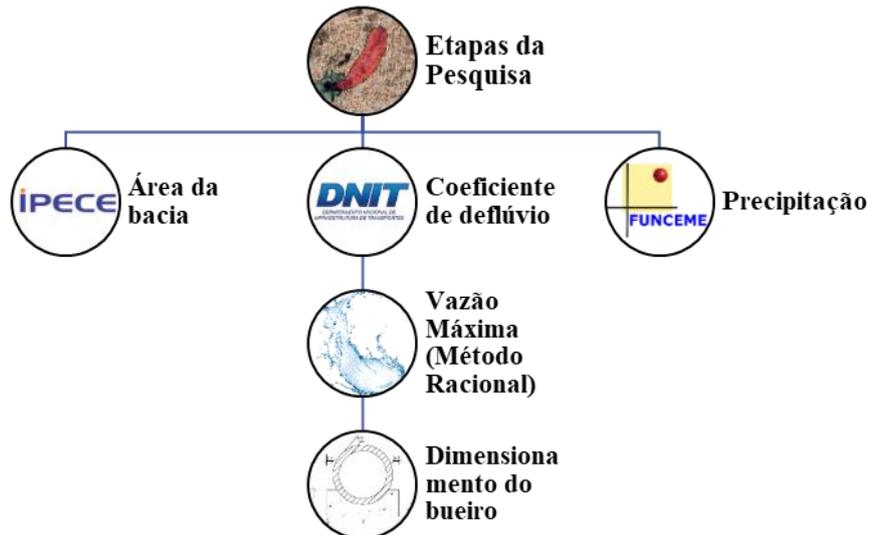


Figura 6 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa

- **LEVANTAMENTO DE DADOS**

Para obter os dados necessários para a realização do trabalho, foram feitas pesquisas junto às instituições detentoras das informações referentes à área de estudo. Para adquirir as informações referentes ao crescimento populacional e à demografia do local foram consultados o Perfil Básico Municipal de Morada Nova (2017), o Plano Municipal de Saneamento Básico (2020) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já a aquisição dos dados estatísticos sobre a precipitação foi através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2021).

- **COEFICIENTE DE DEFLÚVIO**

O coeficiente de deflúvio, ou de escoamento superficial, ou coeficiente de *run-off* está relacionado infiltração das águas pluviais no solo, o que interfere diretamente na vazão de escoamento calculada no Método Racional.

Esse parâmetro é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado (TEIXEIRA, 2010).

Existem diferentes interpretações e aplicações para esse coeficiente, mas para os estudos hidrológicos de transposição de talvegues, o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005), é o mais utilizado (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005), e com o Manual de Implantação Básica (DNER, 1996) são aplicados os dados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 para a drenagem urbana e chuva com tempo de recorrência de 5 a 10 anos.

Tabela 1– Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “c”
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,35
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Tabela 2 – Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off (Superfícies)

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “c”
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Tabela 3 – Coeficiente de Escoamento Superficial – Run-Off (Rodovias)

COEFICIENTES DE ESCOAMENTO USUAIS EM RODOVIAS		
TIPO DE COBERTURA DA ÁREA DRENADA	COEFICIENTE “c”	
	MÍNIMO	MÁXIMO
PAVIMENTO		
Revestimento de concreto de cimento ou concreto betuminoso	0,75	0,95
Revestimento de macadame betuminoso ou tratamento superficial	0,65	0,80
revestimento primário (cascalho e macadame)	0,40	0,60
SOLO COM OU SEM COBERTURA VEGETAL		
Solo arenoso, vegetação cultivada	0,15	0,30
Solo arenoso, mata ou vegetação rasteira, rasteira densa	0,15	0,30
Cascalho, desprovido de vegetação ou vegetação rala	0,20	0,40
Cascalho, mata ou vegetação densa	0,15	0,35
Solo argiloso, desprovido de vegetação ou vegetação rala	0,35	0,75
Solo argiloso, mata ou vegetação densa	0,20	0,35
Canteiro central e valetas gramadas	0,20	0,35
Taludes elevados, com declividade de 1:12	0,50	0,7

• CÁLCULO DA VAZÃO (MÉTODO RACIONAL)

Para calcular a vazão máxima da bacia de contribuição, foi utilizado o Método Racional, que, devido sua simplicidade é muito utilizado para obtenção das vazões de pico das microbacias urbanas. Segundo Canholi (2009) ele é tradicionalmente usado em bacias com dimensões inferiores a 1 km² e com tempos de concentração inferiores a 20 minutos.

Nesse método, a descarga máxima (Q) é dada pela multiplicação da área da microbacia (A), pela intensidade da precipitação (i), de acordo com o tempo de concentração (t_c), pelo coeficiente de deflúvio (c).

Assim, obtém-se:

$$Q = (c * i * A) / 3,6 \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

Q = descarga máxima, em m³/s;

c = coeficiente de deflúvio;

i = intensidade de chuva, em mm/h;

A = área da bacia, em km².

• DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO

Considerando o porte do município e a aplicabilidade dos tipos de obras de arte especiais na região, foi selecionado o dimensionamento de bueiros de concreto, que é o mais conveniente.

Para este dimensionamento, foram utilizadas as tabelas do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), apresentadas na Tabela 4 (para bueiros tubulares) e na Tabela 5 (para bueiros celulares). Ambas foram originadas a partir das fórmulas de dimensionamentos de bueiros trabalhando como canal no regime crítico.

Tabela 4 – Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal (ec = D)

TIPO	DIÂMETRO (m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	0,6	0,22	0,43	1,98	0,88
BSTC	0,8	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
BSTC	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
BDTC	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
BDTC	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
BTTC	1,20	2,60	7,26	2,80	0,70
BTTC	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Tabela 5 – Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal ($ec = d$)

TIPO	DIÂMETRO (m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,0 x 1,0	0,67	1,71	2,56	0,78
BSCC	1,5 x 1,5	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,0 x 1,5	2,00	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0 x 2,0	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0 x 2,5	3,33	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0 x 3,0	4,00	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5 x 2,5	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,0 x 1,5	3,00	9,40	3,14	0,44
BSCC	3,0 x 2,0	4,00	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0 x 2,5	5,00	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0 x 3,0	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	2,0 x 1,5	4,00	12,53	3,14	0,56
BDCC	2,0 x 2,0	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,0 x 2,5	6,67	26,96	4,05	0,69
BDCC	2,0 x 3,0	8,00	35,44	4,43	0,76
BDCC	2,5 x 2,5	8,33	33,70	4,05	0,58
BDCC	3,0 x 1,5	6,00	17,79	3,14	0,44
BDCC	3,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,47
BDCC	3,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,51
BDCC	3,0 x 3,0	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	2,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,62
BTCC	2,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,69
BTCC	2,5 x 2,5	12,50	50,55	4,05	0,58
BTCC	3,0 x 2,0	12,00	43,40	3,63	0,47
BTCC	3,0 x 2,5	15,00	60,00	4,05	0,51
BTCC	3,0 x 3,0	18,00	79,73	4,43	0,54

Com os dados obtidos na vazão máxima pelo Método Racional, verifica-se nas tabelas qual o valor imediatamente superior à vazão calculada e, conseqüentemente, qual bueiro atende melhor essa especificação.

A utilização desse método torna-se viável, visto que trabalha com valores tabelados para as dimensões dos bueiros, possibilitando a padronização da construção desses dispositivos nas mais distintas técnicas construtivas do Brasil, que é um país com dimensões continentais. (OLIVEIRA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia em questão é uma microbacia situada no Bairro São Francisco, na Sede Urbana da cidade de Morada Nova - CE. Suas águas correm até chegar ao ponto mais baixo, desaguando na Lagoa da Salina, mas antes de chegar ao exultório o seu leito principal atravessa a Rua Padre Paulino Nogueira, onde existe uma estrutura não projetada.

Com o uso do *software* QGIS foi delimitada a bacia de contribuição e, posteriormente, determinada a sua área de aproximadamente 58 ha (ou 0,58 km²) e o comprimento do talvegue principal de 1592 m, conforme o mapa da Figura 7.

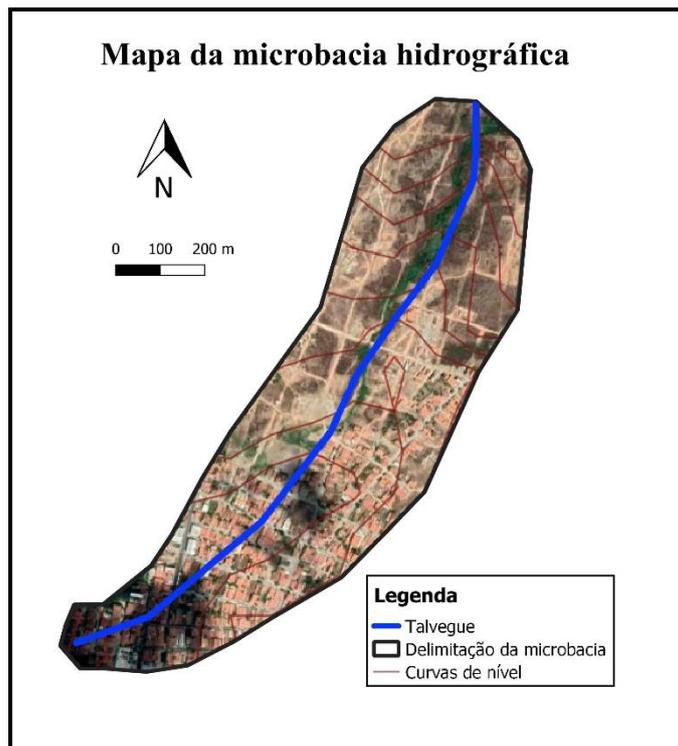


Figura 7 - Microbacia hidrográfica em estudo

• USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com o passar dos anos e com o crescimento da urbanização a área tem sido modificada pelo homem, que substituiu a cobertura vegetal arbustiva e o solo exposto por residências e vias pavimentadas.

A partir da demarcação de diferentes formas de uso e ocupação do solo do território em questão, foram desenvolvidos os coeficientes de deflúvio para o cenário atual (Situação 01) e para o cenário posterior (Situação 02), utilizando a média ponderada das áreas, com seus respectivos coeficientes apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, para encontrar um coeficiente geral referente à área total, em ambos os casos.

Seguem as situações da cobertura do solo nas duas perspectivas.

➤ SITUAÇÃO 1 – PERSPECTIVA ATUAL (2021)

- Solo arenoso, mata ou vegetação rasteira densa $c = 0,15$ a $0,3$.

Considerando a média do coeficiente, tem-se

$$c = (0,15 + 0,3) / 2 = 0,225$$

- Área residencial de multi unidades, ligadas $c = 0,6$ a $0,75$

Considerando a média do coeficiente, tem-se

$$c = (0,6 + 0,75) / 2 = 0,675$$

- Ruas em áreas centrais $c = 0,7$ a $0,95$

Considerando a média do coeficiente, tem-se

$$c = (0,7 + 0,95) / 2 = 0,825$$

A Área 1 (A₁) corresponde ao solo arenoso, mata ou vegetação densa; a Área 2 (A₂) equivale à parte residencial de multi unidades, ligadas; e a Área 3 (A₃) são as ruas. Todas estão em quilômetros quadrados, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Área correspondente a cada tipo de uso do solo da Situação 01

SITUAÇÃO 01	
Tipo de área	Área (km ²)
A1 – solo arenoso, mata ou vegetação densa	0,3087
A2 – área residencial de multi unidades, ligadas	0,2385
A3 – ruas, áreas centrais	0,0368
TOTAL	0,5840

Fazendo a média ponderada, obtém-se

$$c = ((c_1 * A_1) + (c_2 * A_2) + (c_3 * A_3)) / (A_1 + A_2 + A_3)$$

$$= ((0,225 * 0,309) + (0,675 * 0,238) + (0,825 * 0,037)) / (0,309 + 0,238 + 0,037) = \mathbf{0,447}$$

➤ SITUAÇÃO 2 – PERSPECTIVA FUTURA

Nesse caso foram utilizados os mesmos valores dos coeficientes da Situação 01 para as três classes de uso do solo

- Solo arenoso, mata ou vegetação rasteira densa c = 0,225;
- Área residencial de multi unidades, ligadas c = 0,675;
- Ruas em áreas centrais c = 0,825.

Novamente, conforme o primeiro caso, a Área 1 (A₁) corresponde ao solo arenoso, mata ou vegetação densa; a Área 2 (A₂) equivale à parte residencial de multi unidades, ligadas; e a Área 3 (A₃) são as ruas.

Com base no Perfil Básico Municipal de Morada Nova (2017) e nos dados de crescimento urbano apresentado pelo mesmo, nesta perspectiva foi considerado que as áreas A2 (residencial) e A3 (ruas) tiveram o aumento de 100% quando comparadas às mesmas áreas na situação anterior, influenciando na diminuição da área A1 (solo livre e vegetação rasteira) e preservando a área total da bacia, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Área correspondente a cada tipo de uso do solo da Situação 02

SITUAÇÃO 02	
Tipo de área	Área (km ²)
A1 – solo arenoso, mata ou vegetação densa	0,0334
A2 – área residencial de multi unidades, ligadas	0,4770
A3 – ruas, áreas centrais	0,0736
TOTAL	0,5840

Logo, fazendo a média ponderada dos coeficientes com as novas áreas, obtém-se

$$c = ((c_1 * A_1) + (c_2 * A_2) + (c_3 * A_3)) / (A_1 + A_2 + A_3)$$

$$= ((0,225 * 0,033) + (0,675 * 0,477) + (0,825 * 0,074)) / (0,033 + 0,477 + 0,074) = \mathbf{0,668}$$

A partir dos resultados obtidos, foi criado o gráfico apresentado na Figura 8 que mostra a variação dos coeficientes de escoamento superficial.

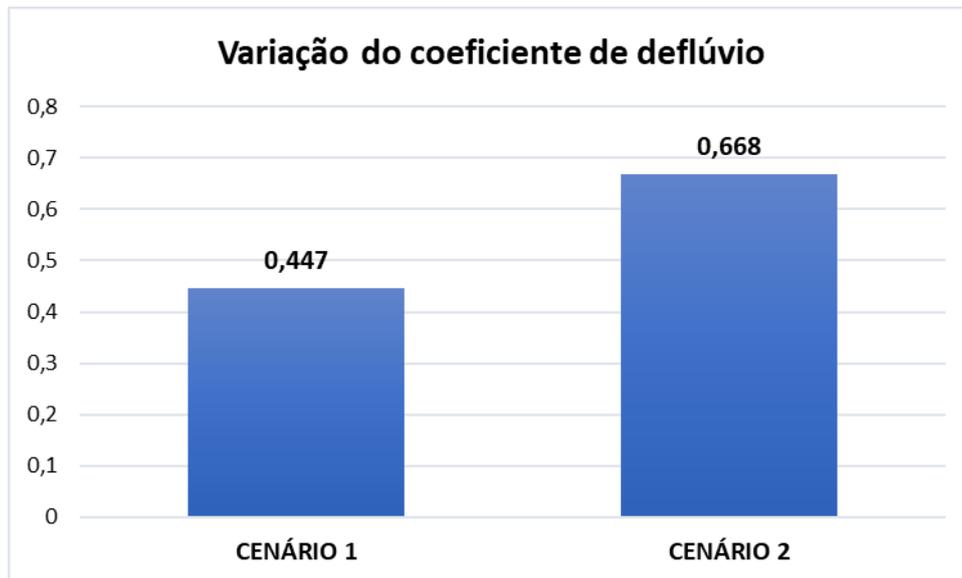


Figura 8 – Gráfico da Variação do Coeficiente de Deflúvio

- PRECIPITAÇÃO PELO MÉTODO DE LOG-PEARSON III**

A partir da série de dados pluviométricos, disponibilizados pela FUNCEME (2021), obtidos de uma estação localizada na Sede de Morada Nova - CE, foi calculada a precipitação aplicada no Método Racional utilizando o Método de Log-Pearson Tipo III.

Conforme o Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005) o Método de Log-Pearson Tipo III é uma variação da distribuição de Pearson III onde são calculados os logaritmos das descargas. Dentre os outros métodos, ele apresenta maior precisão na representação dos dados anuais da série histórica (FINKLER ET. AL, 2015).

A Tabela 8 apresenta o índice de pluviosidade (i) obtido para o período de retorno de 10 anos, que é o indicado para o tipo de estudo.

Tabela 8 – Índice pluviométrico pelo Método de Log-Pearson III

Tempo de Recorrência “T _r ” (anos)	Índice Pluviométrico “i” (mm/h)
10	131,85

- VAZÕES PARA DIFERENTES CENÁRIOS DE USO DO SOLO DA MICROBACIA**

De acordo com os dados já apresentados, foi criada a Tabela 9 com os índices utilizados no Método Racional na Situação 1 e na Situação 2.

Tabela 9 – Área, Coeficiente de Deflúvio e Intensidade de Chuvas dos Cenários

Situação	Área da Microbacia Hidrográfica “A” (km ²)	Coeficiente de Deflúvio “c”	Intensidade das Chuvas “i” (mm/h)
1	0,584	0,447	131,85
2	0,584	0,668	131,85

Aplicando esses valores na equação (1), citada no subtópico “4.3 Etapas da pesquisa”, tem-se

Situação 1:

$$Q = (c * i * A) / 3,6$$

$$= (0,447 * 131,85 * 0,584) / 3,6 = \mathbf{9,5609 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Situação 2:

$$Q = (c * i * A) / 3,6$$

$$= (0,668 * 131,85 * 0,584) / 3,6 = 14,2878 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Com base nos resultados das vazões, foi elaborado o gráfico demonstrando a variação das mesmas, de acordo com o apresentado na Figura 9.

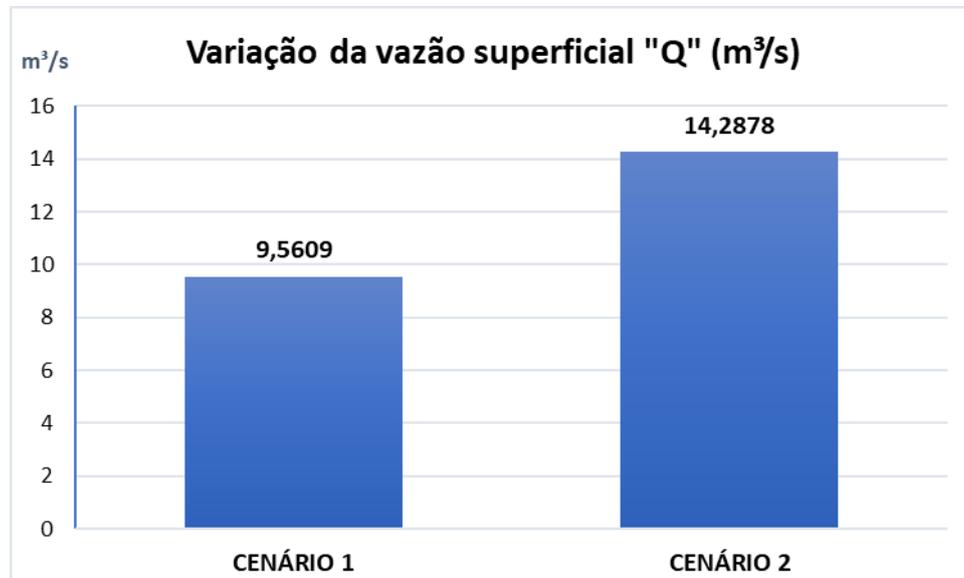


Figura 9 – Gráfico da variação da vazão

• DIMENSIONAMENTO DOS BUEIROS

Consoante aos resultados alcançados para as vazões, definiu-se os tipos de bueiros tubulares e celulares para cada ocasião, de acordo com as tabelas do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006) apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Foi verificado nas tabelas qual deles tem vazão máxima imediatamente superior à vazão calculada em ambas as situações e, a partir disso, foi elaborada a Tabela 10.

Tabela 10 – Bueiros selecionados para cada situação

Situação	Vazão Calculada (m³/s)	Bueiro Tubular	Bueiro Celular
01	9,5609	BTTC 1,50	BSCC 2,0 x 2,0
02	14,2878	-	BSCC 3,0 x 2,0

BTTC 1,50 – Bueiro Triplo Tubular de Concreto com diâmetro de 1,5 m.

BSCC 2,0 x 2,0 – Bueiro Simples Celular de Concreto com dimensões de 2,0 m por 2,0 m.

BSCC 3,0 x 2,0 – Bueiro Simples Celular de Concreto com dimensões de 3,0 m por 2,0 m.

Foi observado que nenhum bueiro tubular de concreto atendeu à vazão máxima calculada na Situação 02. Portanto, de acordo com o a aplicação do método de dimensionamento de bueiros tubulares e celulares de concreto do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), apenas um tipo celular, mais precisamente o Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC) de dimensões 3,0 m por 2,0 m atendeu à demanda para a drenagem da bacia na Situação 02, trabalhando em regime de canal.

Para a situação atual (Situação 01), tanto o Bueiro Triplo Tubular de Concreto (BTTC) de diâmetro 1,5 m, quanto o Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC) de dimensões 2,0 m por 2,0 m foram suficientes para drenar a vazão máxima.

A definição do bueiro adequado para o cenário atual foi realizada com o objetivo de constatar qual obra de arte especial deveria estar situada na área de estudo. Mas, como a urbanização local está em crescimento, o ideal é que seja considerada para execução a obra da situação posterior 02.

Portanto, o projeto mais viável de ser implementado para a transposição do talvegue em questão é o do Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC) de dimensões 3,0 m por 2,0 m, pois o mesmo satisfaz tanto o cenário atual, quanto a concepção futura estudada neste trabalho.

CONCLUSÃO

Considerando que esta pesquisa tinha como objetivos caracterizar a utilização do solo da bacia de detenção, verificar a variação da vazão superficial a partir da influência da urbanização, e sugerir um modelo de projeto de bueiro de concreto de acordo com o método do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006) atendendo um cenário futuro, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

Com fundamento no Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005) e no Manual de Implantação Básica (DNER, 1996), foram estipulados os coeficientes de escoamento considerando as áreas de solo livre e vegetação arbustiva, as residenciais e as pavimentadas, em ambas as ocasiões, obtendo coeficientes com valores de 0,447 no primeiro cenário e 0,668 no segundo.

Utilizando o Método Racional, os dados dos coeficientes de deflúvio foram combinados com a área da microbacia de 0,584 km² e com a intensidade das chuvas de 131,85 mm, resultando em vazões de 9,56 m³/s e 14,2878 m³/s, respectivamente.

Portanto, foi possível observar o impacto que as diferentes formas de uso e ocupação do solo podem causar no ciclo hidrológico. Nesse caso, a vazão superficial aumentou quase 50% da Situação 01 para a Situação 02.

Os tipos de bueiros tubulares de concreto não atenderam à vazão calculada para a perspectiva futura, mas definiu-se o Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC) com dimensões de 3,0 m por 2,0 m como o mais viável para o caso, pois satisfaz as especificações e, se instalado, comportará as vazões do cenário atual e do cenário futuro, mesmo após o considerável crescimento urbano apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CANHOLI, J. F. Modeling, Design and Realization of a Constructed Wetland in Pilot Plant Scale. Politécnic di Torino. (Tesi di Laurea Specialistica). Torino, 2009.
2. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Manual de Implantação Básica**. IPR 742. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 1996.
3. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. IPR 715. **Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Rodoviária. Rio de Janeiro, 2005.
4. _____ DNIT. IPR 724. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Rodoviária. Rio de Janeiro, 2006.
5. FINKLER, N. R. MENDES, L. A. SCHNEIDER, E. M. BORTOLIN, T. SCHNEIDER, V. **Comparação de Funções de Distribuição de Probabilidades na Determinação de Vazão Mínima Anual e Sazonal**. *Scientia Cum Industria*, v. 3, n. 2. p. 42 – 47, 2015.
6. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Plano Municipal de Saneamento Básico. Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova**. EngeConsult Consultores Técnicos. Fortaleza, 2020.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.
8. IPECE, 2017. **Perfil Básico Municipal – Morada Nova**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2017.
9. MICROSOFT. **Microsoft® Excel**. Disponível em: <http://office.microsoft.com/pt-br/excel>. Acesso em fevereiro de 2021.

10. OLIVEIRA, F. R. A. **Impactos das mudanças na cobertura do solo no dimensionamento de transposição de Talvegues - Estudo de Caso – Dimensionamento de Bueiro no campus do Pici-UFC.** Departamento de Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, 2013.
11. PREFEITURA MUNICIPAL DE MORADA NOVA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Morada Nova.** Governo do Estado do Ceará. Morada Nova, 2019.
12. QGIS DEVELOPMENT TIME. **QGIS.** Disponível em: <https://qgis.org/en/site/>. Acesso em março de 2021.
13. TEIXEIRA, C. A. **Apostila de Hidrologia Aplicada.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil, 2010.
14. TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. v. 7, p. 5 - 27, 2002.
15. TUCCI, C. E. M. 2003. **A questão da Drenagem Urbana no Brasil: uma Contribuição à Discussão na Conferência das Cidades.** Mimeo. Brasília, 2003.