

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

MEDIÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE UM CURSO D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODO NUMÉRICO¹

Nicole Deckmann Callai², Gabriela Da Silva Da Costa Bressam³, Peterson Cleyton Avi⁴.

¹ Pesquisa desenvolvida na disciplina de Cálculo Numérico Computacional do curso de Engenharia Civil da Unijuí.

² Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Civil da Unijuí, voluntária PET/SESu, nicole.callai@hotmail.com

³ Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Civil da Unijuí, gah.bressam@gmail.com

⁴ Professor/Mestre da Área de Matemática da Unijuí, peterson.avi@unijui.edu.br

Introdução

É considerado curso d'água qualquer fluxo de água corrente superficial, seja na forma de córregos, riachos, rios ou nascentes, que seja drenada de forma a atingir um nível base onde se estabilize, podendo ser uma lagoa, lago, mar ou oceano. Os cursos d'água requerem um perímetro protegido no decorrer de suas margens, isento de edificações permanentes ou qualquer tipo de construção, denominado Área de Preservação Permanente (APP). Segundo o atual Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/12 (2012):

“Art. 3º Para os efeitos desta lei, entende-se por:

(...) II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (...)”.

Desta forma, na área da engenharia civil, especificamente no setor da construção, as APPs inviabilizam a exploração econômica destes locais, tornando-os áreas naturais intocáveis. Por esta razão, através de métodos numéricos (BARROSO et al., 1987), escolhemos trabalhar em cima de um curso d'água localizado no perímetro urbano da cidade de Ijuí, afim de determinar a área total condenada e considerada inválida para qualquer tipo de atividade construtiva, problema presente em muitas localidades da cidade.

Metodologia

O curso d'água escolhido é um córrego irregular situado nos bairros Industrial e Morada do Sol (o próprio córrego é o limite entre os dois bairros), na cidade de Ijuí, Rio Grande do Sul. Foi escolhido um quarteirão que teve grande parte de sua área comprometida devido à APP do córrego. O quarteirão está situado entre a Rua Professora Luiza Hermel ao norte, Rua Armando Goi ao sul, Rua Osvaldo Rieck a oeste e Rua Dorival Marcos de Carvalho a leste.

Fomos até o local e verificamos as condições do córrego e dos arredores. Devido ao terreno íngreme e à presença de muita vegetação, não foi possível realizar a medição da largura de todo o leito do rio, portanto, estas informações foram obtidas a partir de arquivo modelo AutoCad retirado do site da Prefeitura Municipal de Ijuí.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Nos primeiros 15,9 metros de comprimento, o córrego apresentava largura aproximada de 3 metros. Nos 60,1 metros seguintes, estreitava-se para aproximadamente 2 metros de largura. E nos 37 metros posteriores até o fim do quarteirão, o curso apresentou largura aproximada de 1,7 metros. O artigo 4º do atual Código Florestal Brasileiro (2012), estabelece como áreas de preservação permanente:

“I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; (...)”.

De acordo com a lei, traçamos a área de preservação do respectivo córrego com uma distância de 30 metros de cada margem, como mostra a figura 1. Como as margens do curso d’água são irregulares, a APP também constituiu-se em uma figura irregular, com término nos limites do quarteirão, área considerada inválida para qualquer tipo de construção.

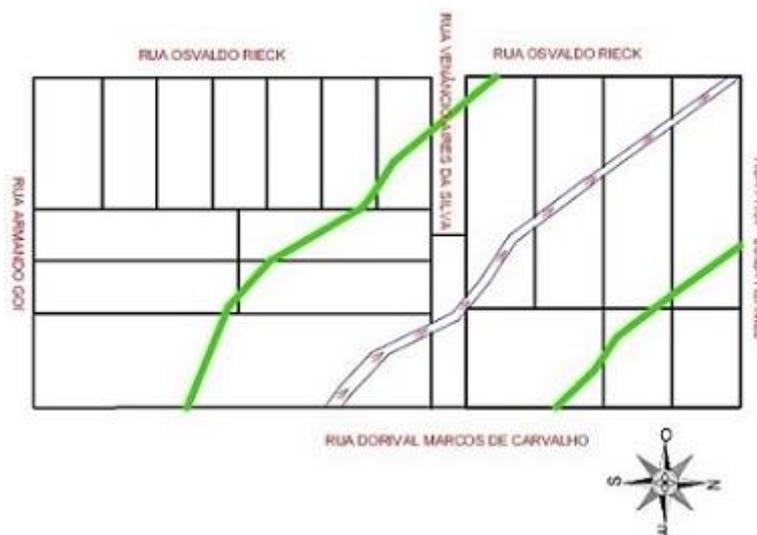


Figura 1 – Quarteirão dividido em lotes com desenho e sentido do córrego e delimitação da APP: Prefeitura Municipal de Ijuí –modificado pelos autores.

Como se pode observar pela figura, o sentido do fluxo do córrego inicia-se a sudeste do quarteirão e parte para noroeste. As linhas em verde delimitam a APP do córrego, comprometendo grande parte do quarteirão. O trecho mais largo do curso d’água está situado no limite sudeste do córrego com o quarteirão, e o trecho mais estreito, no limite noroeste. Toda a área situada entre as linhas da APP não pode servir para construção, portanto, esta é a área que desejamos encontrar, para descobrir quanto do quarteirão está comprometido e quanto se perde de área útil.

Resultados e discussão

A partir da análise da figura obtida com o traço da APP do córrego, consideramos os limites irregulares e, portanto, necessária a aplicação de modelos matemáticos para sua resolução.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

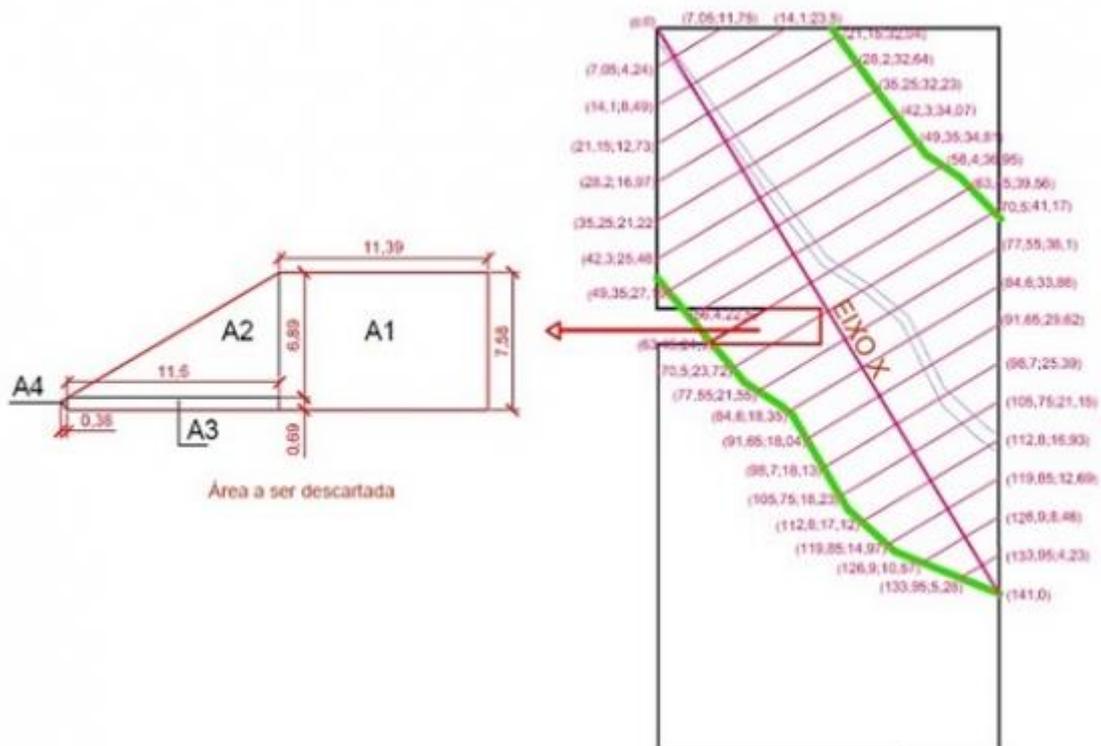
Decidimos calcular a área da região pelo método dos Trapézios (BARROSO et al., 1987), para comparar com a área real.

Tendo como base o princípio do cálculo de áreas por métodos numéricos, traçamos uma linha passando pelas duas extremidades da APP de modo que seja possível, a partir dela, alcançar todos os pontos da figura. Essa linha chamamos de “eixo x”. Seu comprimento total, a partir de dados do AutoCad, é de 141,2063 metros. Para efeitos de cálculo, arredondamos essa medida para 141 metros de comprimento.

Como o método dos Trapézios trabalha com subdivisões de igual intervalo no eixo x, dividimos os 141 metros do eixo em 20 subintervalos de 7,05 metros de comprimento cada. Dessa forma, já estabelecemos que o valor “h” seria de 7,05 metros.

A partir do eixo x, criamos linhas perpendiculares a ele com término nas extremidades da APP marcada na figura. Então, foram medidos os comprimentos de cada linha e estabelecidos os pares ordenados que seriam utilizados no cálculo da área.

Como o quarteirão apresenta uma rua de prolongamento até aproximadamente a metade de sua largura e duas linhas precisam, necessariamente, cruzá-la para que seja estabelecido o comprimento correto, a área delimitada por este trecho da rua deve ser descartada, como mostra a figura 2. Descartamos a área da rua porque o objeto de interesse é a área do quarteirão comprometida pela APP.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Figura 2 – Delimitação dos eixos para cálculo da área ocupada pela APP com detalhe da área a ser descartada: próprio autor.

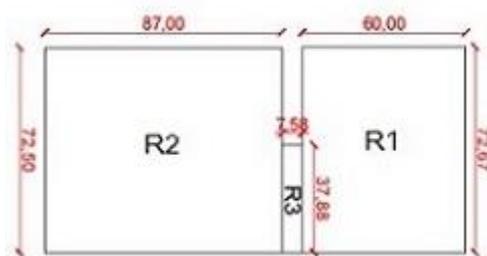


Figura 3 – Medidas do quarteirão para cálculo de área: próprio autor.

Estabelecidos os pontos, podemos organizá-los de acordo com a tabela abaixo.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X	0	7,05	14,1	21,15	28,2	35,25	42,3	49,35	56,4	63,45	70,5
Y1	0	11,75	23,5	32,04	32,64	32,23	34,07	34,81	36,95	39,56	41,17
Y2	0	4,24	8,49	12,73	16,97	21,22	25,46	27,19	22,5	24,9	23,72
i	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
X	77,55	84,6	91,65	98,7	105,75	112,8	119,85	126,9	133,95	141	
Y1	38,1	33,86	29,62	25,39	21,15	16,93	12,69	8,46	4,23	0	
Y2	21,55	18,35	18,04	18,13	18,23	17,12	14,97	10,57	5,28	0	

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos: próprio autor.

Inicialmente, vamos calcular a área do quarteirão, descontando a área da rua que o corta. Vamos dividi-lo em três retângulos, conforme representa a figura 3, e calcular a área de cada um.

Aretângulo= base x altura

$$\text{Aretângulo1} = 72,67\text{m} \times 60\text{m} = 4360,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Aretângulo2} = 72,5\text{m} \times 87\text{m} = 6307,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Aretângulo3} = 37,88\text{m} \times 7,58\text{m} = 287,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Aquarteirão} = \text{Aretângulo1} + \text{Aretângulo2} + \text{Aretângulo3} = 4360,2 \text{ m}^2 + 6307,5 \text{ m}^2 + 287,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Aquarteirão} = 10954,83 \text{ m}^2$$

Tendo a área do quarteirão, é necessário encontrar a área ocupada pela APP. Para isso, utilizaremos a tabela 1, o Método de Trapézios e os programas computacionais criados para sua resolução.

O método dos trapézios utiliza o critério de substituir a função encontrada entre dois pontos por uma reta (BARROSO et al., 1987). A fórmula utilizada é:

$$I = (h/2) \cdot (Y_0 + 2Y_1 + 2Y_2 + \dots + 2Y_{n-1} + Y_n)$$

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Onde:

I= área que se deseja encontrar;

h= amplitude dos intervalos de x.

Com o auxílio do programa criado e executado no software Matlab para regra dos Trapézios a partir de um determinado número de pontos, encontramos a área da região acima do eixo "x", denominada I1, e da região abaixo do eixo "x", denominada I2, e realizamos o seu somatório.

$$I1 = 3589,508 \text{ m}^2 \quad \text{e} \quad I2 = 2324,103 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = I1 + I2 = 3589,508 \text{ m}^2 + 2324,103 \text{ m}^2 = 5913,611 \text{ m}^2$$

O valor de 5913,611 m² corresponde à toda a área ocupada pela APP no quarteirão, inclusive com o trecho da rua junto. Agora é preciso descontar a área do desenho em detalhe na figura 2.

Como mostrado, a figura subdivide-se em dois retângulos (A1 e A3) e dois triângulos (A2 e A4).

A1 e A3 = base x altura

$$A1 = 11,39\text{m} \times 7,58\text{m} = 86,3362 \text{ m}^2$$

$$A3 = 11,6\text{m} \times 0,69\text{m} = 8,004 \text{ m}^2$$

A2 e A4 = (base x altura)/2

$$A2 = (11,6\text{m} \times 6,89\text{m})/2 = 39,962 \text{ m}^2$$

$$A4 = (0,38\text{m} \times 0,69\text{m})/2 = 0,1311 \text{ m}^2$$

$$\text{Adescontada} = A1 + A2 + A3 + A4 = 86,3362\text{m}^2 + 8,004\text{m}^2 + 39,962\text{m}^2 + 0,1311\text{m}^2$$

$$\text{Adescontada} = 134,4333 \text{ m}^2$$

Encontrada a área a ser descontada, podemos retirá-la da área total.

$$\text{Areal} = \text{TOTAL} - \text{Adescontada} = 5913,611 \text{ m}^2 - 134,4333 \text{ m}^2$$

$$\text{Areal} = 5779,1777 \text{ m}^2$$

A área real é, de fato, a área ocupada pela APP do córrego no quarteirão, sem contar sua região na rua. Podemos afirmar, portanto, que dos 10954,83 m² do quarteirão, 5779,1777 m² estão ocupados pela área de preservação ambiental. Tomando como base de orientação a área real ocupada pela APP obtida através de dados AutoCad, cujo valor obtido foi 5777,0648m², podemos dizer que temos uma boa aproximação com o método dos Trapézios.

Conclusões

Pela análise dos resultados, podemos concluir que o método dos Trapézios oferece uma boa aproximação da solução real, o que é facilmente explicado pelo comportamento quase linear do córrego em alguns pontos. Após a conclusão das áreas finais do quarteirão e da área de preservação, percebemos que a APP ocupa aproximadamente 52,75% da área analisada, ou seja, mais da metade do terreno fica comprometida pela presença do córrego, inviabilizando a utilização dessa porção para construção.

Na engenharia civil, há várias situações de determinação de áreas, limites e assemelhados, inclusive para autorização de edificações. Os métodos numéricos são as melhores opções para situações em que se torna difícil fazer um cálculo exato, auxiliando para chegar o mais próximo possível da solução analítica. Nesse caso, o método dos Trapézios teve uma aproximação muito boa, de 5777,0648 m² obteve-se 5779,1777 m², comprovando a eficiência do método, cujo erro foi de apenas 2,1124 m² a mais no somatório.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Palavras-chave

Modelagem matemática; construção civil; preservação ambiental.

Referências bibliográficas

BARROSO, Leônidas Conceição; BARROSO, Magali Maria de Araújo; CAMPOS, Frederico Ferreira; CARVALHO, Márcio Luiz Bunte de; MAIA, Miriam Lourenço. Cálculo Numérico (com aplicações). 2ª edição. São Paulo: HARBRA, 1987. 365p.

BRASIL. Lei n.º 12651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. In: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm.

Município de Ijuí – Poder Executivo: Download de Mapas. Disponível em: www.ijui.rs.gov.br/download/index/40. Acesso em: jun 2014.