



CAPÍTULO 9

QUANTIFICANDO ÁREA VERDE NAS MARGENS DO RIO GUAMÁ: CÁLCULO DA UFPA A SER CONSTRUÍDA

Aline Lima Souza

<https://orcid.org/0009-0003-4623-5833>

Amanda Baia Belo

<https://orcid.org/0009-0009-5370-4929>
<https://lattes.cnpq.br/9703072494989898>

Anne Yasmin Guimarães Dias

<https://orcid.org/0009-0006-9474-1329>

Juliana Moraes Nascimento

<https://orcid.org/0009-0002-1809-9646>

Jamille Carla Oliveira Araújo

<https://orcid.org/0000-0002-2273-2347>
Universidade Rural da Amazônia, Terra Firme, Belém, PA, Brasil.

Renato de Lima Alves

<https://orcid.org/0009-0003-1749-182X>
Colégio Federal Ten. Rêgo Barros, Souza, Belém, PA, Brasil

Suzaní Pereira Guerreiro

<https://orcid.org/0009-0000-4664-7190>
Colégio Federal Ten. Rêgo Barros, Souza, Belém, PA, Brasil

Fernanda Maryelle Pereira

<https://orcid.org/0000-0002-5000-8049>
Colégio Federal Ten. Rêgo Barros, Souza, Belém, PA, Brasil

Gustavo Nogueira Dias

<https://orcid.org/0000-0003-1315-9443>
Universidade do Estado do Pará (PA), Brasil

Camila Oliveira Nascimento Veloso

<https://orcid.org/0000-0003-0929-8280>
Universidade Estadual do Pará

RESUMO: Este artigo analisa se é viável construir uma estrada dentro da área da Universidade Federal do Pará (UFPA), que fica às margens do Rio Guamá, uma região que sofre bastante com erosão nas margens do rio. A investigação foi feita usando imagens de satélite e técnicas de Cálculo Integral para estimar a área afetada e entender melhor como o solo vem sendo perdido ao longo da margem. Os resultados mostram que a erosão ainda está ativa e afeta a estabilidade do terreno perto do rio, o que torna arriscado construir uma estrada ali sem antes fazer obras de contenção. Por outro lado, as áreas mais internas, longe da borda do rio, são mais estáveis e têm bom potencial para receber estruturas, atividades acadêmicas ou administrativas. O estudo destaca como é importante juntar métodos matemáticos, análise espacial e monitoramento ambiental constante para ajudar no planejamento de áreas sujeitas à erosão. No fim, fica claro que usar ferramentas quantitativas junto com a interpretação da paisagem é essencial para tomar decisões mais seguras e sustentáveis em projetos de infraestrutura

PALAVRAS-CHAVE: Erosão fluvial; planejamento territorial; Cálculo Integral; Rio Guamá; infraestrutura.

INTRODUÇÃO

O Campus Universitário do Guamá, da UFPA, sempre chamou atenção pelo seu tamanho e pela quantidade de prédios, laboratórios, salas e espaços usados diariamente pela comunidade acadêmica. Mesmo sendo um campus antigo e já bastante ocupado, ele ainda guarda áreas livres espalhadas em diferentes pontos. Uma das mais interessantes fica na região norte, e permanece parcialmente sem urbanização. Quem anda por lá percebe que ainda existe muito potencial para construção, expansão e novas ideias. Esses terrenos disponíveis acabam virando um recurso importante, porque permitiriam que a universidade cresça de forma planejada e adaptada às necessidades atuais de ensino, pesquisa e extensão.

Quando a gente observa essa área com a cabeça voltada para a matemática, especialmente para o Cálculo, ela vira um prato cheio para trabalhar conceitos que às vezes parecem distantes da realidade. As integrais, por exemplo, deixam de ser apenas contas no papel e passam a ter um uso superprático. Elas podem servir para calcular áreas irregulares do terreno, estimar volumes de construções futuras, prever movimentação de água, modelar inclinações, medir curvas, entre várias outras aplicações. Como o espaço ainda está basicamente vazio, dá para imaginar diferentes

cenários, criar modelos matemáticos e comparar possibilidades, tudo com base em integrais e funções. A ideia é transformar uma parte do campus em um laboratório ao ar livre para praticar matemática aplicada.

Essa conexão entre o terreno real e o Cálculo fica ainda mais interessante quando lembramos das características bem particulares do Campus Belém. Ele está ao lado do rio Guamá, cercado por vegetação nativa, áreas úmidas e regiões de preservação. Isso significa que o solo não é uniforme: existem trechos planos, áreas com leve declive, partes que encharcam com facilidade e outras mais firmes. Essas irregularidades, que podem parecer um problema, na verdade tornam o estudo matemático ainda mais rico. Usando integrais de área e de linha, por exemplo, é possível mapear melhor os limites naturais do terreno, calcular curvas de nível, ou até estimar como a água se acumula depois de uma chuva forte. Também dá para criar funções que descrevem o relevo e usar integrais duplas para calcular volumes de terra, caso seja necessário nivelar algum pedaço antes da construção.

Ao longo desse processo, o estudante começa a perceber que o Cálculo não é só um conjunto de regras e fórmulas abstratas, mas uma ferramenta poderosa para entender e transformar o espaço. Se a universidade quiser construir um novo prédio na região, por exemplo, integrais podem ajudar a prever quanto do terreno precisará ser modificado, qual seria a área exata ocupada, como a obra afetaria o fluxo de pessoas e até como ela poderia interferir no escoamento natural da água. Em vez de depender apenas de estimativas, é possível criar modelos mais detalhados e próximos da realidade.

Essa perspectiva matemática também conversa diretamente com as preocupações ambientais do campus. Como a área contém vegetação e trechos sensíveis, usar integrais para medir e analisar o terreno ajuda a tomar decisões mais responsáveis. Dá para estimar, por exemplo, a área total de cobertura verde que seria perdida com uma nova construção, e comparar diferentes projetos para ver qual causaria menos impacto. Ou usar integrais para entender como a drenagem natural funciona e evitar obras em locais que acumulam água. Dessa forma, a matemática deixa de ser um exercício isolado e passa a contribuir com escolhas sustentáveis, algo essencial em uma universidade que se preocupa com a preservação do ambiente amazônico.

Escolher essa região livre para escrever um artigo de Cálculo, portanto, é uma maneira de aproximar teoria e prática. Em vez de trabalhar apenas com figuras geométricas perfeitas, o aluno pode lidar com formas irregulares, curvas reais, superfícies naturais e situações que exigem interpretação. Com funções e integrais, é possível representar limites, contornos, alturas, profundidades, volumes e até impactos ambientais. Isso torna o estudo muito mais concreto e ajuda a entender melhor como decisões sobre o espaço físico são tomadas.

No fim das contas, essa área do campus deixa de ser apenas um pedaço de terreno sem uso e passa a ser um espaço cheio de possibilidades. Ela permite que o estudante explore cálculos de área, integrais duplas, integrais de linha, funções de várias variáveis e diversos outros conteúdos. Permite também imaginar cenários futuros, visualizar como a universidade poderia crescer e até contribuir com ideias que ajudem no planejamento das próximas décadas. Assim, o Cálculo ganha vida e se torna um instrumento essencial para entender, organizar e transformar o campus de forma inteligente e sustentável.

REFERENCIAL TEÓRICO

O cálculo de áreas está diretamente associado ao desenvolvimento do cálculo integral e constitui uma de suas aplicações mais fundamentais. Em problemas práticos, especialmente aqueles envolvendo regiões de contorno irregular, torna-se inviável a utilização de fórmulas geométricas elementares, sendo necessário recorrer a métodos que permitam a quantificação contínua dessas regiões. De acordo com James Stewart (2013), a integral definida pode ser interpretada geometricamente como a área delimitada por uma curva e o eixo das abscissas ao longo de um intervalo determinado. Essa interpretação está associada ao conceito de soma de áreas infinitesimais, no qual a região é decomposta em elementos cada vez menores, cuja soma converge para o valor exato da área.

A representação matemática da curva que limita a região analisada é fundamental para a aplicação da integral definida. A partir da geometria analítica, é possível descrever curvas por meio de funções, permitindo a modelagem de regiões reais de forma aproximada. Essa modelagem é particularmente relevante quando os dados disponíveis são obtidos de medições discretas ao longo do contorno da área.

Ajustes de funções polinomiais são frequentemente utilizados para representar curvas que não possuem expressão analítica conhecida. Uma vez determinada a função que descreve o limite superior da região, a área pode ser obtida por meio do cálculo da integral definida entre os limites estabelecidos no eixo das abscissas, fornecendo uma estimativa consistente da área total.

Embora ferramentas computacionais auxiliem na resolução dos cálculos envolvidos, o entendimento do processo analítico é essencial para a correta interpretação dos resultados. Diferenças entre os valores obtidos por meio do cálculo integral e aqueles medidos por ferramentas digitais são esperadas, uma vez que o modelo matemático representa uma aproximação da região real.

Dessa forma, o cálculo de áreas por integral definida evidencia a importância do conceito de integral como instrumento matemático fundamental para a modelagem e análise de problemas reais, especialmente em aplicações ligadas às engenharias e às ciências aplicadas.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada entre os dias 03 e 10 de dezembro de 2025, no campus da Universidade Estadual do Pará (UEPA), em Castanhal, e teve como objetivo calcular a área de uma região localizada na Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Belém, a qual apresenta processo de erosão fluvial provocado pelo rio Guamá, mas ainda possui potencial para uso construtivo.

Inicialmente, a área de interesse foi representada graficamente em escala reduzida, por meio de um desenho esquemático em papel. A escala utilizada foi obtida a partir de uma referência gráfica presente no mapa da região, na qual um determinado comprimento medido com régua correspondia a uma distância real conhecida. A partir dessa relação, foi aplicada a regra de três simples para converter as medidas do desenho (em centímetros) para valores reais em metros.

Em seguida, foram traçadas linhas de referência ao longo da região estudada e definidos pontos estratégicos, identificados como A, B, C e D, de modo a delimitar os contornos superiores da área. Esses pontos foram escolhidos considerando a variação do relevo e a irregularidade do terreno, permitindo uma representação mais fiel da forma real da região.

Devido à complexidade geométrica da área, optou-se por subdividi-la em sub-áreas menores, facilitando o processo de cálculo. As áreas correspondentes a regiões não aproveitáveis foram medidas separadamente, com o objetivo de posteriormente serem subtraídas da área total. Essa estratégia permitiu maior controle dos cálculos e redução de erros associados à irregularidade do contorno.

Para modelar matematicamente a curva que delimita a região, os pontos obtidos foram utilizados para ajustar uma função polinomial de terceiro grau, expressa pela forma geral:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d.$$

Os coeficientes da função foram determinados a partir da substituição das coordenadas dos pontos conhecidos, resultando em um sistema de equações lineares.

A resolução desse sistema foi realizada com o auxílio do aplicativo Linear Equation Solver, versão 2.6, que permitiu obter de forma eficiente os valores dos coeficientes da função polinomial. A utilização desse aplicativo teve como finalidade reduzir erros operacionais e agilizar o processo de cálculo, mantendo coerência com os procedimentos analíticos realizados manualmente.

Após a determinação da função que representa o limite superior da região, foi aplicada a integral definida dessa função nos limites estabelecidos no eixo das abscissas, correspondentes à extensão da área estudada. O cálculo da integral forneceu o valor aproximado da área total sob a curva. Em seguida, as áreas das sub-regiões não aproveitáveis foram subtraídas, resultando na área final de interesse.

Como forma de validação dos resultados, a área obtida por meio dos cálculos matemáticos foi comparada com a medição realizada por ferramentas digitais de georreferenciamento, especificamente o Google Earth, que fornece valores aproximados de áreas reais. A comparação entre os resultados permitiu avaliar a coerência do método adotado e discutir as diferenças decorrentes das aproximações matemáticas.

A pesquisa caracteriza-se como de abordagem quantitativa, por utilizar cálculos matemáticos e integrais para a determinação da área, e qualitativa, por analisar uma região específica e suas características físicas. O uso combinado de técnicas analíticas, ferramentas digitais e modelagem matemática proporcionou uma base consistente para a análise da área estudada e para futuras aplicações em estudos de uso do solo em regiões sujeitas à erosão fluvial.

Figura 1: Medida de 2,25 cm no escalímetro utilizada para os cálculos das respectivas áreas:



Fonte: autores

Área de estudo com identificação visual das regiões internas que serão desconsideradas no cálculo final a seguir:

Figura 2: Área total do espaço da UFPA a ser construída



Fonte: Google Maps

Representação das áreas de estudo com a indicação das regiões não pertencentes à área final, expressas em metros quadrados a seguir:

Figura 3: Área a ser subtraída do valor total



Fonte: Google Maps

Figura 4 - Área a ser subtraída do valor total

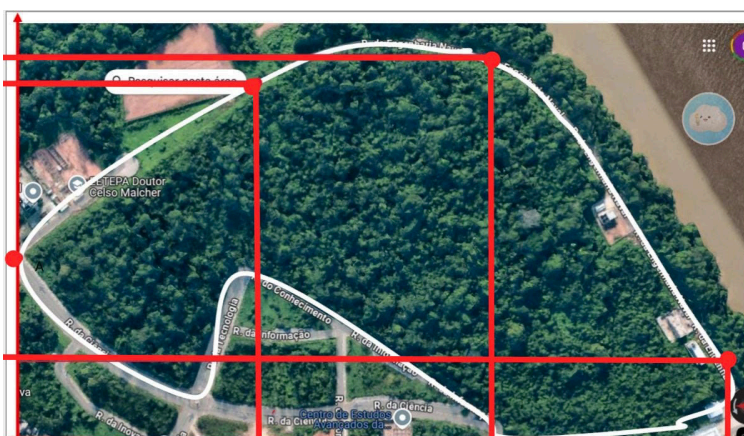


Fonte: google maps

RESULTADOS

Durante a investigação dividiu-se a área da UFPA em três partes. Para calcular a área total, a partir das medições feitas na planta (com escala de 2,25 cm equivalentes a 100 metros), foram selecionados 4 pontos principais do contorno

Figura 5: Área com pontos traçados



Fonte: Google Maps

Ponto A: (0,266)

Ponto B: (300,489)

Ponto C: (600,591)

Ponto D: (900,386)

Todos os valores estão em metros. Como o ponto A possui, o termo independente do polinômio (coeficiente) é igual ao valor neste ponto:

$$d = 266$$

A partir dos dados extraídos dos desenhos, foi adotado um modelo matemático baseado em uma função polinomial cúbica da forma:

$$F(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d = y - 266$$

Substituindo:

$$a \cdot 300^3 + b \cdot 300^2 + c \cdot 300 = 223$$

$$a \cdot 600^3 + b \cdot 600^2 + c \cdot 600 = 325$$

$$a \cdot 900^3 + b \cdot 900^2 + c \cdot 900 = 120$$

A solução do sistema é calculada por meio do aplicativo "linear equation solver" (versão 2.6), onde as três equações resultaram nos seguintes valores aproximados:

$$A = -1.14814815 \times 10^{-6}$$

$$B = 3,611111 \times 10^{-4}$$

$$C = 0,7383$$

$$D = 266$$

Substituindo todos os coeficientes:

$$F(x) = -1.14814815 \times 10^{-6} x^3 + 3,611111 \times 10^{-4} x^2 + 0,73833x + 266$$

A área total sob a curva, entre $x = 0$ e $x = 900$, é dada pela integral:

$$\text{Área} = \int [0 \text{ a } 900] f(x) \, dx$$

A integral de cada termo do polinômio é:

$$\text{Integral de } a \cdot x^3 = (a/4) \cdot x^4$$

$$\text{Integral de } b \cdot x^2 = (b/3) \cdot x^3$$

$$\text{Integral de } c \cdot x = (c/2) \cdot x^2$$

Integral de $d = d \cdot x$

Assim, a primitiva é:

$$F(x) = (a/4) \cdot x^4 + (b/3) \cdot x^3 + (c/2) \cdot x^2 + d \cdot x$$

Substituindo $x = 900$:

1. $(a/4) \cdot 900^4 \approx -188.325,00$

2. $(b/3) \cdot 900^3 \approx 87.750,00$

3. $(c/2) \cdot 900^2 \approx 299.025,00$

4. $d \cdot 900 = 239.400,00$

Somando todos os termos:

$$\text{Área entre } 0 \text{ e } 900 \approx 437.850,00 \text{ m}^2$$

A sub-área inferior já previamente medida é:

$$92.982,23 \text{ m}^2$$

Portanto, a área efetiva da região desejada é:

$$\text{Área final} = 437.850,00 - 92.982,23$$

$$\text{Área final} \approx 344.867,77 \text{ m}^2$$

A área determinada por meio do cálculo manual, utilizando o conceito de integral definida aplicada a uma função polinomial de terceiro grau, resultou em um valor de $344.867,77 \text{ m}^2$. Ao comparar esse resultado com a área obtida por meio da ferramenta de medição do Google Earth, que foi de $354.740,03 \text{ m}^2$, observou-se uma diferença percentual de aproximadamente $2,78\%$. Essa diferença é considerada pequena e aceitável, uma vez que o método analítico empregado baseia-se em aproximações geométricas do contorno real da área, além de estar

sujeito a imprecisões na leitura da escala e na marcação dos pontos utilizados no ajuste da função.

Figura 6: At: área total soma de todas as áreas



Fonte: Google Earth

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação possibilitou uma compreensão aprofundada acerca da mensuração da área útil remanescente na região da UFPA, diretamente afetada pelos processos de erosão fluvial do rio Guamá. A aplicação dos métodos de cálculo integral mostrou-se essencial para a obtenção de valores precisos, permitindo

identificar, com clareza científica, a dimensão espacial que permanece apta para uso após a adoção de medidas ambientais e sanitárias adequadas.

A comparação entre o resultado obtido pelo método analítico e o valor medido por ferramentas digitais, como o Google Earth, evidenciou que pequenas diferenças são esperadas devido às aproximações envolvidas no processo, seja na marcação dos pontos, na escolha da função ou na leitura da escala. Ainda assim, a diferença percentual encontrada mostrou-se aceitável, validando a metodologia adotada.

Dessa forma, conclui-se que os cálculos realizados contribuíram de maneira efetiva para a consolidação do conceito de integral, demonstrando sua aplicabilidade prática e sua relevância como ferramenta fundamental na análise e interpretação de áreas em contextos reais.

REFERÊNCIAS

- ANTON, Howard; BIVENS, Irl; DAVIS, Stephen. Cálculo. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- COSTA, M. et al. Geotecnologias aplicadas à análise ambiental. 2022.
- DIAS, Gustavo Nogueira. A utilização da geometria analítica na obtenção de grandes áreas. 2022.
- DIAS, Gustavo Nogueira. Cálculo de áreas usando o Excel. 2021.
- GUIDORIZZI, Hamilton Luiz. Um Curso de Cálculo. Vol. 1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- LEITHOLD, Louis. O Cálculo com Geometria Analítica. São Paulo: Harbra, 2000.
- PELLEGRINO, Daniel Marinho. Cálculo integral: integrais definidas e impróprias. Universidade Federal da Paraíba, 2020.
- PARAOL, Cristina Martins; PESCAD, Andresa. O uso da integral definida no cálculo da área alagada da barragem do Rio Bonito. 2019.
- SANTOS, A.; OLIVEIRA, J. Uso de imagens de satélite no estudo de áreas degradadas. 2023.
- VOGAD, Gilberto Emanuel Reis; SILVA, Pedro Roberto; DIAS, Gustavo Nogueira. Área de regiões pelo Google Maps. 2020.
- GOOGLE MAPS. Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 07 abr. 2025.

GOOGLE EARTH. Google Earth Pro. Disponível em: <https://www.google.com/earth>. Acesso em: 07 abr. 2025.

STEWART, James. Cálculo. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.