

# Integração por Substituição Trigonométrica

## 2 – Substituição pela tangente

Luis Alberto D'Afonseca

Integração e Séries

# Conteúdo

## Integração por Substituição Trigonométrica

Exemplo 1

Exemplo 2

Exemplo 3

Lista Mínima

# Substituições Trigonômétricas

Expressão	Substituição	Intervalo	Identidade
$\sqrt{a^2 - x^2}$	$x = a \operatorname{sen}(\theta)$	$-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$	$1 - \operatorname{sen}^2(\theta) = \cos^2(\theta)$
$\sqrt{a^2 + x^2}$	$x = a \operatorname{tg}(\theta)$	$-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$	$1 + \operatorname{tg}^2(\theta) = \sec^2(\theta)$
$\sqrt{x^2 - a^2}$	$x = a \sec(\theta)$	$0 \leq \theta < \frac{\pi}{2} \text{ ou } \pi \leq \theta < \frac{3\pi}{2}$	$\sec^2(\theta) - 1 = \operatorname{tg}^2(\theta)$

# Conteúdo

Integração por Substituição Trigonométrica

Exemplo 1

Exemplo 2

Exemplo 3

Lista Mínima

# Exemplo 1

Encontre  $\int \frac{dx}{x^2 \sqrt{x^2 + 4}}$

Note  $\sqrt{x^2 + 4} = \sqrt{2^2 + x^2}$

Substituição inversa

$$x = 2 \operatorname{tg}(\theta) \qquad dx = 2 \sec^2(\theta) d\theta \qquad \text{com} \qquad -\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$$

# Exemplo 1

$$F = \int \frac{1}{x^2 \sqrt{x^2 + 4}} dx$$

$$x = 2 \operatorname{tg}(\theta)$$

$$= \int \frac{1}{4 \operatorname{tg}^2(\theta) \sqrt{4 \operatorname{tg}^2(\theta) + 4}} 2 \sec^2(\theta) d\theta$$

$$= \int \frac{\sec^2(\theta)}{2 \operatorname{tg}^2(\theta) \sqrt{4(1 + \operatorname{tg}^2(\theta))}} d\theta$$

$$= \int \frac{\sec^2(\theta)}{4 \operatorname{tg}^2(\theta) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\theta)}} d\theta$$

$$1 + \operatorname{tg}^2(\theta) = \sec^2(\theta)$$

$$= \frac{1}{4} \int \frac{\sec^2(\theta)}{\operatorname{tg}^2(\theta) \sqrt{\sec^2(\theta)}} d\theta$$

# Exemplo 1

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4} \int \frac{\sec^2(\theta)}{\operatorname{tg}^2(\theta) \sqrt{\sec^2(\theta)}} d\theta \\ &= \frac{1}{4} \int \frac{\sec(\theta)}{\operatorname{tg}^2(\theta)} d\theta \\ &= \frac{1}{4} \int \frac{1}{\cos(\theta)} \left( \frac{\cos(\theta)}{\operatorname{sen}(\theta)} \right)^2 d\theta \\ &= \frac{1}{4} \int \frac{\cos(\theta)}{\operatorname{sen}^2(\theta)} d\theta \end{aligned}$$

# Exemplo 1

Integrar  $F = \frac{1}{4} \int \frac{\cos(\theta)}{\sin^2(\theta)} d\theta$

Substituição simples

$$u = \sin(\theta) \quad du = \cos(\theta) d\theta$$

Temos

$$F = \frac{1}{4} \int \frac{du}{u^2} = \frac{1}{4} \int u^{-2} du = \frac{1}{4} \left( \frac{u^{-1}}{-1} + C \right) = \frac{-1}{4 \sin(\theta)} + C_1$$

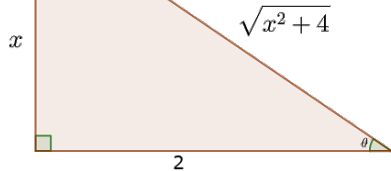


# Exemplo 1

$$x = 2 \operatorname{tg}(\theta) \quad \Rightarrow \quad \operatorname{tg}(\theta) = \frac{x}{2}$$

$$\frac{1}{\operatorname{sen}(\theta)} = \operatorname{cosec}(\theta) = \frac{\text{hipotenusa}}{\text{cateto oposto}} = \frac{\sqrt{x^2 + 4}}{x}$$

$$\begin{aligned} F &= \int \frac{dx}{x^2 \sqrt{x^2 + 4}} \\ &= \frac{-1}{4 \operatorname{sen}(\theta)} + C \\ &= -\frac{\sqrt{x^2 + 4}}{4x} + C \end{aligned}$$



# Conteúdo

Integração por Substituição Trigonométrica

Exemplo 1

**Exemplo 2**

Exemplo 3

Lista Mínima

## Exemplo 2

Encontre  $\int \frac{x}{\sqrt{x^2 + 4}} dx$

~~Substituição trigonométrica  $x = 2 \operatorname{tg}(\theta)$~~

Substituição simples  $u = x^2 + 4 \quad du = 2x dx$

$$\int \frac{x}{\sqrt{x^2 + 4}} dx = \frac{1}{2} \int \frac{du}{\sqrt{u}} = \sqrt{u} + C = \sqrt{x^2 + 4} + C$$

# Conteúdo

Integração por Substituição Trigonométrica

Exemplo 1

Exemplo 2

**Exemplo 3**

Lista Mínima

## Exemplo 3

Calcule  $\int \frac{dt}{\sqrt{t^2 - 6t + 13}}$

Completando quadrado temos

$$t^2 - 6t + 13 = (t - 3)^2 - 9 + 13 = (t - 3)^2 + 4$$

$$F = \int \frac{dt}{\sqrt{t^2 - 6t + 13}} = \int \frac{dt}{\sqrt{(t - 3)^2 + 4}}$$

## Exemplo 3 – Substituição Simples

$$u = t - 3 \qquad du = dt$$

$$F = \int \frac{dt}{\sqrt{(t-3)^2 + 4}}$$

$$= \int \frac{du}{\sqrt{u^2 + 4}}$$

$$= \int \frac{du}{\sqrt{u^2 + 2^2}}$$

## Exemplo 3 – Substituição Trigonométrica

$$u = 2 \operatorname{tg}(\theta) \quad \Rightarrow \quad du = 2 \sec^2(\theta) d\theta$$

$$\begin{aligned} F &= \int \frac{du}{\sqrt{u^2 + 2^2}} \\ &= \int \frac{2 \sec^2(\theta)}{\sqrt{4 \operatorname{tg}^2(\theta) + 4}} d\theta \end{aligned}$$

## Exemplo 3 – Substituição Trigonométrica

$$F = \int \frac{2 \sec^2(\theta)}{\sqrt{4 \operatorname{tg}^2(\theta) + 4}} d\theta$$

$$= \int \frac{2 \sec^2(\theta)}{2 \sqrt{\operatorname{tg}^2(\theta) + 1}} d\theta$$

$$\operatorname{tg}^2(\theta) + 1 = \sec^2(\theta)$$

$$= \int \frac{\sec^2(\theta)}{\sec(\theta)} d\theta$$

$$= \int \sec(\theta) d\theta$$

$$= \ln|\sec(\theta) + \operatorname{tg}(\theta)| + K$$



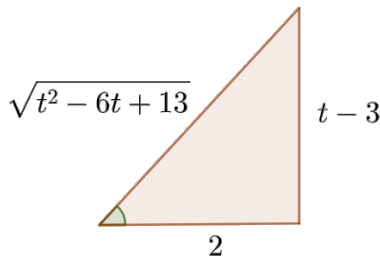
## Exemplo 3 – Desfazendo as Transformações

$$u = 2 \operatorname{tg}(\theta) \quad \Rightarrow \quad \operatorname{tg}(\theta) = \frac{u}{2} = \frac{t-3}{2}$$

Hipotenusa

$$\begin{aligned}\sqrt{(t-3)^2 + 2^2} &= \sqrt{t^2 - 6t + 9 + 4} \\ &= \sqrt{t^2 - 6t + 13}\end{aligned}$$

$$\sec(\theta) = \frac{\sqrt{t^2 - 6t + 13}}{2}$$



## Exemplo 3 – Desfazendo as Transformações

$$F = \int \frac{dt}{\sqrt{t^2 - 6t + 13}}$$

$$= \ln|\sec(\theta) + \operatorname{tg}(\theta)| + K$$

$$= \ln\left|\frac{\sqrt{t^2 - 6t + 13}}{2} + \frac{t - 3}{2}\right| + K$$

$$= \ln\left|\sqrt{t^2 - 6t + 13} + t - 3\right| - \ln(2) + K$$

$$= \ln\left|\sqrt{t^2 - 6t + 13} + t - 3\right| + K_1$$

# Conteúdo

Integração por Substituição Trigonométrica

Exemplo 1

Exemplo 2

Exemplo 3

Lista Mínima

# Lista Mínima

Estudar a Seção 4.4 da Apostila

Exercícios:

Atenção: A prova é baseada no livro, não nas apresentações