

# Como escrever equações em documentos técnicos sem complicação?

## Ambiente Matemático no $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$

ESTAT0090 – Estatística Computacional

Prof. Dr. Sadraque E. F. Lucena

sadraquelucena@academico.ufs.br

# Cenário

Seu orientador acaba de devolver seu artigo com um alerta:

“As equações estão ilegíveis e amadoras. Corrija URGENTE ou não poderemos submeter ao evento!”

O que deu errado?

- Os símbolos estão sobrepostos e as frações mudam aleatoriamente de tamanho ao editar o texto.
- A numeração das equações não segue uma sequência e referências no texto apontam para equações que não existem.
- O evento exige LaTeX e você usou Word.

# Cenário

## O Problema

- Equações quebram ao mudar margens ou versões do software.
- Inserir uma nova equação desatualiza a numeração de TODAS as seguintes.
- Símbolos desproporcionais (ex.: pequeno, frações gigantes)

## A Motivação

- Equações sempre perfeitas (mesmo em 50 páginas).
- Numeração automática e sem erros.
- Aceito pelas principais revistas científicas.

# Objetivo da aula

Na aula de hoje aprenderemos a criar:

- O ambiente matemático
- Exponentes e índices
- Frações e raízes
- Somatórios e integrais
- Formatação de espaçamento e pontos
- Teoremas
- Símbolos matemáticos
- Funções matemáticas
- Fórmulas com til, barra, chapéu, etc.

# O Ambiente Matemático no L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# O Ambiente Matemático

- No LaTeX, as fórmulas matemáticas são inseridas no arquivo fonte por meio de comandos específicos.
- É importante informar ao LaTeX quando o texto seguinte é uma fórmula e quando ela termina para que o processamento seja feito corretamente.
- As fórmulas podem ocorrer *inline*, ou seja, incorporadas em uma linha de texto, como por exemplo  $ax^2 + bx + c = 0$ .
- Também é possível destacar as fórmulas do texto principal, apresentando-as em uma linha separada, como:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

# O Ambiente Matemático

- No LaTeX, o modo matemático é iniciado e terminado com o uso do cifrão (\$) no meio do texto.
- Por exemplo,  $ax^2 + bx + c = 0$  pode ser produzida com `$ax^2+bx+c=0$`.
- Quando as fórmulas são destacadas do texto principal, pode-se usar
  - `$$` antes e depois da equação, ou
  - `\[` para iniciar e `\]` para terminar o modo matemático.
- A segunda fórmula no slide anterior foi obtida com:

```
$$ x=\frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a} $$
```

- Para numerar as fórmulas destacadas, é possível utilizar o ambiente `equation` da seguinte forma:

```
\begin{equation}
  x=\frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}
\end{equation}
```

# O Ambiente Matemático

- Ao digitar espaços dentro das fórmulas, eles são ignorados pelo LaTeX. Para adicionar espaçamento, pode-se utilizar `~` ou `\quad`.
- Dica: se quiser dar espaço negativo, use `\!`.
- Os símbolos

+   -   =   <   >   /   :   !   [   ]   (   )   |

podem ser digitados diretamente do teclado.

- Exemplo:  $|x| < a$  pode ser digitado diretamente como `$|x|<a$`.
- As chaves “`{}`” servem para agrupar logicamente partes da fórmula, mas elas não são impressas diretamente.
  - Se você deseja incluir chaves em uma fórmula, deve-se utilizar `\{` e `\}` para que sejam interpretadas como parte da fórmula.



# Expoentes e Índices

- O LaTeX facilita a produção de combinações de expoentes e índices com o tamanho correto.
- O caractere `^` indica um expoente e `_` indica um índice.
- Exemplo:

$$x^2 \quad a_n \quad x_i^2 \quad x_i^2 \quad x^{2n} \quad x^{y^2} \quad x^{y_1}$$

é obtido com o código

```

$$
x^2 \quad \quad a_n \quad \quad x_i^2 \quad \quad x_i^2 \quad \quad x^{2n} \quad \quad x^{y^2}
\quad \quad x^{y_1}
$$

```

- Observe que a ordem dos índices e expoentes não importa quando eles ocorrem juntos. Além disso, quando o índice ou expoente possui mais de um caractere, eles devem ser colocados entre chaves.

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Seja  $X$  com distribuição  $U(a, b)$ . A função de densidade de probabilidade (PDF) de  $X$  é dada por

$$f(x) = 1/(b - a),$$

para  $a \leq x \leq b$ . A esperança,  $E(X)$ , e a variância,  $V(X)$ , são respectivamente dadas por:

$$E(X) = (a + b)/2, \quad V(X) = (b - a)^2/12.$$

# Frações e Raízes

- Frações simples podem ser escritas utilizando o caractere /, por exemplo:  $\$(a+b)/2\$$ , que resulta em  $(a + b)/2$ .
- Para frações mais complexas, você pode usar o comando `\frac{num}{den}`, onde `num` representa o numerador e `den` o denominador.
  - Por exemplo: `\frac{a+b}{2}`.
- Para representar raízes, utilize o comando `\sqrt[n]{radicando}`.
  - Por exemplo: `\sqrt[3]{8}=2`.
- Se o argumento opcional `[n]` for omitido, a raiz quadrada é gerada. Exemplo: `\sqrt{4}=2`.
- O tamanho e o comprimento do radical são automaticamente ajustados de acordo com o tamanho do radicando.

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Seja  $X$  com distribuição  $U(a, b)$ . A função de densidade de probabilidade (PDF) de  $X$  é dada por

$$\frac{1}{b - a},$$

para  $a \leq x \leq b$ . A esperança,  $E(X)$ , e a variância,  $V(X)$ , são respectivamente dadas por:

$$E(X) = \frac{a + b}{2}, \quad V(X) = \frac{(b - a)^2}{12}.$$

# Somatórios e Integrais

- Os somatórios e as integrais são operações fundamentais na matemática, frequentemente representados por meio dos comandos `\sum` e `\int`. Exemplos:
  - `\sum_{i=1}^n a_i` produz  $\sum_{i=1}^n a_i$ .
  - Podemos destacar um somatório com o uso do comando `\limits`, da seguinte forma: `\sum\limits_{i=1}^n a_i` produz  $\sum_{i=1}^n a_i$ .
- Da mesma forma, podemos expressar uma integral:
  - `\int_a^b f(x) dx` produz  $\int_a^b f(x) dx$ .
  - `\int\limits_a^b f(x) dx` produz  $\int_a^b f(x) dx$ .

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Considerando uma progressão geométrica (PG) com o primeiro termo  $a_1$ , a razão  $r$ , e um total de  $n$  termos. A soma dos termos pode ser expressa da seguinte forma:

$$S_n = \frac{a_1(r^n - 1)}{r - 1}.$$

Nessa fórmula,  $S_n$  representa a soma dos  $n$  termos da PG. O termo  $a_1$  é o primeiro termo da sequência,  $r$  é a razão com a qual os termos consecutivos são multiplicados, e  $n$  é o número total de termos na sequência.

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

A função de densidade de probabilidade (pdf) da distribuição exponencial pode ser expressa como:

$$f(x) = ae^{-ax},$$

para  $x$  maior ou igual a zero. A probabilidade de  $X < b$  é calculada como

$$P(X < b) = \int_0^b ae^{-ax}, dx.$$

# Coeficientes Binomiais

- Os coeficientes binomiais são obtidos com o comando `\choose` ou com `\binom{}{}`.
- Exemplo:
  - `#{a\choose b}$` produz  $\binom{a}{b}$
  - `#\binom{a}{b}$` produz  $\binom{a}{b}$



# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Seja  $X$  com distribuição Binomial( $n, p$ ). Para calcularmos a probabilidade de  $X = k$ , usamos

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k},$$

em que  $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k! (n-k)!}$ .

# Equações Numeradas

- Para numerar e referenciar equações no LaTeX, usamos o ambiente `equation` com o comando `\label{}`.
- O `\label{}` atribui uma “etiqueta” à equação que pode ser referenciada em qualquer parte do texto.
- O `\ref{}` mostra apenas o número da equação.
- O `\eqref{}` mostra o número da equação **entre parênteses**, como é comum em textos científicos.
- Exemplo:

A equação de uma reta é dada por:

```
\begin{equation}
  y = ax + b
  \label{eq:reta}
\end{equation}
```

Como visto na Equação `\eqref{eq:exemplo}`...

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

A fórmula de Bhaskara resolve equações do tipo  $ax^2 + bx + c = 0$ . A solução é dada por:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (1)$$

Veja que a Equação (1) depende dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$ .

# Formatação de Espaçamento e Pontos

- Para inserir três pontos horizontais, use os comandos `\ldots` ou `\cdots`.  
Exemplos:
  - `$a_1+\cdots+a_n$` produz  $a_1 + \cdots + a_n$
  - `$x_1, \ldots, x_n$` produz  $x_1, \dots, x_n$
- Para inserir três pontos verticais, utilize o comando `\vdots`, que produz  $\vdots$
- Para usar um único ponto use `\cdot`. Exemplo:
  - `$x \cdot y$` produz  $x \cdot y$

# Formatação de Espaçamento e Pontos

- O comando `\quad` produz um espaço médio.
- O comando `\qquad` produz um espaço maior
- O comando `\,` dá um pequeno espaço.
- O comando `\:` dá um espaço médio.
- O comando `\;` dá um espaço grande.
- O comando `\!` dá um espaço negativo (*backspace*).
- Se você precisar incluir texto no meio das fórmulas matemáticas, o comando `\mbox{texto}` ou `\text{texto}` pode ser usado. Exemplo:
- `$IMC = \frac{\text{altura}}{\text{peso}^2}$` produz  $IMC = \frac{\text{altura}}{\text{peso}^2}$

# Atividade

Reproduza no LaTeX:

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{e} \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

# Teoremas

- Um texto matemático frequentemente inclui teoremas, proposições e outros tipos de estruturas. O LaTeX oferece um comando que permite a definição de um ambiente específico para essas estruturas.
- Para criar um novo ambiente, é necessário usar o comando no preâmbulo `\newtheorem{ambiente}{título}[numeração]`.
  - `ambiente` é o nome escolhido para o novo ambiente;
  - `título` é a denominação que aparecerá, como `teorema`, `lei`, `axioma`, etc.;
    - `numeração` é a sequência da numeração que o ambiente irá seguir, como `chapter`, `section`, etc.
- Após a declaração do ambiente, é possível utilizá-lo para escrever o texto desejado.

```
\begin{ambiente}[nome do teorema]  
  texto  
\end{ambiente}
```

# Exemplo

```
\documentclass{report}

\newtheorem{teo}{Teorema}[section]

\begin{document}

  \begin{teo}[Pitágoras]
    Em todo triângulo retângulo o quadrado do comprimento da
    hipotenusa é igual a soma dos quadrados dos comprimentos
    dos catetos.
  \end{teo}

\end{document}
```



# Teoremas

Outros exemplos:

- `\newtheorem{teo}{Teorema}[section]`
- `\newtheorem{lema}[teo]{Lema}`
- `\newtheorem{cor}[teo]{Corolário}`
- `\newtheorem{prop}[teo]{Proposição}`

# O Pacote **amsthm**

- O pacote **amsthm** da *American Mathematical Society* oferece recursos adicionais para escrever textos matemáticos.
- Por exemplo, para as demonstrações, pode-se utilizar o ambiente **proof**, que é utilizado da seguinte forma:

```
\begin{proof}
  Para demonstrar o Teorema de Pitágoras\ldots
\end{proof}
```

produz

**Demonstração.**

Para demonstrar o Teorema de Pitágoras...



# Símbolos

Letras Gregas					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\alpha$	<code>\alpha</code>	$\beta$	<code>\beta</code>	$\gamma$	<code>\gamma</code>
$\delta$	<code>\delta</code>	$\epsilon$	<code>\epsilon</code>	$\varepsilon$	<code>\varepsilon</code>
$\zeta$	<code>\zeta</code>	$\eta$	<code>\eta</code>	$\theta$	<code>\theta</code>
$\vartheta$	<code>\vartheta</code>	$\iota$	<code>\iota</code>	$\kappa$	<code>\kappa</code>
$\lambda$	<code>\lambda</code>	$\mu$	<code>\mu</code>	$\nu$	<code>\nu</code>
$\xi$	<code>\xi</code>	$\omicron$	<code>\omicron</code>	$\pi$	<code>\pi</code>
$\varpi$	<code>\varpi</code>	$\rho$	<code>\rho</code>	$\varrho$	<code>\varrho</code>
$\sigma$	<code>\sigma</code>	$\varsigma$	<code>\varsigma</code>	$\tau$	<code>\tau</code>
$\upsilon$	<code>\upsilon</code>	$\phi$	<code>\phi</code>	$\varphi$	<code>\varphi</code>
$\chi$	<code>\chi</code>	$\psi$	<code>\psi</code>	$\omega$	<code>\omega</code>
$\Gamma$	<code>\Gamma</code>	$\Delta$	<code>\Delta</code>	$\Theta$	<code>\Theta</code>
$\Lambda$	<code>\Lambda</code>	$\Xi$	<code>\Xi</code>	$\Pi$	<code>\Pi</code>
$\Sigma$	<code>\Sigma</code>	$\Upsilon$	<code>\Upsilon</code>	$\Phi$	<code>\Phi</code>
$\Psi$	<code>\Psi</code>	$\Omega$	<code>\Omega</code>		

# Símbolos

Operadores Binários					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\pm$	<code>\pm</code>	$\mp$	<code>\mp</code>	$\times$	<code>\times</code>
$\div$	<code>\div</code>	$\cdot$	<code>\cdot</code>	$*$	<code>\ast</code>
$\star$	<code>\star</code>	$\dagger$	<code>\dagger</code>	$\ddagger$	<code>\ddagger</code>
$\cap$	<code>\cap</code>	$\cup$	<code>\cup</code>	$\setminus$	<code>\setminus</code>
$\vee$	<code>\vee</code>	$\wedge$	<code>\wedge</code>	$\otimes$	<code>\otimes</code>
$\triangleup$	<code>\triangleup</code>	$\triangledown$	<code>\triangledown</code>	$\oplus$	<code>\oplus</code>
$\triangleleft$	<code>\triangleleft</code>	$\triangleright$	<code>\triangleright</code>	$\odot$	<code>\odot</code>
$\circ$	<code>\circ</code>	$\bigcirc$	<code>\bigcirc</code>	$\diamond$	<code>\diamond</code>

Relações					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\leq$	<code>\leq</code>	$\geq$	<code>\geq</code>	$\sim$	<code>\sim</code>
$\not<$	<code>\not&lt;</code>	$\not>$	<code>\not&gt;</code>	$\neq$	<code>\neq</code>
$\subset$	<code>\subset</code>	$\supset$	<code>\supset</code>	$\approx$	<code>\approx</code>
$\subseteq$	<code>\subseteq</code>	$\supseteq$	<code>\supseteq</code>	$\simeq$	<code>\simeq</code>
$\in$	<code>\in</code>	$\notin$	<code>\notin</code>	$\equiv$	<code>\equiv</code>
$\perp$	<code>\perp</code>	$\propto$	<code>\propto</code>	$\cong$	<code>\cong</code>

# Símbolos

Setas					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\leftarrow$	<code>\gets</code>	$\longleftarrow$	<code>\longleftarrow</code>	$\uparrow$	<code>\uparrow</code>
$\Leftarrow$	<code>\Leftarrow</code>	$\Longleftarrow$	<code>\Longleftarrow</code>	$\Uparrow$	<code>\Uparrow</code>
$\rightarrow$	<code>\to</code>	$\longrightarrow$	<code>\longrightarrow</code>	$\downarrow$	<code>\downarrow</code>
$\Rightarrow$	<code>\Rightarrow</code>	$\Longrightarrow$	<code>\Longrightarrow</code>	$\Downarrow$	<code>\Downarrow</code>
$\Leftrightarrow$	<code>\Leftrightarrow</code>	$\iff$	<code>\iff</code>	$\Updownarrow$	<code>\Updownarrow</code>
$\mapsto$	<code>\mapsto</code>	$\longmapsto$	<code>\longmapsto</code>		

Símbolos com Dois Tamanhos					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\Sigma$ $\sum$	<code>\sum</code>	$\Pi$ $\prod$	<code>\prod</code>	$\odot$ $\bigodot$	<code>\bigodot</code>
$\int$ $\int$	<code>\int</code>	$\oint$ $\oint$	<code>\oint</code>	$\otimes$ $\bigotimes$	<code>\bigotimes</code>
$\cup$ $\bigcup$	<code>\bigcup</code>	$\cap$ $\bigcap$	<code>\bigcap</code>	$\oplus$ $\bigoplus$	<code>\bigoplus</code>

# Símbolos

Outros Símbolos					
Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\forall$	<code>\forall</code>	$\exists$	<code>\exists</code>	$\infty$	<code>\infty</code>
$\nabla$	<code>\nabla</code>	$\partial$	<code>\partial</code>	$\emptyset$	<code>\emptyset</code>
$\Re$	<code>\Re</code>	$\Im$	<code>\Im</code>	$\neg$	<code>\neg</code>

# Símbolos

Os símbolos que existem em dois tamanhos podem ser acrescentados limites inferiores e superiores. Exemplos:

- `$$\bigcup_{i=0}^n A_i$$` produz

$$\bigcup_{i=0}^n A_i$$

- `$$\int\limits_{-\infty}^{\infty} f(t)dt$$` produz

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty} f(t)dt$$

# Funções Matemáticas

- Ao invés de escrever variáveis e funções matemáticas em texto normal, é recomendado utilizar formatação matemática para destacá-las.

- Incorreto: `$cos x$` produz *cosx*

- Correto: `$\cos x$` produz *cosx*

- É recomendado usar os comandos LaTeX para os nomes de funções pré-definidas:

- `\arccos`

- `\det`

- `\min`

- `\arctan`

- `\exp`

- `\sec`

- `\cos`

- `\lim`

- `\tan`

- `\cot`

- `\ln`

- `\tanh`

- `\coth`

- `\log`

- `\csc`

- `\max`

- `$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos x}{x}$` produz  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos x}{x}$



# Funções Matemáticas

- Para definir nomes personalizados para algumas funções, é necessário defini-los no preâmbulo do arquivo.
- Exemplo:

```
\documentclass{report}

\usepackage{amsmath}

\DeclareMathOperator{\sen}{sen}

\begin{document}
  $$
    \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sen x}{x}
  $$
\end{document}
```

produz

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sen x}{x}$$

# Fórmulas com Til, Barra, Chapéu, etc.

Existem diversos comandos no LaTeX para adicionar diferentes tipos de marcações em cima ou embaixo de letras ou fórmulas.

- Para colocar uma barra em cima ou embaixo de uma letra ou fórmula, podemos utilizar os comandos `\overline{formula}` e `\underline{formula}`.

- `$_\overline{X}^2$` produz  $\overline{X}^2$
- `$_\underline{bc}$` produz  $\underline{bc}$

- Para uma barra pequena apenas em cima de uma letra, podemos usar o comando `\bar{letra}`.

- `$_\bar{X}$` produz  $\bar{X}$

# Fórmulas com Til, Barra, Chapéu, etc.

- Para colocar chaves em cima ou embaixo de fórmulas, utilizamos os comandos `\overbrace{formula}` e `\underbrace{formula}`.
  - `$$\overbrace{x_1 + \underbrace{x_2 + \ldots + x_{n-1}}_{n-2}}^{n} + x_n^n$$` produz

$$x_1 + x_2 + \underbrace{\dots + x_{n-1}}_{n-2} + x_n^n$$

- Para adicionar uma seta em cima de uma letra, usamos o comando `\vec{letra}`
  - `$$\vec{v}$$` produz  $\vec{v}$

# Fórmulas com Til, Barra, Chapéu, etc.

- É possível colocar setas sobre duas ou mais letras utilizando o comando `\stackrel{\longrightarrow}{letras}`.

→

- `$V = \stackrel{\longrightarrow}{AB}$` ~ produz  $V = \overset{\longrightarrow}{AB}$

- Para adicionar acentos circunflexos e tís sobre letras, usamos os comandos `\hat`, `\widehat`, `\tilde` e `\widetilde`.

- `$\hat{\mu}$` produz  $\hat{\mu}$

- `$\widehat{\mu}$` produz  $\widehat{\mu}$

~

- `$\tilde{ABC}$` produz  $\tilde{ABC}$

~

- `$\widetilde{ABC}$` produz  $\widetilde{ABC}$

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Seja  $X$  uma v.a. discreta que assume valores em  $R_x = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$ . A cada possível resultado  $x_i$  associamos a um número

$$p(x_i) = P(X(\omega_i) = x_i), \omega_i \in \Omega \text{ e } x_i \in R_x$$

dita probabilidade de  $x_i$ . A função  $p(x)$  é definida como função massa de probabilidade de  $X$  (f.m.p ou f.p de  $X$ ).

As probabilidades  $p(x_i)$  devem satisfazer as seguintes condições:

$$1. p(x_i) \geq 0, \forall x_i \in R_x,$$

$$2. \sum_{i=1}^{\infty} p(x_i) = 1.$$

# Atividade

Reproduza no LaTeX o texto abaixo:

Seja  $X$  uma v.a. contínua que assume valores em  $R_x$ . A função  $f_X(x)$  é a função densidade de probabilidade (f.d.p.) para  $X$ , se satisfaz as seguintes propriedades:

$$1. f_X(x) \geq 0, \forall x \in R_x,$$

$$2. \int_{R_x} f_X(x) dx = 1 \text{ ou } \int_{-\infty}^{\infty} f_X(x) dx = 1,$$

$$3. P(a < X < b) = \int_a^b f_X(x) dx, \forall a, b \in R_x.$$

# Ganhos da aula

- Domínio do ambiente matemático no LaTeX.
- Criação de equações inline e destacadas, com numeração automática e referências cruzadas.
- Criação de elementos matemáticos complexos e formatação avançada do modo matemático.

# Material Extra

Aprofunde o que vimos em aula com esse link:

- [https://www.overleaf.com/learn/latex/Mathematical\\_expressions](https://www.overleaf.com/learn/latex/Mathematical_expressions)



# Atividade extraclasse

Reproduza todas as atividades da aula.

# Fim