

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.: \int 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^AT_EX

O Ambiente Matemático

- No LaTeX, as fórmulas matemáticas são inseridas no arquivo fonte por meio de comandos específicos.
- É importante informar ao LaTeX quando começa e termina uma fórmula 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 $a < x < b$. A esperança, $E(X)$, e a variância, $V(X)$, são respectivamente dadas por:

$$E(X) = (a + b)/2 \quad \text{e} \quad V(X) = (b - a)^2/12.$$

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{numerador}{denominador}`.
 - Por exemplo: `$(\frac{a+b}{2})$`.
- Para representar raízes, utilize o comando `\sqrt[n]{radicando}`.
 - Por exemplo: `$(\sqrt[3]{8})=2$` produz $\sqrt[3]{8} = 2$.
- Se o argumento opcional `[n]` for omitido, a raiz quadrada é gerada. Exemplo: `$(\sqrt{4})=2$` produz $\sqrt{4} = 2$.
- 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 $a < x < b$. A esperança, $E(X)$, e a variância, $V(X)$, são respectivamente dadas por:

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

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:

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:reta}`...

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
α	<code>\alpha</code>	β	<code>\beta</code>	γ	<code>\gamma</code>
δ	<code>\delta</code>	ϵ	<code>\epsilon</code>	ε	<code>\varepsilon</code>
ζ	<code>\zeta</code>	η	<code>\eta</code>	θ	<code>\theta</code>
ϑ	<code>\vartheta</code>	ι	<code>\iota</code>	κ	<code>\kappa</code>
λ	<code>\lambda</code>	μ	<code>\mu</code>	ν	<code>\nu</code>
ξ	<code>\xi</code>	\omicron	<code>\omicron</code>	π	<code>\pi</code>
ϖ	<code>\varpi</code>	ρ	<code>\rho</code>	ϱ	<code>\varrho</code>
σ	<code>\sigma</code>	ς	<code>\varsigma</code>	τ	<code>\tau</code>
υ	<code>\upsilon</code>	ϕ	<code>\phi</code>	φ	<code>\varphi</code>
χ	<code>\chi</code>	ψ	<code>\psi</code>	ω	<code>\omega</code>
Γ	<code>\Gamma</code>	Δ	<code>\Delta</code>	Θ	<code>\Theta</code>
Λ	<code>\Lambda</code>	Ξ	<code>\Xi</code>	Π	<code>\Pi</code>
Σ	<code>\Sigma</code>	Υ	<code>\Upsilon</code>	Φ	<code>\Phi</code>
Ψ	<code>\Psi</code>	Ω	<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>\le</code>	\geq	<code>\ge</code>	\sim	<code>\sim</code>
$\not<$	<code>\not<</code>	$\not>$	<code>\not></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>	\Lleftarrow	<code>\Lleftarrow</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
Σ \sum	<code>\sum</code>	Π \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>	∞	<code>\infty</code>
∇	<code>\nabla</code>	∂	<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

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

- $\int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt$ produz

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

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 *cos x*

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

- 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 \to 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}
  $$
  \lim_{x \to 0} \frac{\sen x}{x}
  $$
\end{document}

```

produz

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

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}`.
 - `$$\overbrace{x_1 + \underbrace{x_2 + \dots + x_{n-1}}_{n-2}}_n + x_n^{\wedge n}$$` produz

$$\overbrace{x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n}^n$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{n-2}$$

- 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 $V = \overrightarrow{AB}$
- 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 $A\tilde{B}C$
 - \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. $\int_{R_x} f_X(x)dx = 1$ 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

Site para detectar símbolos do LaTeX:

- <https://detexify.kirelabs.org/classify.html>

Atividade extraclasse

Reproduza todas as atividades da aula.

Fim