

Álgebra Linear

MA327 – Turma E

Lista 1c – Base e Dimensão

Definição 1. Uma **base de um espaço vetorial** E é um subconjunto $\mathcal{B} \subset E$ a qual é LI e gera E . Se E admite uma base finita* \mathcal{B} , então chamamos o número $|\mathcal{B}|$ de elementos de \mathcal{B} a **dimensão do espaço vetorial** E , denotado $\dim E$. Neste caso chamamos E um espaço vetorial de **dimensão finita** n .

Uma **base ordenada** de um espaço vetorial E de dimensão n é uma base $\mathcal{B} = \{\xi_1, \dots, \xi_n\}$ cujos elementos são enumerados. As vezes é útil escrever uma base ordenada como uma lista ordenada (ξ_1, \dots, ξ_n) .

Exercícios. Na Lista 1b temos definido o espaço vetorial $M(m \times n)$ das matrizes reais $m \times n$ e a soma direta $F_1 \oplus F_2$ de dois subespaços.

1) Mostre que

i) o conjunto $\{\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}\}$ das matrizes reais

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{c} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix},$$

é um conjunto LI;

ii) o conjunto dos polinômios reais abaixo é LI:

$$p = p(x) = x^3 - 5x^2 + 1,$$

$$q = q(x) = 2x^4 + 5x - 6,$$

$$r = r(x) = x^2 - 5x + 2.$$

2) Seja $E = F_1 \oplus F_2$. Se \mathcal{B}_1 é uma base de F_1 e \mathcal{B}_2 é uma base de F_2 , prove que $\mathcal{B}_1 \cup \mathcal{B}_2$ é uma base de E

3) Mostre que os polinômios 1 , $x - 1$ e $x^2 - 3x + 1$ formam uma base de $\mathcal{P}_2(\mathbb{R})$. Exprima o polinômio $2x^2 - 5x + 6$ como combinação linear dos elementos dessa base.

4) Seja $\mathcal{S} \subset M(n \times n)$ o subconjunto das **matrizes simétricas**:

$$\mathbf{a} = (a_{ij}) \in \mathcal{S} \Leftrightarrow (a_{ij}) = (a_{ji}) \in M(n \times n).$$

***finita** significa que o número de elementos de \mathcal{B} , denotado $|\mathcal{B}|$, é finito

Para cada par (i, j) de números naturais com $1 \leq i \leq j \leq n$, seja \mathbf{e}_{ij} a matriz $n \times n$ cujos elementos nas posições ij e ji são iguais a 1 e os demais são zero. Prove que estas matrizes constituem uma base para o subespaço $\mathcal{S} \subset M(n \times n)$. De modo análogo, obtenha uma base do subespaço $\mathcal{A} \subset M(n \times n)$ das **matrizes anti-simétricas** definido por $(a_{ij}) = (-a_{ji})$. Conclua que

$$\dim \mathcal{S} = \frac{n(n+1)}{2}, \quad \dim \mathcal{A} = \frac{n(n-1)}{2}.$$

Lembre-se que $\dim M(n \times n) = n^2$. Conclua que

$$M(n \times n) = \mathcal{S} \oplus \mathcal{A}.$$

- 5) As matrizes $\mathbf{t} = (t_{ij}) \in M(n \times n)$ tais que $t_{ij} = 0$ quando $i < j$ são chamadas **triangulares inferiores**. Prove que elas constituem um subespaço $L \subset M(n \times n)$. Obtenha uma base para L e determine a sua dimensão.
- 6) Obtenha uma base e conseqüentemente determine a dimensão de cada um dos seguintes subespaços de $M(n \times n)$:

i) Matrizes $\mathbf{a} = (a_{ij})$ cujo **traço** (a soma dos elementos da diagonal)

$$\text{tr } \mathbf{a} := \sum_{i=1}^n a_{ii}$$

é zero.

- ii) Matrizes cuja primeira e última linha são iguais.
 iii) Matrizes cuja segunda linha e terceira coluna são iguais.

7) Sejam X_1, X_2, \dots subconjuntos LI de um espaço vetorial E .

- i) Se $X_1 \subset X_2 \subset \dots$, prove que $X = \bigcup X_n$ é LI.
 ii) Se cada X_n tem n elementos, prove que existe um conjunto linearmente independente $\tilde{X} = \{x_1, x_2, \dots\}$ com $x_j \in X_j$, para todo $j \in \mathbb{N}$.
 iii) Supondo $E = \mathbb{R}_0^\infty$ (veja[†]) e admitindo as hipóteses dos itens anteriores, é verdade que $X = \bigcup X_n$ seja uma base de E ?

- 8) Se o conjunto de vetores $\{v_1, \dots, v_m\}$ é LI, prove que o mesmo se dá com o conjunto $\{v_1, v_2 - v_1, \dots, v_m - v_1\}$. Vale a recíproca?
- 9) Sejam $F_1, F_2 \subset E$ subespaços de dimensão finita. Obtenha uma base do subespaço $F_1 + F_2$ que contenha uma base de F_1 , uma base de F_2 e uma base de $F_1 \cap F_2$.

[†]Seja \mathbb{R}^∞ o espaço vetorial das seqüências reais. Seu subespaço \mathbb{R}_0^∞ é formado das seqüências quais contém só um número finito de membros não-nulos.