

Exemplos Práticos das Normalizações e Métricas Utilizadas na Heurística VPEX

Este documento apresenta exemplos literais e práticos das normalizações estatísticas citadas no artigo da Heurística VPEX, incluindo Min-Max, Inversão, reescalas de CSAT e NPS e o método de padronização por Z-score. São fornecidos exemplos numéricos e gráficos que demonstram a aplicação e interpretação de cada técnica, sem cálculo do índice composto i-VPEX.

Normalização Min-Max (Escala 0-1)

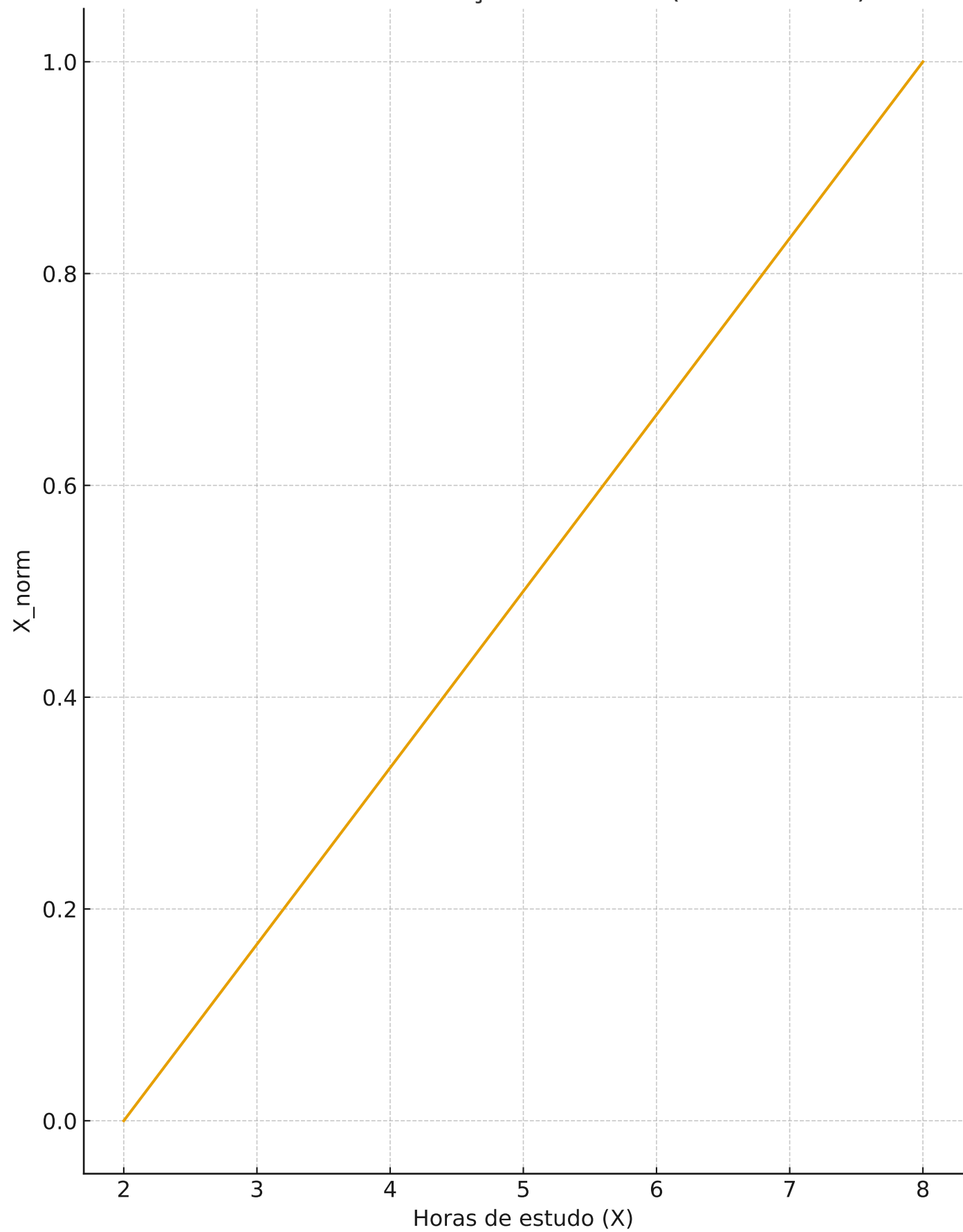
A normalização Min-Max reescala uma variável para o intervalo [0, 1], preservando a proporção e a ordem dos valores. É usada para harmonizar métricas com unidades distintas.

Exemplo: horas de estudo de 2 a 8 h; estudante com 5 h \rightarrow 0,5 (50%).

Fórmula: $X_{\text{norm}} = (X - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})$

Exemplo: $(5 - 2) / (8 - 2) = 0.5$

Curva de Normalização Min-Max (2-8 h \rightarrow 0-1)



Normalização Invertida (quanto menor, melhor)

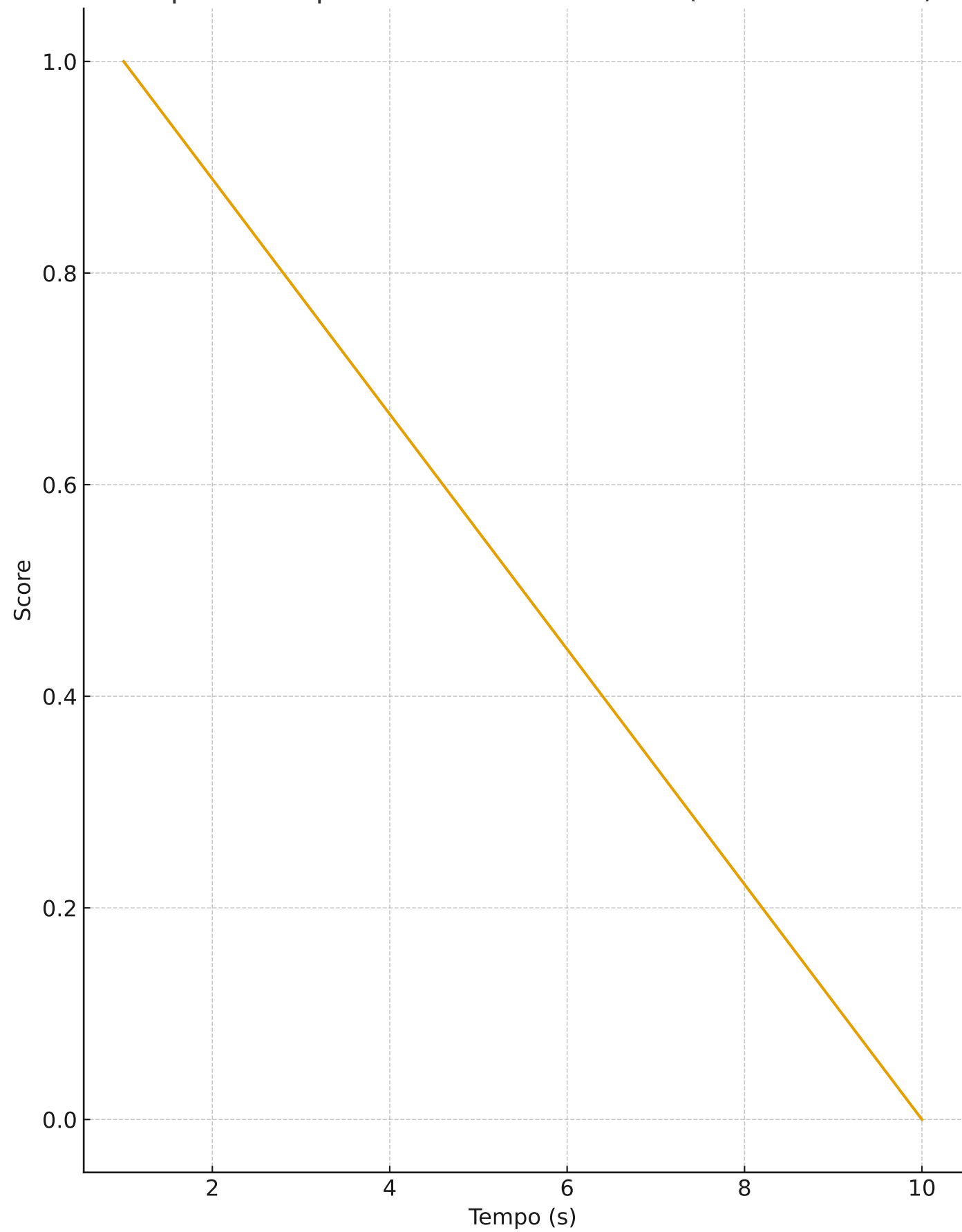
Quando valores menores são desejáveis, como tempo de resposta, aplica-se inversão após a normalização Min-Max.

Exemplo: tempo entre 1 e 10 s; valor observado 4 s → normalizado 0,333; invertido 0,667.

$$T_{\text{norm_inv}} = 1 - (T - T_{\text{min}}) / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$$

$$\text{Exemplo: } 1 - (4 - 1)/9 = 0,667$$

Tempo de Resposta → Escala Invertida (maior é melhor)



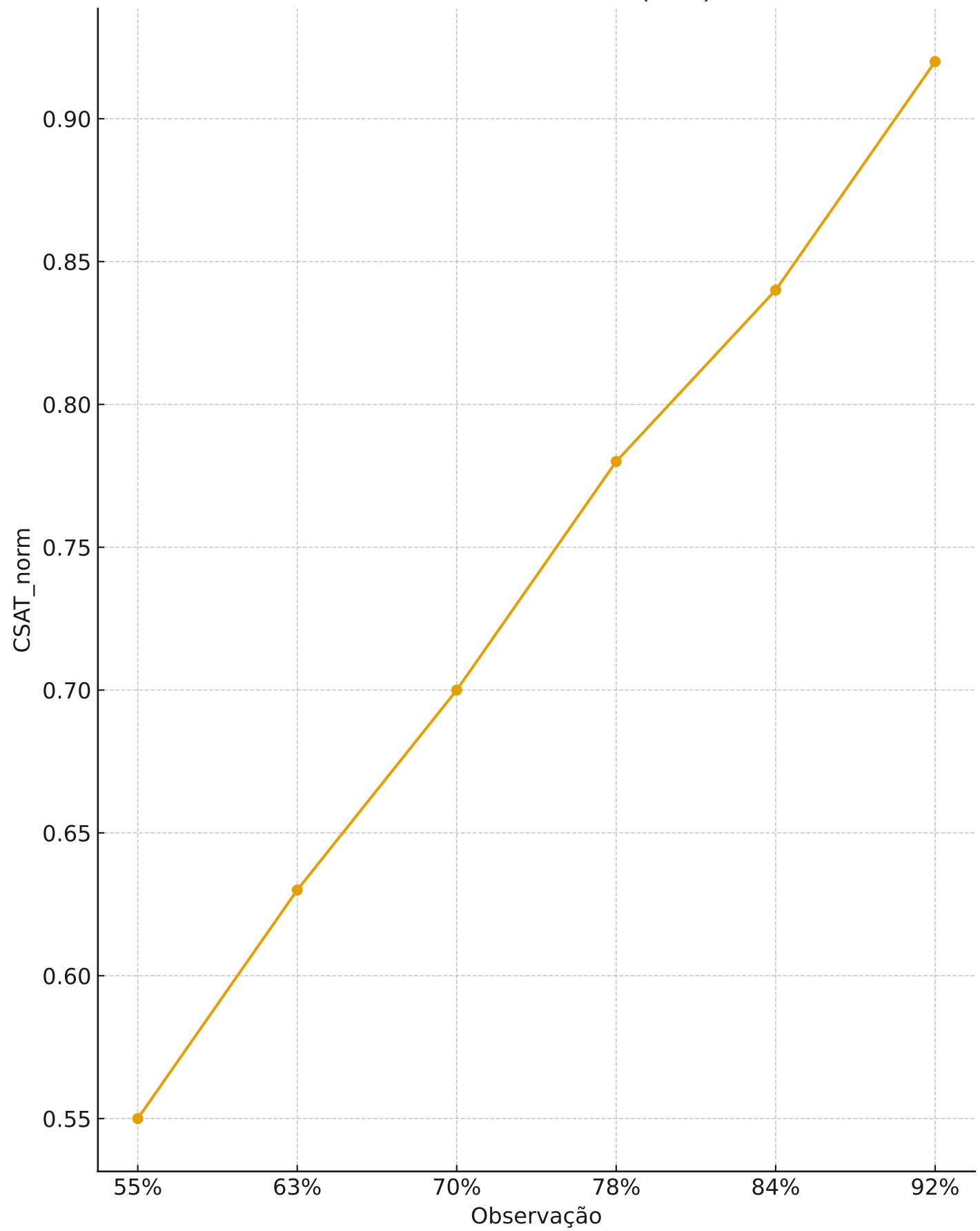
Reescala de CSAT (Customer Satisfaction Score)

CSAT já está em percentual (0-100). Divide-se por 100 para obter escala 0-1.

$$\text{CSAT_norm} = \text{CSAT} / 100$$

Exemplo: 78% → 0.78

CSAT Normalizado (0-1)



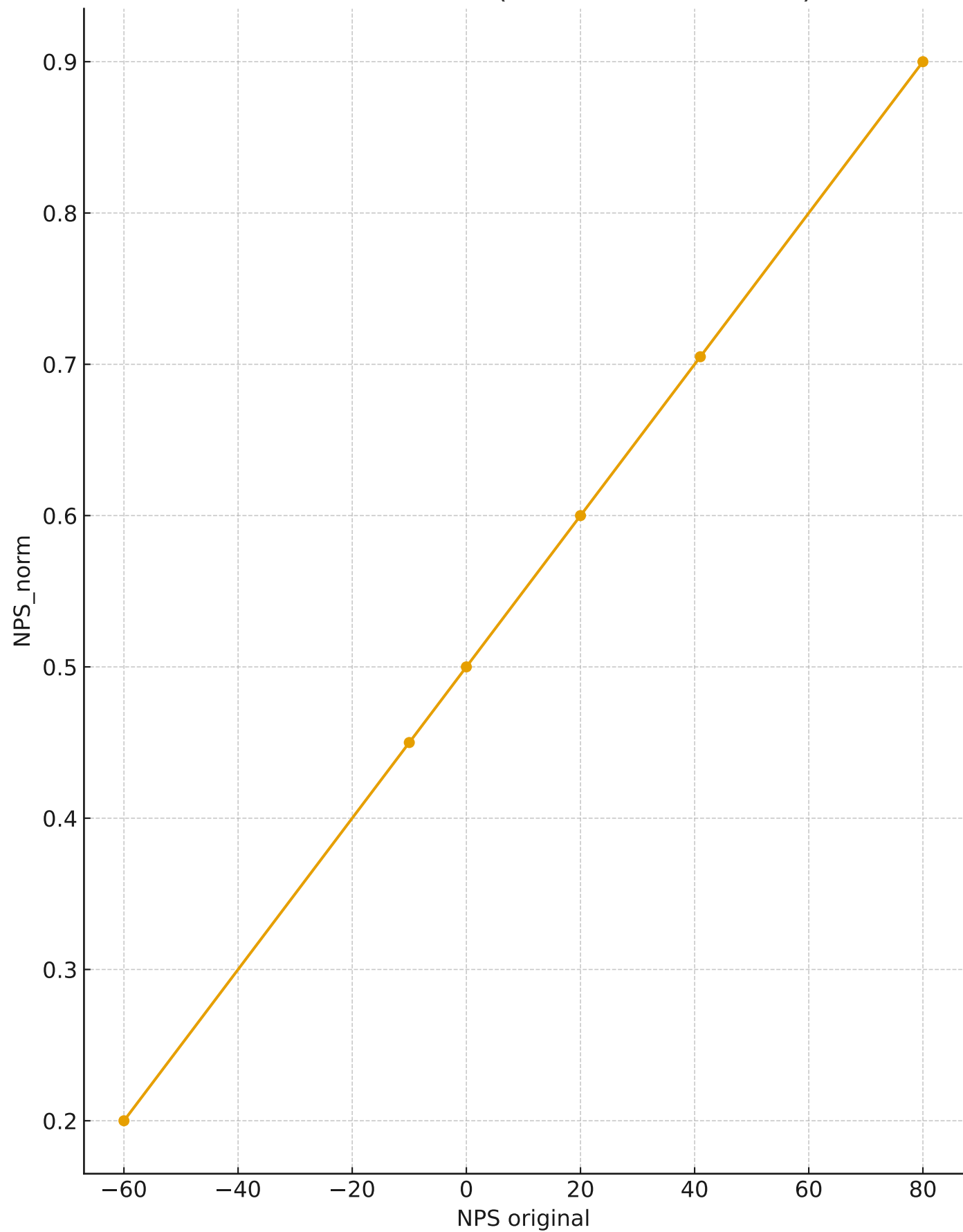
Reescala de NPS (−100 a +100 → 0 a 1)

O NPS é reescalado linearmente de −100...+100 para 0...1.

$$\text{NPS}_{\text{norm}} = (\text{NPS} + 100)/200$$

$$\text{Exemplo: } (41 + 100)/200 = 0.705$$

NPS Normalizado (-100 a $+100 \rightarrow 0-1$)



Padronização por Z-score (sem faixa mínima/máxima)

Quando a métrica não possui limites claros, usa-se o Z-score, que expressa o desvio em relação à média em unidades de desvio-padrão.

Valores positivos estão acima da média, negativos abaixo. É útil para dados normalmente distribuídos.

Exemplo: tempo médio 5 h, $\sigma=1,5$ h; aluno com 7 h $\rightarrow Z = (7-5)/1,5 = 1,33$.

Fórmula: $Z = (X - \mu) / \sigma$

Exemplo: $(7 - 5) / 1,5 = 1,33$

Distribuição Normal e Z-scores ($\mu=5$, $\sigma=1,5$)

Densidade de probabilidade

--- Média ($\mu=5$)

0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00

0

2

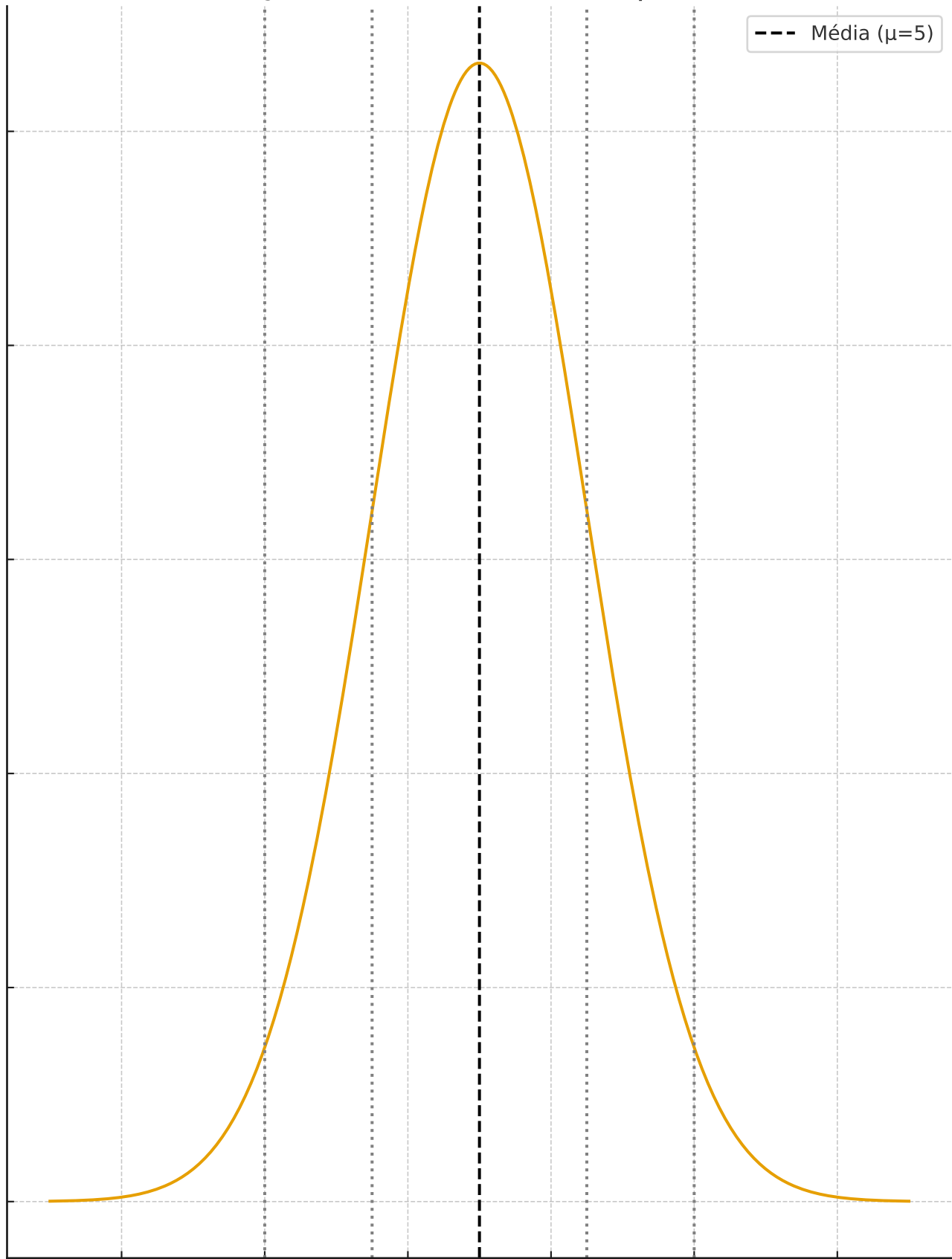
4

6

8

10

Horas de estudo



Quadro-resumo das Normalizações e Padronizações

Métrica	Valor bruto	Normalizado	Observação
Horas (Min-Max)	5 h (2-8)	0,50	Reescala linear 2→8
Tempo resp. (inv.)	4 s (1-10)	0,667	Min-Max + inversão
CSAT (%)	78	0,78	Divide por 100
NPS	41	0,705	(NPS+100)/200
Z-score (horas)	7 h ($\mu=5$, $\sigma=1,5$)	1,33	$(X-\mu)/\sigma$

Boas Práticas e Observações

- Definir faixas (mín-máx) por período para reduzir outliers.
- Para métricas sem faixas claras, aplicar Z-score (quanto maior o $|Z|$, mais distante da média).
- Documentar regras e janelas de coleta.
- Padronizar métricas qualitativas convertidas (ex.: análise de sentimento) antes de comparar.
- Este material é apenas ilustrativo, sem cálculo de índices compostos.