

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade proporciona redução de custos, aumento de confiabilidade e maior satisfação dos consumidores (SLACK et al., 1999). Porém, a variação é sempre um empecilho para melhoras na qualidade (DELERYD, 1998). Posto isso, introduz-se o Controle Estatístico de Processo (CEP). Define-se a capacidade do processo pela habilidade de produzir itens de acordo com limites de especificação (COSTA et al., 2005).

## 2. ANÁLISE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

Utiliza técnicas estatísticas para quantificar a variabilidade do processo, analisá-la conforme limites de especificação e auxiliar na redução da variabilidade excessiva (MONTGOMERY, 2004). Para tanto, foram criados índices de capacidade, denominados índices convencionais. A suposição para aplicação desses índices é que os dados do processo possuem distribuição normal.

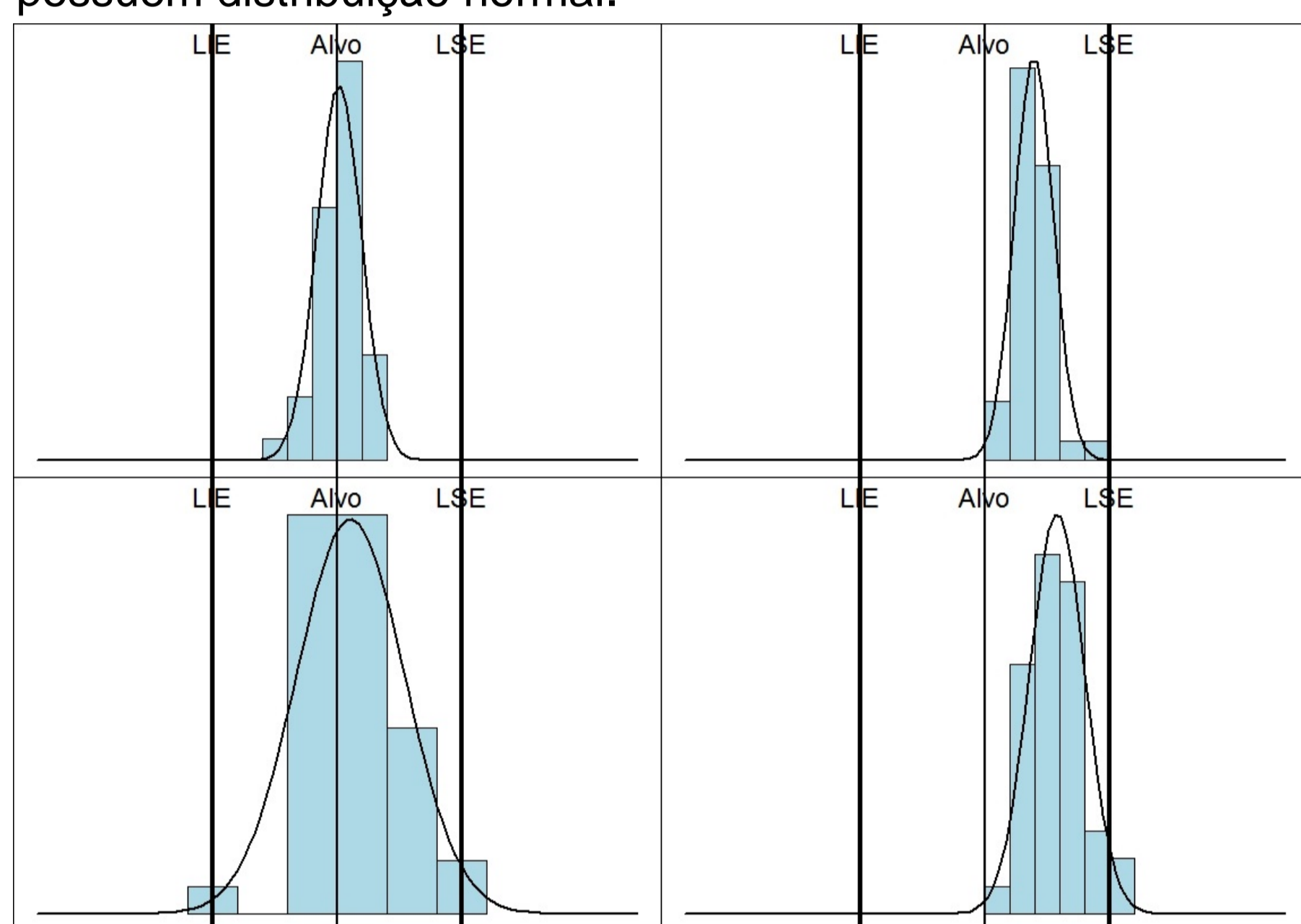


Figura 1 – exemplos de processos capazes e não capazes

Em processos reais, porém, nem sempre tal suposição é satisfeita e, ao utilizar índices convencionais na situação de não normalidade, pode-se incorrer no risco de afirmar que o processo é capaz quando na verdade não é capaz (GONZALES; WERNER, 2009). Além disso, a proporção de itens não conformes em tal situação é diferente da distribuição normal. Para não haver distorções na avaliação, existem duas alternativas: a utilização de índices de capacidade para processos não normais ou a transformação matemática de dados não normais em dados normais e a posterior aplicação dos índices convencionais.

Frente a isto, o estudo visa explorar os métodos de avaliação de capacidade de processos com distribuição não normal. Um *framework* é proposto para estruturação dos passos a serem executados.

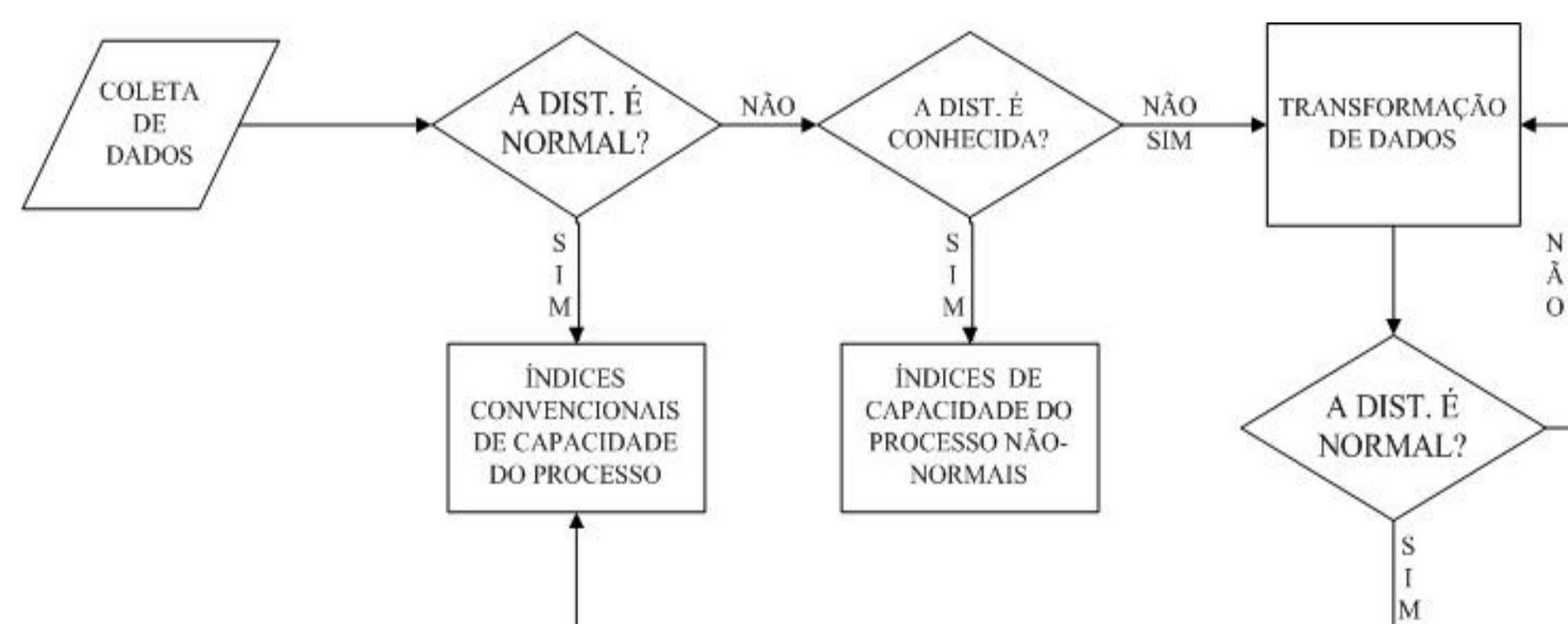


Figura 2 – Framework proposto para obtenção dos índices de capacidade do processo

## 3. AVALIAÇÃO DE NORMALIDADE

Para avaliar se os dados do processo possuem distribuição normal, existem três maneiras: a construção de um histograma, a elaboração de um papel de probabilidade e a utilização de testes não-paramétricos. Os testes não-paramétricos mais utilizados são os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Anderson-Darling (KVAM; VIDAKOVIC, 2007).

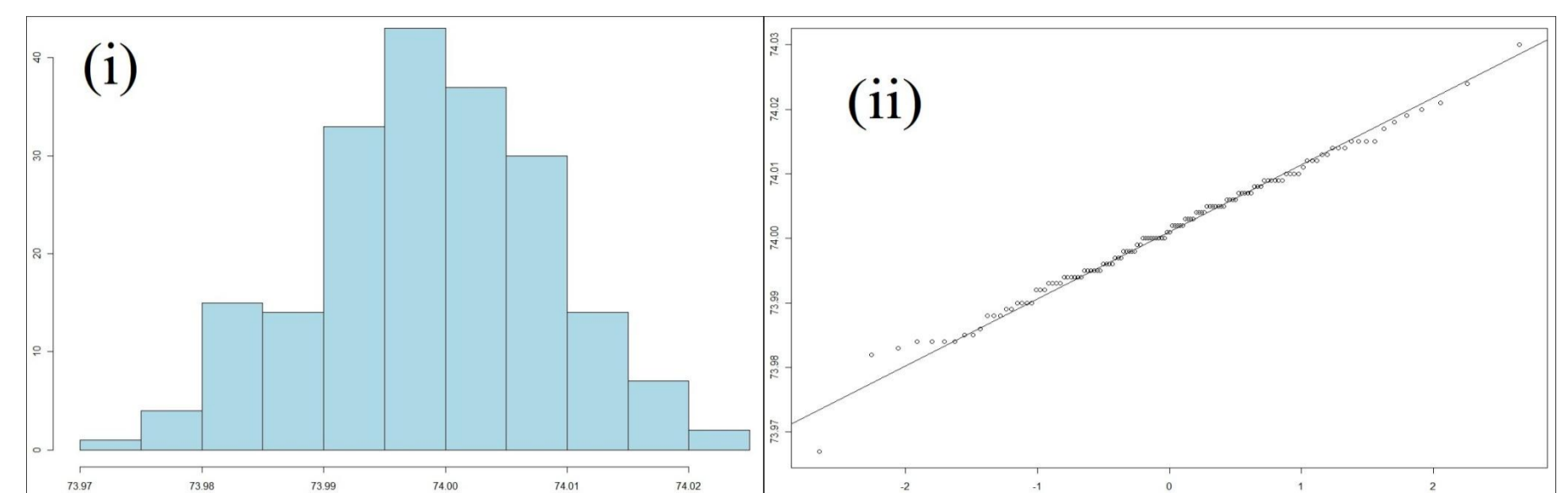


Figura 3 – Exemplo de histograma (i) e papel de probabilidade normal (ii)

## 4. ÍNDICES CONVENCIONAIS DE CAPACIDADE

Quatro são os índices convencionais de capacidade:

1.  $C_p$ , que determina o potencial de um processo produzir itens conforme limites de especificação;
2.  $C_{pk}$  mede a real capacidade do processo, pois considera se o processo está centrado ou não.
3.  $C_{pm}$ , que considera a distância da média do processo em relação a um valor alvo;
4.  $C_{pmk}$ , que considera se o processo está centrado ou não e a distância da média do processo em relação a um valor alvo.

## 5. ÍNDICES PARA DISTRIBUIÇÕES NÃO NORMAIS

Clements (1989) criou os primeiros índices para distribuições não-normais. Após, diversos autores propuseram diferentes índices, como Pearn e Chen (1997), Chen e Ding (2001), Liu e Chen (2006), Vännman e Albing (2007) e Czarski (2008).

## 6. MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO DE DADOS

Johnson (1949) propôs um método que envolve três famílias de funções para transformação de dados não-normais em dados normais, as quais são  $S_B$  (bounded = limitada),  $S_L$  (lognormal) e  $S_U$  (unbounded = ilimitada). A família de funções que possuir maior p-valor será a escolhida para as transformações.

Box e Cox (1964) apresentaram um método que envolve transformações por meio de potenciações de uma variável  $Y$  qualquer ( $Y^\lambda$ ). O valor de  $\lambda$  que obtiver menor desvio-padrão é escolhido para realizar as transformações.

## 7. CONCLUSÕES

Processos com distribuição não normal não são raros de ser encontrados. Dado esse aspecto, o uso de índices convencionais é inadequado para processos com distribuição não normal. A abordagem de *framework* explica de forma clara cada passo a ser executado, bem como proporciona melhor compreensão sobre como são conduzidos os estudos de capacidade.

## 8. REFERÊNCIAS

- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. *Controle Estatístico de Qualidade*, 2ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2005. 334 p.
- CZARSKI, A. Estimation of process capability indices in case of distribution unlike the normal one. *Archives of Materials Science and Engineering*, v. 34, n. 1, p. 39-42. 2008.
- GONZALEZ, P. U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. *Gestão e Produção*, São Carlos, Brasil. v. 16, n. 1 p. 121-132. 2009.
- KVAM, P. H.; VIDAKOVIC, B. *Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2007. 429 p.
- LIU, P. H.; CHEN, F. L. Process capability analysis of non-normal process data using the Burr XII distribution. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 27, p. 975-984. 2006.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade*, 4ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2004. 513 p.
- VÄNNMAN, K.; ALBING, M. Process capability indices for one-sided specification intervals and skewed distributions. *Quality and Reliability Engineering International*, v. 23, p. 755-765. 2007.