INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS SÃO JOSÉ
COORDENADORIA DE ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

DISTRIBUIÇÕES BINOMIAL E DE PASCAL

No que segue, n e k representam números inteiros positivos e p um número real tal que $0 \leq p \leq 1$. Além disso,

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

denota o coeficiente binomial.

1. (4,0) Uma **variável aleatória binomial** K com parâmetros n e p, aqui denotada por $\mathrm{Binom}(n, p)$, representa o número de sucessos em n experimentos de Bernoulli independentes (cada qual com parâmetro p). A função massa de probabilidade de K é dada por

$$p_K(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}, \qquad k = 0, 1, \ldots, n.$$

A média e a variância de K são, respectivamente,

$$\mu_K = \mathrm{E}[K] = np \qquad \text{e} \qquad \sigma_K^2 = \mathrm{var}[K] = np(1-p).$$

(a) Escreva a função abaixo, que deve implementar *uma única realização* de uma variável aleatória binomial.

```
function K = rand_binom(n, p)
%% Entradas:
%%   n, p: parâmetros da variável aleatória binomial.
%% Saídas:
%%   K: realização da variável aleatória.
...
end
```

(b) Determine a função massa, a média e a variância para $K \sim \mathrm{Binom}(10, \frac{1}{10})$ e para $K \sim \mathrm{Binom}(50, \frac{1}{4})$. Em seguida, confira suas respostas através de uma simulação de Monte Carlo utilizando a função escrita na questão anterior, tendo como saída:

- Uma figura contendo a função massa de probabilidade teórica, bem como aquela obtida via simulação.
- Os valores teóricos da média e da variância, bem como aqueles obtidos via simulação.

2. (4,0) Uma **variável aleatória de Pascal** N com parâmetros k e p, aqui denotada por $\text{Pascal}(k, p)$, representa o número de experimentos de Bernoulli independentes (cada qual com parâmetro p) necessários para alcançar o k-ésimo sucesso. A função massa de probabilidade de N é dada por

$$p_N(n) = \binom{n-1}{k-1} p^k (1-p)^{n-k}, \qquad n = k, k+1, \ldots.$$

A média e a variância de N são, respectivamente,

$$\mu_N = \mathrm{E}[N] = \frac{k}{p} \qquad \text{e} \qquad \sigma_N^2 = \mathrm{var}[N] = k\frac{1-p}{p^2}.$$

(a) Escreva a função abaixo, que deve implementar *uma única realização* de uma variável aleatória de Pascal.

```
function N = rand_pascal(k, p)
%% Entradas:
%%   k, p: parâmetros da variável aleatória de Pascal.
%% Saídas:
%%   N: realização da variável aleatória.
...
end
```

(b) Determine a função massa, a média e a variância para $N \sim \text{Pascal}(2, \frac{1}{2})$ e para $N \sim \text{Pascal}(5, \frac{2}{5})$. Em seguida, confira suas respostas através de uma simulação de Monte Carlo utilizando a função escrita na questão anterior, tendo como saída:

- Uma figura contendo a função massa de probabilidade teórica, bem como aquela obtida via simulação.
- Os valores teóricos da média e da variância, bem como aqueles obtidos via simulação.

3. (2,0) Considere um enlace de comunicação digital no qual, a cada transmissão de pacote pelo enlace, há uma probabilidade de 90 % de que o pacote seja enviado corretamente. Assuma independência entre as transmissões.

(a) ("FEC") Um arquivo é composto de 16 pacotes. Um codificador adiciona 4 pacotes de redundância aos pacotes originais, de modo que se tenha um total de 20 pacotes. Em seguida, cada um dos 20 pacotes é transmitidos pelo enlace digital. Assuma que o receptor consiga recuperar o arquivo original desde que pelo menos 16 (não importando quais) dos 20 pacotes sejam recebidos.

   i. Determine o número médio de pacotes recebidos.

   ii. Determine a probabilidade de que o arquivo original seja recuperado.

(b) ("ARQ") Um arquivo é composto de 16 pacotes. Suponha agora que não haja codificador, mas que exista um enlace de realimentação que permite que o receptor solicite retransmissão de pacotes que tenham sido perdidos. Os pacotes são enviados até que o receptor obtenha todos os 16 pacotes do arquivo.

   i. Determine o número médio de transmissões necessárias para que se recupere o arquivo.

   ii. Determine a probabilidade de que se recupere a informação em no máximo 20 transmissões.

Confira suas resposta através de simulação (use as funções escritas na Questões 1 e 2).