

ALGORITMO PARA MINIMIZAÇÃO DO TAMANHO DE AMOSTRA EM PLANOS DE INSPEÇÃO POR AMOSTRAGEM POR ATRIBUTO

Júlio César PEREIRA¹

Ricardo Coser MERGULHÃO²

- RESUMO: Os planos de amostragem de aceitação por atributo são amplamente utilizados no setor industrial e têm um papel importante no controle da qualidade da matéria-prima, produtos semiacabados e produtos finalizados. Um desafio na construção de um bom plano de amostragem é buscar o menor tamanho de amostra (n) e ao mesmo tempo proteger tanto o fornecedor quanto o cliente dos riscos envolvidos. Dessa forma, o objetivo deste artigo foi desenvolver um algoritmo para identificar um plano de amostragem que forneça o menor n possível e que atenda simultaneamente às restrições de risco do cliente e do fornecedor. O método utilizado foi o da modelagem e para ilustrar o algoritmo proposto foi simulada uma situação problema. Como resultado obteve-se um algoritmo de fácil implementação, para exemplo foi implementado no *software* R; flexível, pois permite a inserção de valores de riscos do cliente e do fornecedor; e objetivo, pois fornece uma solução única e ótima. Um plano de inspeção desenvolvido a partir do algoritmo proposto, por ser o de menor tamanho de amostra possível, traz os benefícios de menor tempo de inspeção e menor quantidade de itens manipulados.
- PALAVRAS-CHAVE: Controle da qualidade; otimização; riscos.

1 Introdução

As práticas da gestão da qualidade impactam diretamente no desempenho e são essenciais para a busca e manutenção da vantagem competitiva das organizações (FLYNN, SCHROEDER e SAKAKIBARA, 1995). Na medida em que esse relacionamento é percebido, deve-se buscar formas de aprimorar e, conseqüentemente, potencializar o uso das práticas de gestão da qualidade. Por sua vez, a inspeção por amostragem é uma das práticas que pode ser alvo desse aprimoramento, uma vez que exerce um papel importante na gestão da qualidade.

Embora recentemente os métodos de controle da qualidade *off-line* sejam proeminentes, os planos de amostragem por aceitação permanecem como uma parte importante dos sistemas de garantia da qualidade na medida em que são utilizados na inspeção de matéria-prima, produtos semiacabados e produtos finalizados (BALAMURALI e USHA, 2015).

¹ Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, Departamento de Ciências Ambientais, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, CEP: 13052-780, Sorocaba, SP, Brasil. E-mail: julio.pereira.ufscar@gmail.com

² Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, CEP: 13052-780, Sorocaba, SP, Brasil. E-mail: mergulhao@ufscar.br

Os planos de amostragem são amplamente utilizados em atividades industriais, porém podem ser aplicados em diversas áreas, incluindo-se as biológicas e agrônomicas. Por exemplo, Xu (2017) discute a eficiência do uso de planos de amostragem na detecção de microrganismos patogênicos na pré-colheita de vegetais verdes folhosos; outra aplicação é apresentada por Chen, Epanchin-Niell e Haight (2017), os quais discutem diversos tipos de planos de amostragem de aceitação na inspeção de lotes de plantas vivas importadas com a finalidade de se reduzir a introdução de pragas no país importador. Em todos os casos, os erros estatísticos e os custos associados à inspeção, que estão diretamente relacionados ao tamanho da amostra, são restrições que devem guiar a tomada de decisão.

No contexto da inspeção por amostragem, o objetivo de um plano de amostragem de aceitação é emitir um julgamento sobre um lote de produtos ou itens a partir do exame de uma amostra, com a finalidade de aceitar ou rejeitar o lote (MONTGOMERY, 2009). Os planos de amostragem de aceitação são divididos em três categorias chamadas de planos de amostragem por atributos, por variável e uma mistura de ambos (BALAMURALI e USHA, 2015). Segundo Liu e Cui (2013), os planos de amostragem de aceitação vêm sendo utilizados por muitas indústrias durante várias décadas e ao longo dos anos diversas pesquisas e desenvolvimentos relevantes permanecem focados nos planos de amostragem por atributos. De fato, a inspeção por amostragem por atributo, vem sendo amplamente estudada em trabalhos na literatura recente, dentre eles podem-se citar Loganathan *et al.* (2014), Vijayaraghavan e Aruna (2014), Appaia e Kandaswamy (2014), Loganathan e Shalini (2014) e Balamurali e Usha (2015).

Em um plano de amostragem de aceitação por atributo são estabelecidos os parâmetros do processo de amostragem tais como o tamanho do lote, o número de amostras, o tamanho de cada amostra a ser retirada do lote e a ser inspecionada e o número de defeitos acima do qual o lote é rejeitado (DUNCAN, 1986). Em particular um plano de amostragem única é aquele para o qual se extrai uma única amostra de tamanho n de um lote, cada item na amostra é classificado como conforme ou não conforme e se o número de itens não conformes d encontrados for maior que o parâmetro a o lote inteiro é rejeitado e caso contrário o lote é aceito, de acordo com a Figura 1.

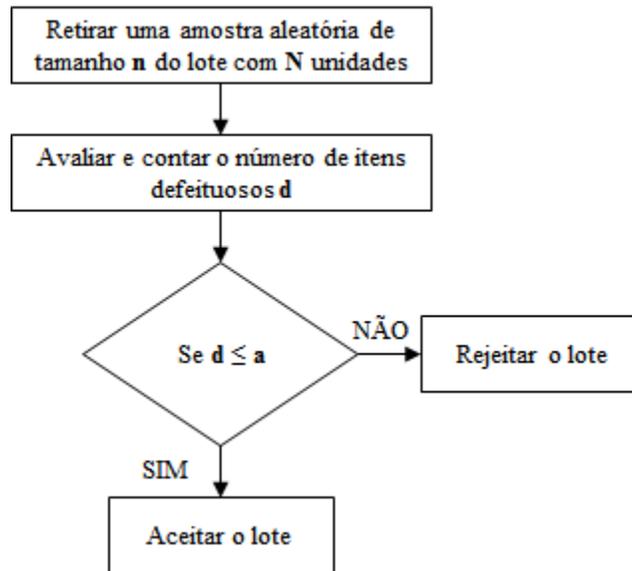
Os planos de amostragem por atributos têm sido investigados por muitos autores; no Brasil a norma que estabelece os procedimentos de inspeção é, segundo a ABNT (1985), a NBR 5427. Essa norma apresenta tabelas e procedimentos para a seleção dos parâmetros do plano por amostragem por atributos para vários níveis de qualidade aceitável (NQA). O NQA é definido como o nível de qualidade aceitável (limite), para propósitos de inspeção por amostragem, sendo a porcentagem máxima de defeituosos que pode ser considerada satisfatória como média de um processo (ASQ 2015; ABNT, 1985).

Os planos baseados no NQA amplamente empregados na prática, recomendam a utilização de parâmetros n e a tabelados a partir de características do lote e de definições do usuário. Apesar de sua utilidade, tais planos podem não fornecer uma solução que atenda às restrições tanto do cliente quanto do fornecedor e que ainda seja ótima em relação ao menor tamanho de amostra. A otimização do tamanho da amostra n merece atenção, pois sabe-se que quanto maior o valor de n , maior é o tempo gasto e maior a manipulação de itens na inspeção, o que é indesejável (MONTGOMERY, 2009). Além disso, é desejável que o valor de n seja o menor possível, pois pode trazer ganhos substanciais em situações em que a inspeção é lenta e custosa (ASLAM *et al.*, 2010). Outra limitação dos planos NQA

é a de que eles não permitem uma clara visualização dos riscos do fornecedor e do cliente que são consequência dos parâmetros estabelecidos.

Uma alternativa para estabelecer planos que permitam a visualização do efeito dos parâmetros escolhidos (**n** e **a**) sobre os riscos do fornecedor e do cliente, são os planos definidos a partir das curvas características de operação (CCO). O risco do fornecedor neste contexto pode ser definido como o complementar da probabilidade de aceitação de um lote cuja fração de defeituosos seja menor ou igual ao NQA, tal valor é denotado por α . Por outro lado, o risco do cliente, denotado por β , é definido como a probabilidade de aceitação de um lote cuja fração de defeituosos seja maior que porcentagem tolerável de defeituosos por lote (**PTDL**).

Considerando um plano de amostragem única para a inspeção, como ilustrado na Figura 1, para cada par de **n** e **a**, tem-se associada uma CCO. Tal curva fornece uma medida do desempenho do plano de amostragem e ela é um gráfico da probabilidade de aceitação pela possível fração de defeituosos no lote.



Fonte: Adaptado da ABNT (1985)

Figura 1- Fluxograma de decisão para um plano de amostragem única.

Considerando que o tamanho do lote é suficientemente grande (infinito), a variável aleatória número de defeituosos em uma amostra de tamanho **n** segue distribuição binomial com parâmetros **n** – tamanho da amostra e **p** – fração de defeitos no lote. Dessa forma, a probabilidade de aceitação de um lote é dada pela Equação (1):

$$P(\text{aceitar o lote}) = P(d \leq a) = \sum_{d=0}^a \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d} \quad (1)$$

O gráfico da Figura 2, ilustra uma CCO para um plano de amostragem simples com $n=200$ e $a=7$.

Em geral, o fornecedor quer que a probabilidade de aceitação seja alta para lotes com baixa fração de defeitos, ou seja, ele deseja que o seu risco α seja o menor possível. Por outro lado, o cliente quer que a probabilidade de aceitação seja baixa para lotes com elevada fração de defeitos, ou seja, ele deseja que o seu risco β também seja o menor possível. Por exemplo, o fornecedor pode exigir que em lotes com fração de defeitos menor ou igual a $NQA=0,03$ a probabilidade de aceitação seja maior que 80%. A princípio podem existir muitos valores de n e a que satisfaçam a condição do fornecedor. Mas é possível que muitas dessas soluções não sejam viáveis para o cliente, isto é, é possível que a probabilidade do cliente tenha um lote ruim aceito seja elevada. O cliente pode exigir, por exemplo, que se adote um plano de amostragem de tal forma que em lotes com fração de defeitos maior ou igual a $PTDL=0,06$ a probabilidade de aceitação seja menor que 20%.

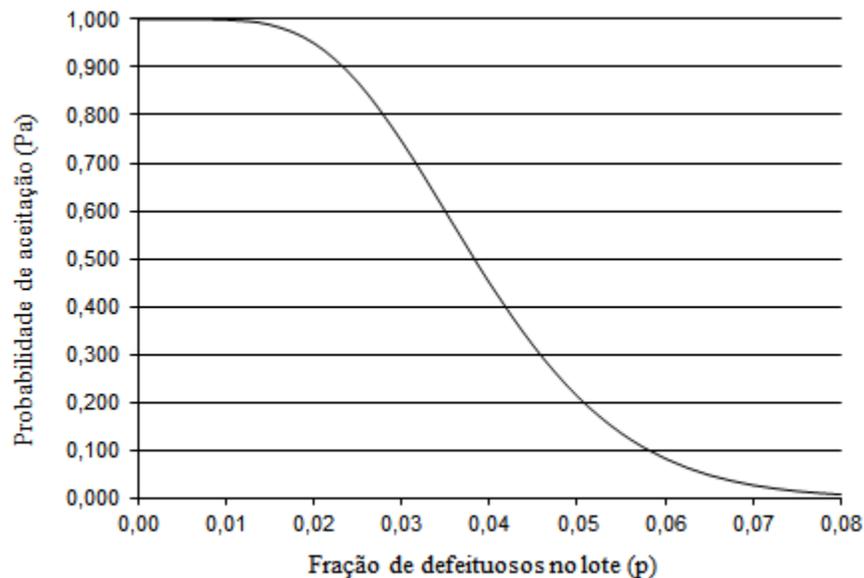


Figura 2 - Curva Característica de Operação para $n=200$ e $a=7$.

Uma questão natural é saber se há algum plano de amostragem única, isto é, valores de n e a que satisfaçam tanto o fornecedor quanto o cliente.

Montgomery (2009) apresenta uma proposta para se buscar valores de n e a em um problema semelhante, a partir dos riscos pré-fixados do fornecedor e do cliente. No entanto, por se tratar de uma análise gráfica e visual, o valor de n encontrado nem sempre será o mínimo, além do fato de que as restrições podem ser atendidas apenas aproximadamente.

A partir do exposto, o objetivo deste artigo foi desenvolver um algoritmo para identificar um plano de amostragem que forneça o menor n possível e que atenda simultaneamente às restrições do cliente e do fornecedor, conforme a contextualização

anterior. Para se alcançar o objetivo do trabalho, o método de pesquisa utilizado foi o da modelagem e para ilustrar o algoritmo proposto foi simulada uma situação problema.

2 Desenvolvimento

Considerando-se o problema enunciado na Introdução, em que se deseja encontrar um plano de amostragem única com o menor valor de n possível e que atenda às restrições do fornecedor e do cliente, a saber:

Restrição do fornecedor – que a probabilidade de ter um lote “bom” (com fração de defeituosos $\leq NQA$) ser aceito seja maior ou igual a $(1-\alpha)$;

Restrição do cliente - que a probabilidade de ter um lote “ruim” (com fração de defeituosos $> PTDL$) ser aceito seja menor ou igual a β .

Considerando-se as exigências de ambos se obtém as seguintes inequações a serem solucionadas simultaneamente:

$$P(\text{aceitar o lote} | p \leq NQA) = P(d \leq a | p \leq NQA) \geq 1 - \alpha \text{ e}$$

$$P(\text{aceitar o lote} | p > PTDL) = P(d \leq a | p > PTDL) \leq \beta \quad (2)$$

Visto que o número de defeituosos na amostra segue distribuição binomial, então as Inequações (2) podem ser escritas como:

$$\sum_{d=0}^a \frac{n!}{d!(n-d)!} \times NQA^d \times (1 - NQA)^{n-d} \geq 1 - \alpha$$

$$\sum_{d=0}^a \frac{n!}{d!(n-d)!} \times PTDL^d \times (1 - PTDL)^{n-d} \leq \beta \quad (3)$$

Observa-se que como a probabilidade de aceitação é uma função decrescente da fração de defeituosos p , isto é, a CCO decai com o aumento de p , então qualquer solução das inequações (3), descritas em função de NQA e $PTDL$, também são soluções das inequações (2). Assim, uma forma de satisfazer tanto o fornecedor quanto o cliente, é encontrar valores de n e a que satisfaçam simultaneamente as duas inequações (3). A princípio, podem ser obtidos diversos pares (n, a) que satisfaçam às condições acima. Porém, como apresentado anteriormente, é desejável que o valor de n seja o menor possível, a fim de se reduzir o tempo de inspeção e o excesso de manipulação. O problema então consiste em minimizar o valor de n dentre todos aqueles que satisfazem as inequações (3).

Na tentativa de se encontrar uma solução ótima (n mínimo) e devido à dificuldade em se encontrar uma solução analítica para o sistema de inequações (3), a seguir propõem-se um algoritmo, denominado algoritmo P-M que identifica o valor ótimo de n e atende simultaneamente às restrições impostas no sistema de inequações (3).

Algoritmo P-M:

Passo 1 – Defina os valores de NQA e $PTDL$, α , β e o tamanho do lote N ;

Passo 2 – faça n variar de 2 à N ;

Passo 3 – faça **a** variar de 0 a **n**;

Passo 4 - calcule as probabilidades dadas pelas equações a seguir, para os valores atuais de **n** e **a**:

$$P(\text{aceitar o lote} | p = NQA) = \sum_{d=0}^a \frac{n!}{d! (n-d)!} \times p^d \times (1-p)^{n-d}$$

$$P(\text{aceitar o lote} | p = PTDL) = \sum_{d=0}^a \frac{n!}{d! (n-d)!} \times p^d \times (1-p)^{n-d}$$

Passo 5 – Se

$P(\text{aceitar o lote} | p = NQA) \geq 1 - \alpha$ E $P(\text{aceitar o lote} | p = PTDL) \leq \beta$, então mostre o par (**n**, **a**) atual e finalize. Caso contrário vá para o passo 6.

Passo 6 – Se **a** < **n** volte para o passo 3, caso contrário vá para o passo 7;

Passo 7 – Se **n** < **N** volte para o passo 2, caso contrário mostre a mensagem “Não existe um valor de **n** menor que **N** que satisfaça as restrições – a inspeção deve ser 100%”.

O algoritmo foi implementado no programa R (R CORE TEAM, 2017), cujo código é apresentado na seção 3, para um exemplo específico.

3 Simulação de uma situação problema e aplicação do algoritmo proposto

Para ilustrar o algoritmo proposto no presente trabalho, será considerada a seguinte situação: uma empresa, denominada Cliente, recebe de outra empresa, denominada Fornecedora, componentes para a montagem de seu produto. No recebimento desses componentes que chegam da empresa Fornecedora em lotes de 10.000 unidades, a empresa Cliente faz inspeção por amostragem única por atributo, seguindo a NBR 5427, conforme ABNT (1985), com nível geral de inspeção II e severidade normal. Foi acordado entre as empresas Cliente e Fornecedora que os valores de **NQA** e de **PTDL** devem ser 2,5% e 6%, respectivamente. A partir da NBR 5427, segundo a ABNT (1985), os parâmetros identificados que caracterizam o plano de amostragem única a ser seguido são **n**=200 e **a**=10. Apesar do acordo, e de ter sido estabelecido um plano de amostragem, são desconhecidos os riscos para a Cliente e para a Fornecedora, que são respectivamente **β**=probabilidade de se aceitar um lote com fração de defeitos maior que 0,06 e **α**=probabilidade de se rejeitar um lote com fração de defeitos menor ou igual a 0,025. Considerando-se que a Fornecedora deseja uma proteção no sentido de que **α** seja no máximo 0,05 e a Cliente deseja um **β** de no máximo 0,20, é natural se perguntar: seria possível encontrar um plano de amostragem única, isto é, um par (**n**, **a**) que satisfaça às restrições da Fornecedora e da Cliente? Além disso, se tal plano existir, ele é único? Se não for único, seria possível obter aquele com o menor tamanho de amostra (**n**) possível?

Para responder às questões acima, foi aplicado o algoritmo proposto no presente trabalho com as restrições descritas na situação problema, cujo código para a execução no programa R (R CORE TEAM, 2017) é apresentado a seguir:

```

N = 10000 # entre com o tamanho do lote;
NQA = 0.025 # entre com o valor do NQA;
PTDL = 0.06 # entre com o valor da PTDL;
Alpha = 0.05 # entre com o risco do fornecedor;
Beta = 0.20 # entre com o risco do cliente;
for (n in 1:N){
  for (a in 0:n){
    Pap <- pbinom(q=a,size=n,prob=NQA)
    Pac<-pbinom(q=a,size=n,prob=PTDL)
    if(Pap>=(1-alpha) & Pac<=Beta) break
  }
  if(Pap>=(1-Alpha) & Pac<=Beta) break
}
print(c(n,a))

```

O algoritmo forneceu um valor de **n** e um valor de **a** que atendem às restrições da Cliente e da Fornecedora, tais valores foram **n**=188 e **a**=8. Esses são dois parâmetros do plano de amostragem única por atributo que satisfazem às restrições impostas. Deixando o algoritmo continuar a rodar, sem interrompê-lo após encontrar o primeiro par (**n**, **a**), muitos outros pares são obtidos satisfazendo as restrições da Cliente e da Fornecedora. Alguns desses pares, com **n** em ordem crescente são apresentados na Tabela 1. Porém, todos os demais pares obtidos apresentam valor de **n** maior do que o primeiro detectado. Assim, o par (**n**=188, **a**=8) fornecido pelo algoritmo é aquele que caracteriza o plano de amostragem com o menor tamanho de amostra possível.

Tabela 1 - Pares de **n** e **a** que satisfazem as restrições da Cliente e da Fornecedora

n	a	n	a
188	8	230	10
189	8	231	10
207	9	232	10
208	9	233	10
209	9	234	10
210	9	235	10
211	9	236	10
212	9	237	10
213	9	238	10
214	9	239	10
215	9	240	10
216	9	241	10
217	9	242	10
218	9	243	10
226	10	244	10
227	10	245	10
228	10	245	11
229	10	246	10
	

Ao analisar, segundo a ABNT (1985), o plano de amostragem prescrito pela NBR 5427, da situação problema, com NQA=2,5% e tamanho do lote de 10 mil unidades, encontram-se os parâmetros $n=200$ e $a=10$, prescritos. Com o auxílio de uma CCO e usando o **PTDL** da situação problema que é de 6%, o risco estimado da Cliente é de 34,1%, não satisfazendo, portanto, à restrição de ser no máximo 20%.

Na Tabela 2 são apresentadas outras possibilidades de riscos α e β que poderiam ter sido acordados entre a Cliente e a Fornecedora, com o respectivo par (n, a) obtidos com o uso do algoritmo P-M.

A Tabela 2 é para uma situação específica com **NQA=2,5%** e **PTDL=6%** e fornece vários pares de n e a para alguns possíveis valores de α e β . No entanto, o fornecedor e o cliente podem desejar fazer acordos com outras combinações de α e β e de **NQA** e **PTDL**. Devido às inúmeras possibilidades de combinações, descrevê-las em forma de tabela é tarefa impossível, por isso, recomenda-se o uso do algoritmo desenvolvido, no qual se pode usar qualquer combinação de riscos $(\alpha$ e $\beta)$ com qualquer combinação de **NQA** e **PTDL**.

Tabela 2 - Soluções ótimas (menor n) satisfazendo os riscos pré-definidos do Cliente (α) e do Fornecedor (β) para NQA e PTDL fixados em 2,5% e 6%, respectivamente

$\alpha \setminus \beta$	0,10	0,15	0,20	0,25
0,02	$n=352, a=15$	$n=296, a=13$	$n=263, a=12$	$n=234, a=11$
0,03	$n=313, a=13$	$n=277, a=12$	$n=266, a=10$	$n=198, a=9$
0,04	$n=294, a=12$	$n=238, a=10$	$n=207, a=9$	$n=179, a=8$
0,05	$n=274, a=11$	$n=238, a=10$	$n=188, a=8$	$n=179, a=8$
0,10	$n=215, a=8$	$n=180, a=7$	$n=150, a=6$	$n=123, a=5$

Convém destacar que o algoritmo P-M é simples; no presente trabalho foi implementado na linguagem R (CORE TEAM, 2018), mas pode ser facilmente implementado em qualquer linguagem de programação. As vantagens de se usar esse algoritmo são:

- Flexibilidade, na medida em que o algoritmo permite que o usuário insira quaisquer valores de riscos do cliente e do fornecedor, do **PTDL** e do **NQA**, ficando livre das limitações de opções de valores de entrada impostas quando se usa métodos baseados em tabelas como proposto, segundo a ABNT (1985), na NBR 5427.

- Objetividade, pois fornece uma solução única e ótima, ao contrário de métodos gráficos que apresentam subjetividade e julgamento visual.

Outra vantagem de se usar o algoritmo proposto é o fato de se contornar a dificuldade em obter uma solução analítica para os sistemas de inequações (3).

Por fim, cabe ressaltar que o algoritmo desenvolvido neste trabalho traz benefícios para a inspeção por amostragem, mas, como destacado em Rebelato *et al.* (2008), esse algoritmo, assim como outros métodos de controle da qualidade, deve ser integrado com outras abordagens para proporcionar uma gestão da qualidade mais eficiente.

4 Considerações finais

Neste artigo foi desenvolvido um algoritmo para identificar parâmetros n e a para caracterizar um plano de amostragem única por atributos. Como destacado na literatura um bom plano de amostragem é aquele que busca proteger tanto o fornecedor quanto o cliente dos riscos envolvidos. Sendo assim, o uso do algoritmo proposto neste trabalho, para a definição de um plano de amostragem, garante a proteção tanto do cliente quanto do fornecedor ao mesmo tempo que fornece o menor tamanho de amostra necessária. A menor quantidade de itens a serem inspecionados traz benefícios mútuos, pois do ponto de vista do cliente há ganho no tempo de inspeção e, conseqüentemente, os lotes serão disponibilizados mais rapidamente para uso. Por outro lado, do ponto de vista do Fornecedor, é minimizada a chance de ocorrer danos devido à manipulação na inspeção, o que poderia aumentar a fração de defeituosos na amostra e ocasionar maior rejeição de lotes.

Adicionalmente o uso do algoritmo permite o aprimoramento dos planos de inspeção baseados no NQA na medida em que pode-se encontrar parâmetros n e a , com n menor que os propostos por esses planos, considerando ainda as restrições dos riscos do fornecedor e do cliente.

PEREIRA, J. C.; MERGULHÃO, R. C. Algorithm for minimizing sample size in sampling inspection plans by attribute. *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.37, n.1, p.56-65, 2019.

ABSTRACT: The acceptance sampling plans for attribute have been largely used in the industrial sector and, they have assumed an important role for the quality control of raw material, semi-finished and finished products. When developing a sampling plan, the challenge is to obtain a small sample size as well as protect both the producer and the consumer of the involved risks. In this way, this paper was aimed at the development of an algorithm to identify a sampling plan, which provides the smallest sample size and that guarantees the restrictions of the producer and consumer's risks simultaneously. The method employed was the modelling method. In order to illustrate the propose algorithm, a problem situation was simulated. As a result, an algorithm was obtained that is: easily implemented, for instance, it was implemented in software R; flexible, it allows us to insert values for the producer and consumer's risks; an objective, because it provides a unique and optimal solution. If a sampling plan is developed by using the proposed algorithm, it will result in the smallest possible sample size. Therefore, the plan brings benefits like short inspection time and small quantity of manipulated items.

KEYWORDS: Quality control; optimal values; risk.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY (ASQ). *Quality glossary, 2015*. Disponível em: <<http://asq.org/glossary/a.html>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

APPAIA, L.; KANDASWAMY, S. Selection of single sampling plans by attributes under the conditions of zero-inflated Poisson distribution. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.31, n.9, p.1002-1011, 2014.

ASLAM, M.; BALAMURALI, S.; JUN, C. H.; AHMAD, M. Optimal designing of a skip lot sampling plan by two point method. *Pakistan Journal of Statistics*, v.26, n.4, p.585-592, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 5427: Guias para utilização da norma NBR 5426—Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos*, 26p., 1985.

BALAMURALI, S.; USHA, M. Optimal designing of variables sampling plan for resubmitted lots. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, v.44, n.5, p.1210-1224, 2015.

CHEN, C.; EPANCHIN-NEILL, R. S.; HAIGHT, R. G. Optimal inspection of imports to prevent invasive pest introduction. *Risk Analysis*, v.38, n.3, p.603-619, 2017.

DUNCAN, A. J. *Quality control and industrial statistics*. 5.ed. California: D. Irwin, 1986. 1123p.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; SAKAKIBARA, S. The impact of quality management practices on performance and competitive advantage. *Decision Sciences*, v. 26, n.5, p.659-691, 1995.

LIU, F.; CUI, L. A design of attributes single sampling plans for three-class products. *Quality Technology and Quantitative Management*, v.10, n.4, p.369-387, 2013.

LOGANATHAN, A.; SARAL, M.; VIJAYARAGHAVAN, R.; KRISHNAN, P. M. Construction of single sampling plans by attributes for heterogeneous lots using a mixture of two Poisson distributions. *Journal of Testing and Evaluation*, v.42, n.4, 2014.

LOGANATHAN, A.; SHALINI, K. Determination of single sampling plans by attributes under the conditions of zero-inflated Poisson distribution. *Communications in Statistics: Simulation and Computation*, v.43, n.3, p.538-548, 2014.

MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos -LTC, 2009.

REBELATO, M. G.; FERNANDES, J. M. R.; RODRIGUES, A. M. Proposta de integração entre métodos para planejamento e controle da qualidade. *Revista Gestão Industrial*, v.4, n.2, p.162-185, 2008.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

VIJAYARAGHAVAN, R.; ARUNA, P. Selection of Combined Continuous Lot-by-Lot Sampling Plans with Single Sampling Plan by Attributes as the Reference Plan. *Journal of Testing and Evaluation*, v.42, n.4, 2014.

XU, A. Evaluation and validation of various sampling plans for the detection of pathogenic or indicator microorganisms on pre-harvest leafy greens. *Digital Repository at the University of Maryland*. 2017.

Recebido em 31.10.2017

Aprovado após revisão em 16.05.2018