

Desempenho de planos de amostragem de 2-classes e de 3-classes para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos

Performance of 2- and 3-classes sampling schemes for assessing the food microbiological quality

RIALA6/1294

José Benício Paes CHAVES¹, Consuelo Domenici ROBERTO^{2*}, Genilson de PAIVA³, Leandro Dias ARAÚJO¹

*Endereço para correspondência: ²Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo – CCA, Alegre – ES, Alto Universitário s/n – Bairro Guararema. Caixa Postal 16. CEP: 29500-000. Alegre – ES, e-mail: consuelo@cca.ufes.br; consuelodr@yahoo.com

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG

³Instituto Federal do Espírito Santo – CEFETES, Colatina - ES.

Recebido: 23.06.2010 – Aceito para publicação: 17.08.2010

RESUMO

Os planos de amostragem em análise microbiológica auxiliam no monitoramento do processo e da qualidade da matéria-prima e do produto. Para estudar o desempenho dos planos na avaliação da qualidade microbiológica de alimentos, foram analisados os parâmetros de tamanho do lote (N), tamanho da amostra (n) e número de aceitação (c) para os planos de 2-classes, e o efeito da distribuição dos microrganismos no lote (σ e μ) e da diferença entre o logaritmo do limite microbiológico inaceitável (M) e marginal (m) para os planos de 3-classes. Verificou-se que o desempenho dos planos de 2-classes dependeu exclusivamente de n e c. Quanto maior o n, para um dado c e fração de unidades defeituosas (p), menor foi a probabilidade de aceitação (Pa) do lote, e maior o poder de discriminação dos planos. Para os planos de 3-classes, para um mesmo n e c, o risco do fornecedor ter seus lotes rejeitados a um determinado nível de qualidade foi maior, quanto menor a diferença (log M - log m). As análises da curva característica de operação (CCO) e o desempenho dos planos são fundamentais na definição do nível de confiança dos resultados da inspeção dos lotes de produtos.

Palavras-chave. análise estatística, inspeção de alimentos, controle de qualidade, microbiologia de alimentos.

ABSTRACT

Sampling schemes have been useful for monitoring the microbiological quality of food products and raw materials. For assessing the performance of 2-classes sampling schemes for food microbial quality control the lot size (N), sample size (n) and acceptance number (c) parameters were analyzed. The effects of microorganism distribution in the lot (σ and μ) and of the difference between log of unacceptable count limit and log of marginal count limit (log M - log m) were evaluated for 3-classes schemes. Performance of 2-classes scheme was dependent on sample size (n) and acceptance number (c). The more n increases for a given c and defective units proportion (p), the less was the lot approval probability (Pa) and the higher was the inspection discriminating power. For 3-classes scheme for a given n and c values, the higher was the risk of the samples lots with a certain quality level being rejected, and the less was the difference log M - log n value. The analyses on sampling scheme operating characteristic curve (OCC) and the scheme performance are crucial for defining the confidence level of the product lot inspection results.

Key words. statistical analysis, food inspection, quality control, food microbiology.

INTRODUÇÃO

Considera-se desempenho de um plano de amostragem o seu poder de discriminar entre lotes bons e ruins, estimado por meio dos princípios estatísticos da teoria da probabilidade, sendo importante para que se conheça o nível de confiança dos resultados da inspeção dos lotes de produtos. O desempenho desses planos pode ser determinado utilizando-se funções de distribuição de probabilidade como a hipergeométrica, binomial, de Poisson ou a trinomial, de acordo com o plano de amostragem e com os parâmetros avaliados. Por meio da curva característica de operação (CCO) do plano, na qual plota-se a probabilidade de aceitação (P_a) versus a fração defeituosa no lote (p), é possível estimar a porcentagem de vezes que um lote com uma determinada fração defeituosa será aceito em inspeções sucessivas pelo plano de amostragem considerado¹.

Planos de amostragem de 2-classes são recomendados pela “International Commission on Microbiological Specification for Foods” (ICMSF) para análises microbiológicas de produtos para o comércio internacional desde 1978². No Brasil, os planos de amostragem de 2-classes foram incorporados à RDC nº12, de 02/01/2001, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que regulamenta os padrões microbiológicos para inspeção de produtos prontos para consumo³. Para planos de 2-classes, a qualidade do produto no lote é definida como a porcentagem ou fração de unidades com contagem acima do limite de especificação inaceitável (M), distinguindo-se duas classes de produtos: produtos de boa qualidade, aqueles com contagens menores ou iguais a M e produtos não-conformes ou defeituosos, aqueles com contagens maiores do que M^2 . Quando se utiliza um plano de 3-classes, uma amostra aleatória de n unidades é testada para dois diferentes limites microbiológicos. Um lote será rejeitado se pelo menos uma unidade amostral exceder o limite de especificação inaceitável (M) ou se o número de unidades amostrais com resultado entre os limites de especificação marginal (m) e M exceder o número (c_m) de aceitação⁴.

Quando o resultado de uma análise microbiológica é expresso em termos quantitativos, é possível escolher entre planos de amostragem como os de 2-classes ou de 3-classes, sendo necessária uma comparação entre o poder discriminatório de cada plano. A decisão sobre o plano mais adequado depende dos objetivos da inspeção e de uma avaliação *a priori* de informações sobre o processo de produção. A partir dos resultados da análise quantitativa de

amostras retiradas de um lote, poderão ser obtidos dados relacionados à distribuição de probabilidade. Conhecidas as condições de processamento e, considerando que a distribuição de microrganismos nos lote de alimentos segue uma distribuição normal, pelo menos em escala logarítmica, pode-se comparar entre tais planos, por meio das curvas características de operação, que serão plotadas para lotes de qualidade conhecida descrita em função da média da carga de microrganismos por unidade no lote e por seu desvio padrão⁵.

A escolha entre planos de 2-classes ou de 3-classes baseia-se em se poder permitir a presença de uma unidade defeituosa em qualquer das unidades de amostra analisadas. Se a resposta for negativa, emprega-se um plano de 2-classes, com número de aceitação (c) igual a zero. Se a resposta for positiva, ou seja, se c pode ser maior que zero, pode-se aplicar tanto um plano de 2-classes quanto um de 3-classes, embora, este último seja o recomendado².

Os riscos associados à escolha de um plano de amostragem, quanto à aceitação de um lote de má qualidade ou rejeição de um lote de boa qualidade, estão associados ao tamanho da amostra e ao número de aceitação adotado. Esta probabilidade é condicional e depende da qualidade do produto no lote. Contudo, há sempre o risco de uma tomada de decisão errada, em que se rejeita um lote de boa qualidade ou risco do fornecedor (α), ou aceita-se um lote defeituoso ou risco do consumidor (β)^{2,6}.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar e discutir a importância da análise de desempenho dos planos de amostragem, por meio de uma função de distribuição de probabilidade adequada, e da análise da CCO, que relacionam parâmetros tais como tamanho da amostra, número de aceitação ou distribuição de microrganismos versus a fração de unidades defeituosas do lote, para determinar os valores de n e c que atendam à proteção que se pretende garantir durante uma inspeção, além de contribuir para um maior entendimento sobre a aplicação da inspeção por amostragem no controle de qualidade e garantia da segurança dos alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Análise do desempenho de planos de amostragem de 2-classes

Foram utilizados planos de amostragem de 2-classes para avaliação microbiológica de alimentos com risco moderado, direto e disseminação limitada, recomendados pela ICMSF² e planos adotados pela RDC

nº12, de 02/01/2001³. Para análise dos efeitos do tamanho do lote (N), do tamanho da amostra (n), do número de aceitação (c), baseou-se na metodologia descrita por Grant (1946) citada por Bartlett Júnior e Wegener⁷.

Efeito do tamanho do lote (N)

Para a análise do efeito de N, construíram-se as CCO's para o plano n=10 e c=1. Utilizou-se a distribuição hipergeométrica para determinação dos valores de Pa, com valores de N iguais a 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000. Os valores de Pa foram determinados utilizando a função DIST. HIPERG da planilha MICROSOFT EXCEL®.

Efeito do tamanho da amostra (n) e do número de aceitação (c)

Avaliou-se o efeito de n no desempenho de planos de amostragem de 2-classes, considerando-se duas situações:

- Determinaram-se valores para n como uma porcentagem fixa do tamanho do lote, adotando-se n como 10% de N para N = 100, 200, 500 e 1000 e c=1. Utilizou-se a distribuição hipergeométrica para a montagem das CCO's;
- Determinaram-se valores para n, independentemente do tamanho do lote.

Para esta análise, utilizaram-se valores fixos de c, variando-se os valores de n para os planos: n=5, 10 e 20, com c=0; n=5, 10 e 20, com c=1; n=5, 10 e 20, com c=2; n=5, 10 e 20, com c=3. Empregou-se a distribuição binomial para a montagem das CCO's como é recomendado pela ICMSF².

Para a análise do efeito do número de aceitação no desempenho dos planos de amostragem, combinaram-se valores fixos de n, independentemente do tamanho do lote, com diferentes valores de c para os planos: n=5 e c=0, 1, 2 e 3; n=10 e c=0, 1, 2 e 3; n=20 e c=0, 1, 2 e 3. Os valores de Pa foram determinados utilizando a função DIST.BINOM da planilha MICROSOFT EXCEL®.

Efeito da distribuição dos microrganismos no lote e do limite microbiológico

Admitiu-se que o logaritmo da contagem de microrganismos segue uma distribuição normal e determinou-se p, utilizando-se a função DIST.NORMP do programa MICROSOFT EXCEL®, que fornece diretamente $P(-\infty \leq Z \leq z)$, no caso, a fração não-defeituosa (q) em relação ao limite microbiológico (M), (Equação 1):

$$Z = \frac{\log M - \mu}{\sigma}$$

$$P(-\infty \leq Z \leq z) = q \quad (1)$$
$$p = 1 - q$$

Dado p, os valores de Pa foram estimados, utilizando-se a distribuição binomial. Adotou-se o modelo proposto por Hildebrant et al⁴, em que as CCOs foram determinadas, plotando-se Pa *versus* média da contagem de microrganismos (log UFC/g ou mL), de acordo com o desvio padrão.

Analisou-se o desempenho dos planos: n=5, c=0 e M=100; n=5, c=1 e M=100; n=5, c=2 e M=100; n=5, c=0 e M=30000. Utilizaram-se os valores de $\sigma = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6$ e 1,0. A escolha dos valores de desvio padrão dos microrganismos no lote foi baseada em dados obtidos a partir de uma revisão detalhada de trabalhos sobre a distribuição de microrganismos em alimentos.

Análise do desempenho de planos de amostragem de 3-classes

Adotaram-se planos de amostragem simples, em que apenas uma amostra de n unidades é tomada aleatoriamente no lote, como é recomendado pela ICMSF² para as análises microbiológicas de alimentos. Para os planos avaliados, a probabilidade de aceitação (Pa) foi determinada, empregando-se a distribuição de probabilidade trinomial. Utilizaram-se a planilha do MICROSOFT EXCEL® para determinação das Pa's e o programa SIGMA PLOT® (spw4) para plotar as superfícies características de operação (SCO). A partir de cortes nas SCO's obtidas, determinaram-se as curvas características de operação (CCO) para os planos analisados e avaliou-se o efeito da distribuição dos microrganismos no lote (μ e σ) e do limite microbiológico marginal (m).

Analisou-se o desempenho de planos de amostragem de 3-classes para lotes com diferentes desvios-padrão (σ) e em função da média (μ) de contagem de microrganismos (log UFC/g ou mL). Para estas análises, foi utilizado o plano de amostragem n = 5 e c = 2 e os seguintes limites microbiológicos adotados pela RDC nº12, da ANVISA de 02/01/2001, para vários tipos de análises microbiológicas em uma variedade de produtos²: m = 10² e M = 5 x 10²; m = 10² e M = 10³; m = 10⁴ e M = 10⁵; m = 3 x 10⁴ e M = 10⁵. Simultaneamente, analisou-se o efeito de diferentes valores de limites microbiológicos (m e M)

para um mesmo plano de amostragem n e c , de acordo com Hildebrandt et al⁴.

Assumiu-se a distribuição normal para os microrganismos no lote em escala logarítmica e empregou-se a distribuição normal padronizada para determinar a fração do lote com qualidade satisfatória (p_0), a fração do lote com qualidade marginal (p_m) e a fração do lote com qualidade inaceitável (p_d), utilizando-se a função DIST.NORMP da planilha MICROSOFT EXCEL®, sendo (Equação 2):

$$z_1 = \frac{\log m - \mu}{\sigma} \Rightarrow p_0$$

$$z_2 = \frac{\log M - \mu}{\sigma} \Rightarrow p_0 + p_m \quad (2)$$

$$p_d = 1 - (p_0 + p_m)$$

$$p_m = 1 - p_0 - p_d$$

Determinou-se a P_a , para os seguintes tipos de CCO's: P_a vs μ (log UFC/g ou mL); P_a vs p_m ; e P_a vs p_d .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do tamanho do lote (N) sobre o desempenho do plano de amostragem de 2-classes

O desempenho do plano de amostragem de 2-classes $n=10$ e $c=1$, em função do tamanho do lote, é analisado por meio das CCO's, mostradas na Figura 1A. Na Figura 1B, é mostrado o desempenho de planos de amostragem, cujos valores de n foram fixados como 10% do tamanho do lote e $c=1$.

As CCOs para lotes com 200 a 5000 unidades não determinam diferenças na P_a , obtendo-se o mesmo nível de inspeção em relação à fração defeituosa (p), independentemente do tamanho do lote para uma amostra de 10 unidades e número de aceitação igual a 1. Como as curvas se encontram muito próximas umas das outras, do ponto de vista estatístico, o tamanho do lote N , não é necessário para se dimensionar o tamanho da amostra. Assim, pode-se dizer que uma amostra de 10 unidades de um lote contendo 5000 unidades oferece praticamente a mesma proteção de uma amostra de 10 unidades proveniente de um lote de 200 unidades quanto à aceitação de um lote com uma dada fração defeituosa e

quanto à qualidade do produto dos lotes aceitos nos dois casos. Pequenas diferenças são observadas nas regiões de inflexão das CCOs para lotes com 50 e 100 unidades (Figura 1A). De acordo com a RDC nº12, de 02/01/2001, para casos em que se tem lotes menores que 100 unidades, não se aplica uma amostragem estatística, sendo adequada apenas uma amostragem indicativa³.

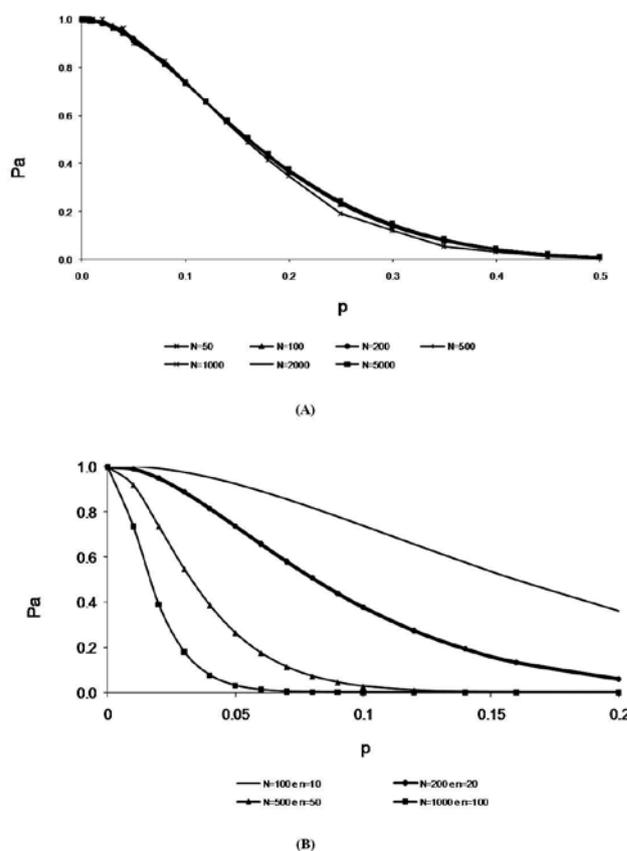


Figura 1. (A) CCOs para o plano de amostragem $n=10$ e $c=1$ e diferentes tamanhos de lote; (B) CCO's para o plano de amostragem de 2-classes com $n=10\%$ de N e $c=1$

Estes resultados demonstram que o desempenho de um plano de 2-classes, com determinado n e c , é praticamente independente do tamanho do lote inspecionado, exceto para lotes de tamanho muito reduzido, como observado para $N=100$ e $N=50$. Dessa forma, a determinação do tamanho da amostra baseado na porcentagem do tamanho do lote é um procedimento inadequado.

Alguns autores recomendam o uso de fórmulas para a determinação do tamanho da amostra ou a tomada de uma determinada porcentagem do tamanho do lote. Embora estes conceitos já sejam ultrapassados, ainda

é observado o uso de porcentagens fixas do lote, como tamanho da amostra para inspeção.

Pela análise da figura 1B, verifica-se que ao se utilizar uma porcentagem do tamanho do lote para definir o tamanho da amostra, os lotes com tamanhos diferentes e mesma fração defeituosa (p) apresentaram níveis ou rigor de inspeção também diferentes. Por exemplo, lotes com 5% de unidades defeituosas ($p=0,05$) seriam aceitos 92% das vezes se $N=100$, 74% das vezes, se $N=200$, 26% das vezes, se $N=500$ e 3% das vezes, se $N=1000$ (Figura 1B). Portanto, quanto maior o tamanho do lote, maior o tamanho da amostra e mais rigorosa seria a inspeção. Além de ser um plano de amostragem com um desempenho diferente para cada tamanho de lote, ele seria inexecutável para lotes de tamanhos maiores, pois exigiria a análise de amostras muito grandes. Isso confirma o que foi descrito anteriormente, quando se considerou incorreto utilizar uma fração ou porcentagem do lote para definir o tamanho da amostra.

Efeito do tamanho da amostra (n) e do número de aceitação (c) sobre o desempenho do plano de amostragem de 2-classes

Na Figura 2, para cada gráfico tem-se as CCO's, com a P_a em função da fração defeituosa (p), para um dado número de aceitação e tamanhos de amostras $n=5, 10$ e 20 .

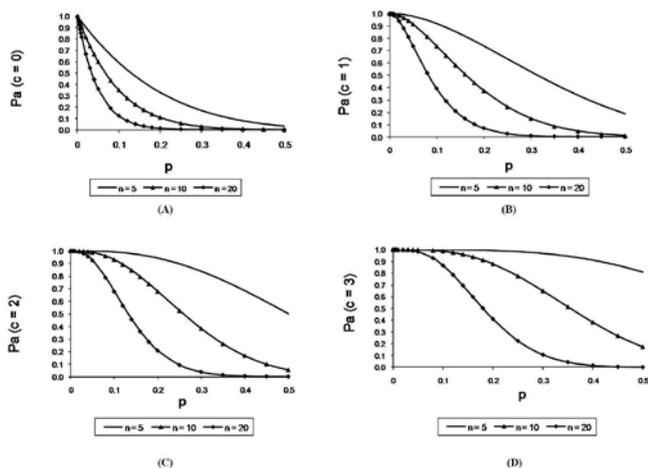


Figura 2. Efeito do tamanho da amostra (n) sobre a probabilidade de aceitação (P_a) em função da fração defeituosa (p) no lote para: (a) $c = 0$; (b) $c = 1$; (c) $c = 2$; (d) $c = 3$ para planos de amostragem de 2-classes

Os planos de amostragem com número de aceitação $c = 0$ garantem maior proteção para o consumidor, ou seja, lotes de má qualidade têm menor probabilidade de ser aceitos numa inspeção. Na Figura 2A, verifica-se que para

lotes com 20% de unidades defeituosas seriam aceitos 33, 11 e 1% das vezes se $n = 5, 10$ ou 20 . Por outro lado, trariam implicações de alto risco para o fornecedor. Verifica-se, ainda, que lotes com 1% de unidades defeituosas seriam aceitos 95, 90 e 82% das vezes se $n = 5, 10$ ou 20 , enquanto para lotes com 2% de unidades defeituosas, o nível de inspeção muda sensivelmente, resultando na sua aceitação 90, 82 e 67% das vezes se $n = 5, 10$ ou 20 . Já para os lotes com 5% de unidades defeituosa, $P_a = 77\%$ para $n = 5$; $P_a = 60\%$ para $n = 10$ e $P_a = 36\%$ para $n = 20$ (Figura 2A).

A utilização de um plano de amostragem com c diferente de zero garante ao fornecedor que lotes com baixa fração defeituosa sejam aceitos na maioria das vezes que forem inspecionados como pode ser observado nos gráficos da Figura 2, sendo que para valores de p próximos de zero, a P_a permanece praticamente constante.

Na Figura 3, em cada gráfico, as CCO's foram determinadas para $c = 0, 1, 2$ e 3 , mantendo-se constante o valor de n .

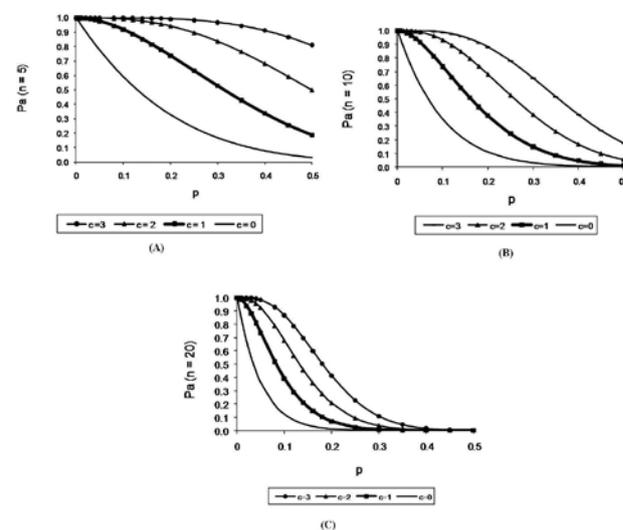


Figura 3. Efeito do número de aceitação (c) sobre a probabilidade de aceitação (P_a) em função da fração defeituosa (p) no lote para: (a) $n = 5$; (b) $n = 10$; (c) $n = 20$ para planos de amostragem de 2-classes

Quanto ao efeito destes fatores, observa-se que quanto maior o valor de n , mais rigoroso é o plano de amostragem, portanto, melhor é o seu desempenho para discriminar entre lotes bons e ruins, considerando-se o valor de c adotado. Consequentemente, menor é a P_a do lote a um dado p . Por outro lado, quanto maior o valor de c , para um dado n , mais flexível é o plano de amostragem e maior será a P_a do lote, a um dado valor de p . Para lotes com 1% de unidades defeituosas, ao considerar $n = 5$,

tem-se $P_a = 0,95$ para $c = 0$; $P_a = 1$ para $c = 1, 2$ e 3 (Figura 3A); $n = 10$, $P_a = 0,90$ para $c = 0$; $P_a = 0,99$ para $c = 1$ e $P_a = 1$ para $c = 2$ e 3 (Figura 3B); $n = 20$, $P_a = 0,82$ para $c = 0$; $P_a = 0,98$ para $c = 1$ e $P_a = 0,99$ para $c = 2$ e $P_a = 1$ para $c = 3$ (Figura 3C).

Para lotes com maior número de unidades defeituosas, à medida que se aumenta o valor de n menor é o valor da P_a e, portanto, mais rigoroso é o plano. Para lotes com 50% de unidades defeituosas, ao considerar $n = 5$, tem-se $P_a = 0,03$ para $c = 0$; $P_a = 0,19$ para $c = 1$, $P_a = 0,50$ para $c = 2$ e $P_a = 0,81$ para $c = 3$ (Figura 3A); $n = 10$, $P_a = 0,0009$ para $c = 0$; $P_a = 0,0107$ para $c = 1$ e $P_a = 0,055$ para $c = 2$ e $P_a = 0,17$ para $c = 3$ (Figura 3B); $n = 20$, $P_a = 0$ para $c = 0$ e 1 ; $P_a = 0,0002$ para $c = 2$ e $P_a = 0,0012$ para $c = 3$ (Figura 3C).

Ao se comparar o desempenho dos planos de amostragem em função do número de aceitação, de acordo com os dados da Figura 3, observa-se que para valores de $c = 0$, lotes com 20% de unidades defeituosas ($p = 0,20$) seriam aceitos 33% ($P_a = 0,33$) das vezes para $n = 5$ (Figura 3A). Para $c = 1$, o valor de $P_a = 0,74$ e para $c = 2$, $P_a = 0,94$ (Figura 3A). Pode-se afirmar que os planos de amostragem com número de aceitação $c=0$ garantem maior proteção para o consumidor e, portanto, lotes de má qualidade têm menor probabilidade de serem aceitos numa inspeção. Por outro lado, trariam implicações de alto risco para o fornecedor, já que, nesse caso, a probabilidade de se rejeitar lotes bons, dada por $1 - P_a$, é maior em relação aos demais valores de c analisados, mantendo-se constante o valor de n . Observa-se comportamento semelhante para $n = 10$, em que, se $p = 0,20$ para $c = 0$, $P_a = 0,11$; $c = 1$, $P_a = 0,38$; $c = 2$, $P_a = 0,68$ e $c = 3$, $P_a = 0,88$ (Figura 3B); e para $n = 20$ em que para $c = 0$, $P_a = 0,01$; $c = 1$, $P_a = 0,07$; $c = 2$, $P_a = 0,21$ e $c = 3$, $P_a = 0,41$, (Figura 3C).

Na NBR-5426, norma que descreve sobre plano de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos, existem as chamadas normas de comutação, que determinam regras para mudanças nos níveis de inspeção para um fornecedor, de acordo com a melhoria ou a degradação da qualidade da sua produção. São determinados três níveis de inspeção: severa, normal e atenuada. Esses procedimentos buscam garantir a proteção do consumidor e reduzir os custos de inspeção, permitindo a utilização de um menor tamanho de amostra para processos que estão sob controle⁸.

O comportamento das CCO's em relação aos valores de n e c mostra a flexibilidade e a versatilidade na escolha do plano de amostragem para o nível de inspeção desejado, isso quando é possível admitir alguma unidade defeituosa na amostra.

Efeito da média (μ), desvio padrão (σ) e limites microbiológicos (m e M) para planos de amostragem de 3-classes

O desempenho de planos de 3-classes em função da média (μ) e do desvio-padrão (σ) em unidades logarítmicas (log UFC/g ou mL), para $n = 5$ e $c = 2$ com diferentes valores de m e M , é mostrado na Figura 4.

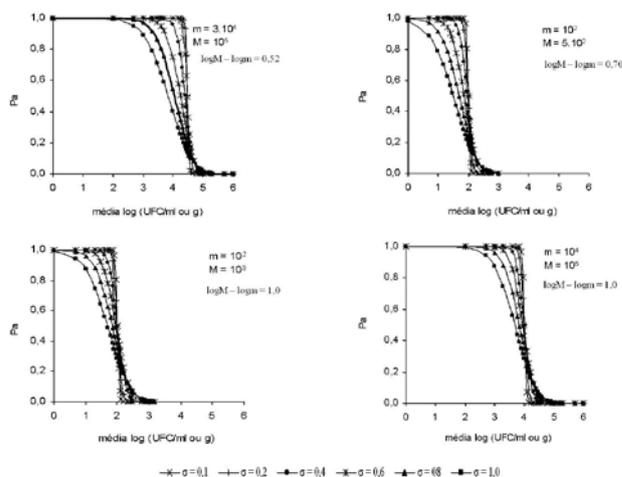


Figura 4. Cortes da SCO do plano de amostragem de 3-classes $n = 5$ e $c = 2$, com diferentes valores de m e M , para a qualidade do lote, expressa pelo nível médio de contaminação

Na Figura 4, observa-se que para um mesmo plano de amostragem (n e c), quanto menor a diferença entre $\log M$ e $\log m$, menor será a inclinação da CCO, ou seja, menor será o valor da P_a para uma dada μ e um dado σ . Isso significa que o risco do fornecedor de ter lotes rejeitados a um determinado nível de qualidade é maior quanto menor a diferença: $\log M - \log m$.

O desempenho dos planos de amostragem por atributos é praticamente independente da distribuição dos microrganismos no lote¹. Contudo, a análise mostrada na Figura 4 demonstra que o desvio padrão (σ), em escala logarítmica, dos microrganismos nos lotes exerce efeito sobre a P_a para o plano de 3-classes analisado ($n = 5$ e $c = 2$), quando a amostra é testada para diferentes valores de m e M .

Isso ocorre porque no caso de planos de 3-classes, para cada μ e σ do lote, para um dado m e M , tem-se uma diferente combinação dos valores de p_m e p_d , que, obviamente, determinam diferente valor de P_a . Ao contrário de planos de 2-classes, em que um mesmo p é determinado por diferentes valores dos parâmetros de μ e σ .

Nos planos de 3-classes com $n = 5$, $c = 2$, $m = 100$ e $M = 1000$ para $\mu = m$ ($\log 100 = 2$) a $P_a = 0,5$ se $\sigma = 0,1$ ou $0,2$; $P_a = 0,49$ se $\sigma = 0,4$; $P_a = 0,43$ se $\sigma = 0,6$; $P_a = 0,35$ se $\sigma = 0,8$ e a

$P_a = 0,28$ se $\sigma = 1,0$. Portanto, o σ do nível de microrganismos no lote afeta o desempenho de planos de 3-classes.

Como se observa em todos os gráficos da Figura 5, quanto menor a distância entre o logaritmo de M e o logaritmo de m ($\log M - \log m$) ou quanto menor a razão entre m e M (m/M), maior será o efeito de um dado σ no desempenho destes planos. O efeito do σ e da μ no desempenho do plano de 3-classes depende, sobretudo, dos limites marginais (m) e inaceitável (M).

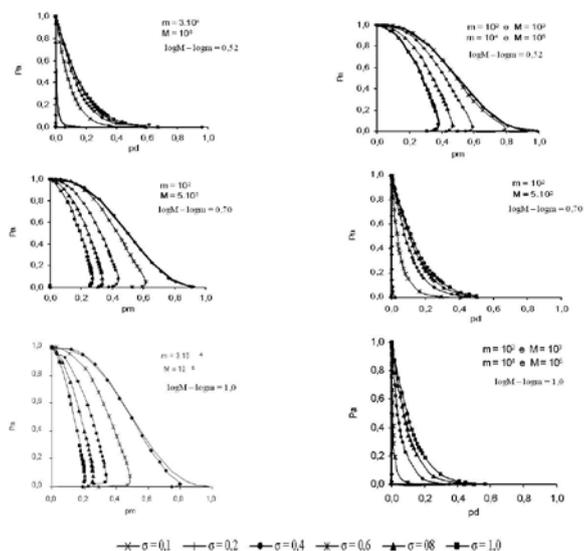


Figura 5. Cortes da SCO do plano de amostragem de 3-classes $n = 5$ e $c = 2$, com diferentes valores de m e M , para a qualidade do lote expressa em p_m e p_d

Os resultados mostram que os limites microbiológicos m e M devem ser estabelecidos, levando-se em conta os desvios-padrão considerados satisfatórios para os produtos. Este desvio-padrão depende estritamente do processo de elaboração do produto, portanto, das Boas Práticas de Fabricação e dos controles realizados. É possível obter valores do desvio padrão de microrganismos no lote que garantiram ao consumidor que nenhum lote com fração defeituosa (p_d) seja aceito para cada especificação de m e M em um plano de 3-classes.

CONCLUSÃO

A garantia de qualidade microbiológica não deve ser tratada como uma obrigação ou exigência de normas reguladoras e comerciais, mas como um compromisso da indústria com a saúde pública e uma estratégia gerencial para melhoria contínua da qualidade.

Apesar da simplicidade da utilização dos planos de amostragem para avaliação da qualidade microbiológica de

alimentos, a análise dos fatores que afetam o desempenho destes planos mostra que a determinação do plano de amostragem não é um procedimento tão simples. A falta de informação relativa à população microbiana normalmente presente em alimentos e dados epidemiológicos das enfermidades de origem alimentar constituem os obstáculos preliminares. Ainda, a eficiência da utilização de limites microbiológicos depende da exatidão dos métodos analíticos utilizados. Portanto, a determinação do plano de amostragem depende de conhecimentos de microbiologia de alimentos e da análise de desempenho do plano de amostragem.

Para se ter a garantia de qualidade dos lotes inspecionados, a amostragem de aceitação deve estar associada a um sistema de garantia de qualidade, que vise ao controle efetivo da matéria-prima e dos pontos críticos do processo por meio de procedimentos preventivos e corretivos como o sistema de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle.

REFERÊNCIAS

1. Paiva G. Desempenho de Planos de Amostragem de 2-Classes e de 3-Classes em Avaliação da Qualidade Microbiológica de Alimentos [dissertação de mestrado]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2001.
2. International Commission on Microbiological Specification for Foods - ICMSE. Microorganisms in food 2 - sampling for microbiological analyses: principles and specific application (Microorganismos de los alimentos: principios y aplicaciones específicas). 2ª. ed. Zaragoza (Espanha): Acribia; 1982.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 10 de jan. 2001, Seção 1, nº7-E, p. 45-33.
4. Hildebrandt G, Böhmer L, Dahms S. Three-class attributes plans in microbiological quality control: a contribution to the discussion. *J Food Prot*. 1995; 58 (7): 784-90.
5. Dahms S. Microbiological sampling plans – Statistical aspects. *Mitt Lebensm Hyg*. 2004; 9(1): 32-44.
6. Leitão MFF, Shirose I. A amostragem na avaliação da qualidade microbiológica de alimentos. *Bol Inst Tecnol Alimentos*. 1978; 55:119-52.
7. Bartlett Junior RP, Wegener JB. Sampling plans developed by the united states department of agriculture for inspection of processed fruits and vegetables. *Food Technol*. 1957; 11(10):526-32.
8. Associação Brasileira de Normas Técnicas/Aplicações de métodos estatísticos – ABNT/CEE-83 (São Paulo – Brasil). Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. 1989.