

NIMF N°31



**NORMAS INTERNACIONAIS PARA
MEDIDAS FITOSSANITÁRIAS**

NIMF N°31

***METODOLOGIAS PARA AMOSTRAGEM
DE ENVIOS***

(2008)

Produzido pela Secretaria da Convenção Internacional para a Proteção dos Vegetais

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations
by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply of Brazil



Este trabalho foi originalmente publicado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação em inglês como *International Standards for Phytosanitary Measures*. Esta tradução para português foi produzida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil

As designações empregadas e a apresentação do material nesta publicação não implicam na expressão de qualquer opinião de qualquer tipo da parte da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação relativa ao status legal de qualquer país, território, cidade ou área ou suas autoridades, ou relativa a delimitação de suas fronteiras ou limites. A menção de empresas ou produtos manufaturados específicos, se patenteados ou não, não implica que foram aprovados ou recomendados pela FAO em detrimento a outros de natureza similar não mencionados.

© MAPA, 2010 (Tradução em português)

© FAO, 1995-2009 (Edição em inglês)

CONTEÚDO

APROVAÇÃO	5
INTRODUÇÃO	5
ESCOPO	5
REFERÊNCIAS	5
DEFINIÇÕES	5
RESUMO	5
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS DA AMOSTRAGEM DE ENVIOS	6
REQUISITOS	6
1. Identificação do Lote	6
2. Unidade de Amostra	7
3. Amostragem Estatística e Não Estatística	7
3.1 Amostragem baseada em Estatística	7
3.1.1 Parâmetros e conceitos relacionados	7
3.1.1.1 Número de aceitação	7
3.1.1.2 Nível de detecção	8
3.1.1.3 Nível de confiança	8
3.1.1.4 Eficácia da detecção	8
3.1.1.5 Tamanho da amostra	8
3.1.1.6 Nível de tolerância	8
3.1.2 Ligações entre os parâmetros e nível de tolerância	8
3.1.3 Métodos de amostragem baseados em estatística	9
3.1.3.1 Amostragem aleatória simples	9
3.1.3.2 Amostragem sistemática	9
3.1.3.3 Amostragem estratificada	9
3.1.3.4 Amostragem sequencial	9
3.1.3.5 Amostragem por conglomerado	9
3.1.3.6 Amostragem de proporção fixa	10
3.2 Amostragem não baseada em estatística	10
3.2.1 Amostragem por conveniência	10
3.2.2 Amostragem acidental	10
3.2.3 Amostragem seletiva ou direcionada	10
4. Selecionando um Método de Amostragem	10
5. Determinação do Tamanho da Amostra	11
5.1 Distribuição desconhecida de pragas no lote	11
5.2 Distribuição agregada de pragas no lote	11
6. Nível de Detecção Variado	11
7. Resultado da Amostragem	11
APÊNDICE 1	
Fórmulas usadas nos apêndices 2-5	12
APÊNDICE 2	
Calculando tamanhos de amostras para lotes pequenos: amostragem com base em métodos hipergeométricos (amostragem aleatória simples)	13
APÊNDICE 3	
Amostragem de lotes grandes: amostragem com base na distribuição binomial ou de Poisson	15

APÊNDICE 4

Amostragem para pragas com uma distribuição agregada: amostragem com base na distribuição beta-binomial..... 18

APÊNDICE 5

Comparação de resultados de amostragem hipergeométrica e de proporção fixa..... 19

APROVAÇÃO

Essa norma foi aprovada pela Comissão para Medidas Fitossanitárias em abril de 2008.

INTRODUÇÃO

ESCOPO

Esta norma fornece orientações para as Organizações Nacionais de Proteção Fitossanitária (ONPFs) na seleção de metodologias de amostragem apropriadas para a inspeção ou análise de envios para verificar conformidade com requisitos fitossanitários.

Esta norma não fornece orientações para amostragem de campo (por exemplo, como requisitado para levantamentos).

REFERÊNCIAS

Cochran, W.G. 1977. *Sampling techniques*. 3rd edn. New York, John Wiley & Sons. 428 pp.

Glossary of phytosanitary terms, 2008. NIMF N° 5, FAO, Roma.

Guidelines for inspection, 2005. NIMF N° 23, FAO, Roma.

Guidelines for phytosanitary import regulatory systems, 2004, NIMF N° 20, FAO Roma.

Pest risk analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks and living modified organisms, NIMF N° 11, 2004, FAO, Roma.

Pest risk analysis for regulated non-quarantine pests, 2004. NIMF N° 21, FAO, Roma.

Phytosanitary principles for the protection of plants and the application of phytosanitary measures in international trade, 2006. NIMF N° 1, FAO, Roma.

DEFINIÇÕES

Definições dos termos fitossanitários usados na presente norma podem ser encontradas na NIMF N° 5 (*Glossário de termos fitossanitários*).

RESUMO

As metodologias de amostragem usadas pelas ONPFs na seleção de amostras para a inspeção de envios de produtos básicos em trânsito no comércio internacional são baseadas em um número de conceitos de amostragem. Esses incluem parâmetros tais como nível de aceitação, nível de detecção, nível de confiança, eficácia da detecção e tamanho da amostra.

A aplicação de métodos baseados em estatística, tais como amostragem aleatória simples, amostragem sistemática, amostragem estratificada, amostragem seqüencial ou amostragem por conglomerado, fornece resultados com um nível de confiança estatístico. Outros métodos de amostragem que não são baseados em estatística, tais como amostragem por conveniência, amostragem acidental ou amostragem seletiva, podem fornecer resultados válidos na determinação da presença ou ausência de praga(s) regulamentada(s), mas nenhuma inferência estatística pode ser feita baseada neles. Limitações operacionais terão um efeito na praticidade da amostragem sob um ou outro método.

Usando metodologias de amostragem, as ONPFs aceitam certo grau de risco em que lotes não-conformes possam não ser detectados. Inspeção usando métodos baseados em estatística pode fornecer resultados com certo nível de confiança apenas e não podem provar a ausência de uma praga em um envio.

ANTECEDENTES

Esta norma fornece base estatística e complementa as NIMFs N° 20 (*Diretrizes para um sistema de regulamentação fitossanitária de importação*) e N° 23 (*Diretrizes para inspeção*). Inspeção de envios de artigos regulamentados em trânsito no comércio é uma ferramenta essencial para o manejo de risco de pragas e é o procedimento fitossanitário mais frequentemente usado no mundo para determinar se pragas estão presentes e/ou a conformidade com requisitos de importação fitossanitária.

Geralmente não é viável inspecionar envios inteiros, então a inspeção fitossanitária é realizada principalmente em amostras obtidas de um envio. Percebe-se que os conceitos de amostragem apresentados nesta norma também podem se aplicar a outros procedimentos fitossanitários, notadamente seleções de unidades para análise.

A amostragem de plantas, produtos vegetais e outros artigos regulamentados podem ocorrer antes da exportação, no ponto de importação, ou em outros pontos determinados pelas ONPFs.

É importante que procedimentos de amostragem estabelecidos e usados pelas ONPFs sejam documentados e transparentes, e que levem em consideração o princípio do impacto mínimo (NIMF N° 1: *Princípios fitossanitários para a proteção dos vegetais e a aplicação de medidas fitossanitárias no comércio internacional*), particularmente porque a inspeção baseada em amostragem pode levar à recusa em se emitir um certificado fitossanitário, rechaço de entrada, ou tratamento ou destruição de um envio ou parte de um envio.

Metodologias de amostragem usadas pelas ONPFs dependerão dos objetivos da amostragem (por exemplo, amostragem para análise) e pode ser unicamente baseada em estatística ou desenvolvida observando-se restrições operacionais específicas. Metodologias desenvolvidas para alcançar os objetivos de amostragem, dentro das restrições operacionais, podem não atingir os mesmos níveis de confiança estatística nos resultados como em métodos totalmente baseados em estatística, mas tais métodos podem ainda fornecer resultados válidos dependendo do objetivo de amostragem desejado. Se o único propósito da amostragem for aumentar a chance de se encontrar uma praga, amostragem seletiva ou direcionada também é válida.

OBJETIVOS DA AMOSTRAGEM DE ENVIOS

A amostragem de envios é feita para inspeção e/ou análise a fim de:

- detectar pragas regulamentadas
- fornecer garantia de que o número de pragas regulamentadas ou unidades infestadas em um envio não exceda o nível de tolerância especificado para a praga
- fornecer garantia da condição fitossanitária geral de um envio
- detectar organismos para os quais um risco fitossanitário ainda não foi determinado
- otimizar a probabilidade de se detectar pragas regulamentadas específicas
- maximizar o uso dos recursos de amostragem disponíveis
- reunir outras informações, como, por exemplo, para o monitoramento de uma via de ingresso
- verificar conformidade com os requisitos fitossanitários
- determinar a proporção infestada do envio.

Dever-se-ia observar que a inspeção e/ou análise baseada em amostragem sempre envolve um grau de erro. A aceitação de alguma probabilidade de que as pragas estejam presentes é inerente ao uso de procedimentos de amostragem para inspeção e/ou análise. A inspeção e/ou análise usando métodos de amostragem baseados em estatística pode fornecer um nível de confiança de que a incidência de uma praga está abaixo de certo nível, mas não prova que uma praga esteja verdadeiramente ausente de um envio.

REQUISITOS

1. Identificação do Lote

Um envio pode consistir de um ou mais lotes. Onde um envio compreende mais de um lote, a inspeção para determinar conformidade pode consistir de vários exames visuais separados, e com isso os lotes terão que ser amostrados separadamente. Em tais casos, as amostras referentes a cada lote deveriam ser separadas e identificadas para que o lote apropriado possa ser claramente identificado caso a inspeção ou análise subsequente revele não conformidade com os requisitos fitossanitários. As diretrizes constantes na NIMF N° 23 (*Diretrizes para inspeção*, seção 1.5) deveriam determinar se um lote será ou não inspecionado.

Um lote a ser amostrado deveria ser constituído de um número de unidades de um único produto básico identificável por sua homogeneidade, considerando os seguintes fatores:

- origem
- produtor
- casa de embalagem
- espécies, variedade, ou grau de maturidade

- exportador
- área de produção
- pragas regulamentadas e suas características
- tratamento na origem
- tipo de processamento.

Os critérios usados pela ONPF para distinguir lotes deveriam ser aplicados de forma coerente para envios similares.

Considerar múltiplos produtos básicos como um único lote, por conveniência, pode significar que interferências estatísticas não podem ser retiradas dos resultados da amostragem.

2. Unidade de Amostra

Amostragem primeiramente envolve a identificação da unidade apropriada para amostragem (por exemplo, uma fruta, tronco, cacho, unidade de peso, saco ou caixa). A determinação da unidade de amostra é afetada por questões relacionadas à homogeneidade na distribuição das pragas no produto básico, se as pragas são sedentárias ou móveis, como o envio é embalado, o uso proposto, e considerações operacionais. Por exemplo, se determinadas unicamente pela biologia de pragas, a unidade de amostra apropriada poderia ser um vegetal individual ou produto vegetal no caso de uma praga de baixa mobilidade, sendo que no caso de pragas móveis, uma caixa ou outro recipiente do produto básico pode ser a unidade de amostra preferida. No entanto, quando a inspeção for para detectar mais de um tipo de praga, outras considerações podem ser aplicadas (por exemplo, praticidade de se usar unidades de amostra diferentes). Unidades de amostra deveriam ser consistentemente definidas e independentes uma da outra. Isso permitirá que as ONPFs, a partir da amostra, simplifiquem o processo de realizar inferências para o lote ou envio de onde a amostra foi coletada.

3. Amostragem Estatística e Não Estatística

O método de amostragem é o processo aprovado pela ONPF para selecionar unidades para inspeção e/ou análise. Amostragem para inspeção fitossanitária de envios ou lotes é realizada pegando-se unidades do envio ou lote sem reposição das unidades coletadas¹. As ONPFs podem escolher tanto uma metodologia de amostragem baseada em estatística quanto uma metodologia não-estatística.

Amostragem baseada em métodos estatísticos ou direcionados é desenvolvida para facilitar a detecção de praga(s) regulamentada(s) em um envio e/ou lote.

3.1 Amostragem baseada em estatística

Métodos de amostragem baseados em estatística envolvem a determinação de um número de parâmetros inter-relacionados e a seleção do método mais apropriado de amostragem baseado em estatística.

3.1.1 Parâmetros e conceitos relacionados

Amostragem baseada em estatística é desenvolvida para detectar certo porcentual ou proporção de infestação com um nível de confiança específico, e sendo assim requer que a ONPF determine os seguintes parâmetros inter-relacionados: número de aceitação, nível de detecção, nível de confiança, eficácia da detecção e tamanho da amostra. A ONPF também pode estabelecer um nível de tolerância para certas pragas (por exemplo, pragas não quarentenárias regulamentadas).

3.1.1.1 Número de aceitação

O número de aceitação é o número de unidades infestadas ou o número de pragas individuais que são admissíveis em uma amostra de um tamanho dado antes que seja tomada ação fitossanitária. Muitas ONPFs determinam que esse número seja zero para pragas quarentenárias. Por exemplo, se o número de aceitação for zero, e uma unidade infestada for detectada na amostra, então será adotada uma ação fitossanitária. É importante considerar que um número de aceitação zero em uma amostra não implica em um nível de tolerância zero no envio inteiro. Mesmo se nenhuma praga for detectada na amostra ainda permanece a probabilidade de que a praga possa estar presente no restante do envio, embora em um nível muito baixo.

O número de aceitação está ligado à amostra. O número de aceitação é o número de unidades infestadas ou o número de pragas individuais que são admissíveis na amostra, considerando que o nível de tolerância (ver seção 3.1.1.6) se refere ao status de todo o envio.

¹Amostragem sem reposição é coletar uma unidade de um envio ou lote sem repor a unidade antes que as próximas unidades sejam coletadas. Amostragem sem reposição não significa que um item coletado não possa ser devolvido a um envio (exceto para amostragem destrutiva); apenas significa que o inspetor não deveria devolvê-lo antes de coletar o restante da amostra.

3.1.1.2 Nível de detecção

O nível de detecção é o percentual mínimo ou proporção de infestação que a metodologia de amostragem detectará, com eficácia de detecção e no nível de confiança especificados, e que a ONPF pretende detectar em um envio.

O nível de detecção pode ser estabelecido para uma praga, um grupo ou categoria de pragas, ou para pragas não especificadas. O nível de detecção pode ser derivado de:

- uma decisão baseada em análise de risco de pragas para detectar um nível estabelecido de infestação (a infestação determinada para apresentar um risco inaceitável)
- uma avaliação da efetividade das medidas fitossanitárias aplicadas antes da inspeção
- uma decisão baseada em fatores operacionais em que a intensidade de inspeção acima de certo nível não seja prática.

3.1.1.3 Nível de confiança

O nível de confiança indica a probabilidade de que um envio com um grau de infestação excedendo o nível de detecção seja detectado. Um nível de confiança de 95% é comumente usado. A ONPF pode requerer diferentes níveis de confiança, dependendo do uso proposto do produto básico. Por exemplo, um nível de confiança mais alto para detecção pode ser requerido para produtos básicos para plantio, com relação a produtos básicos para consumo, e o nível de confiança também pode variar de acordo com a intensidade das medidas fitossanitárias aplicadas e evidência histórica de não conformidade. Valores muito altos de nível de confiança rapidamente se tornam difíceis de serem alcançados, e valores mais baixos se tornam menos significativos para tomadas de decisões. Um nível de confiança de 95% significa que as conclusões obtidas a partir dos resultados de amostragem detectarão um envio não conforme, em média, 95 vezes em 100, e com isso, pode-se assumir que, em média, 5% dos envios não conformes não serão detectados.

3.1.1.4 Eficácia da detecção

A eficácia da detecção é a probabilidade com que uma inspeção ou análise de unidade(s) infestada(s) detectará uma praga. Em geral a eficácia não deveria ser assumida como de 100%. Por exemplo, pragas podem ser difíceis de detectar visualmente, plantas podem não expressar sintomas de doença (infecção latente), ou a eficácia pode ser reduzida como resultado de erro humano. É possível incluir valores de eficácia mais baixos (por exemplo, uma chance de 80% de se detectar a praga quando uma unidade infestada for inspecionada) na determinação de tamanho da amostra.

3.1.1.5 Tamanho da amostra

O tamanho da amostra é o número de unidades coletadas a partir do lote ou envio que será inspecionado ou analisado. Orientações para a determinação do tamanho da amostra são fornecidas na Seção 5.

3.1.1.6 Nível de tolerância

Nível de tolerância refere-se ao percentual de infestação no envio ou lote inteiro, que é o limiar para ação fitossanitária.

Níveis de tolerância podem ser estabelecidos para pragas não quarentenárias regulamentadas (como descrito na NIMF N° 21: *Análise de risco de pragas para pragas não quarentenárias regulamentadas*, seção 4.4) e também podem ser estabelecidos para condições relacionadas a outros requisitos fitossanitários de importação (por exemplo, casca na madeira ou solo nas raízes de plantas).

A maioria das ONPFs tem um nível de tolerância zero para todas as pragas quarentenárias, levando em conta probabilidades de presença de praga nas unidades não amostradas como descrito na seção 3.1.1.1. No entanto, uma ONPF pode determinar o estabelecimento de um nível de tolerância para uma praga quarentenária baseado na análise de risco de pragas (como descrito na NIMF N° 11: *Análise de risco de pragas para pragas quarentenárias incluindo análise de riscos ambientais e organismos vivos modificados*, seção 3.4.1) e então determinar taxas de amostragem. Por exemplo, ONPFs podem determinar um nível de tolerância que seja maior do que zero porque pequenos números da praga quarentenária podem ser aceitáveis se o potencial de estabelecimento da praga for considerado baixo ou se o uso proposto do produto (por exemplo, frutas e hortaliças frescas importadas para processamento) limita o potencial de entrada da praga em áreas em perigo.

3.1.2 Ligações entre os parâmetros e nível de tolerância

Os cinco parâmetros (número de aceitação, nível de detecção, nível de confiança, eficácia da detecção e tamanho da amostra) estão estatisticamente relacionados. Levando em conta o nível de tolerância estabelecido, a ONPF deveria determinar a eficácia do método de detecção usado e decidir sobre o número de aceitação na amostra; quaisquer dois dos três parâmetros restantes também podem ser escolhidos, e o restante será determinado a partir dos valores escolhidos para o resto.

Se um nível de tolerância maior do que zero foi estabelecido, o nível de detecção escolhido deveria ser igual (ou menor, se o número de aceitação for maior do que zero) ao nível de tolerância para assegurar que os envios com nível de infestação maior do que o nível de tolerância será detectado com o nível de confiança especificado.

Se nenhuma praga for detectada na unidade de amostra, então nada se pode declarar sobre o percentual de infestação no envio, além do fato de que esse se situa abaixo do nível de detecção ao nível de confiança estabelecido. Se a praga não for detectada com o tamanho de amostra apropriado, o nível de confiança implica em uma probabilidade de que o nível de tolerância não seja excedido.

3.1.3 Métodos de amostragem baseados em estatística

3.1.3.1 Amostragem aleatória simples

Amostragem aleatória simples resulta em igual probabilidade de todas as unidades de amostra serem coletadas do lote ou envio. Amostragem aleatória simples envolve a preparação das unidades de amostra de acordo com uma ferramenta, tal como uma tabela de números aleatórios. O uso de um processo de randomização pré-determinado é o que distingue esse método da amostragem acidental (descrito na seção 3.2.2).

Esse método é usado quando pouco se sabe sobre a distribuição da praga ou índice de infestação. Pode ser difícil de aplicar corretamente, em situações operacionais, a amostragem aleatória simples. Para usar esse método, cada unidade deveria ter uma probabilidade de coleta igual. Em casos onde uma praga não for distribuída aleatoriamente pelo lote, esse método pode não ser ideal. Amostragem aleatória simples pode requerer mais recursos do que outros métodos de amostragem. A aplicação pode ser dependente do tipo e/ou configuração do envio.

3.1.3.2 Amostragem sistemática

Amostragem sistemática envolve retirar uma amostra das unidades no lote, em intervalos fixos e pré-determinados. No entanto, a primeira coleta deve ser feita aleatoriamente pelo lote. Resultados tendenciosos são possíveis se as pragas estiverem distribuídas de uma maneira similar ao intervalo escolhido para amostragem.

Dois vantagens desse método são que o processo de amostragem pode ser automatizado através de maquinários e que ele requer o uso de um processo aleatório apenas para selecionar a primeira unidade.

3.1.3.3 Amostragem estratificada

Amostragem estratificada envolve separar o lote em subdivisões distintas (isso é, estratos) e então retirar as unidades de amostra de cada uma das subdivisões. Dentro de cada subdivisão, unidades de amostra são tomadas usando um método em particular (sistemático ou aleatório). Sob algumas circunstâncias, números diferentes de unidades de amostra podem ser tomados de cada subdivisão – por exemplo, o número de unidades de amostra pode ser proporcional ao tamanho da subdivisão, ou baseado em conhecimento prévio a respeito da infestação das subdivisões.

Se viável de alguma forma, a amostragem estratificada quase sempre melhorará a precisão da detecção. Menores variações associadas com a amostragem estratificada implicam em resultados mais precisos. Isso é particularmente correto quando os níveis de infestação de um lote podem variar, dependendo dos procedimentos de embalagem ou condições de armazenagem. Se situações operacionais permitirem a amostragem estratificada é a escolha preferida quando se presume conhecimento sobre a distribuição da praga.

3.1.3.4 Amostragem sequencial

Amostragem sequencial envolve tomar uma série de unidades de amostra usando um dos métodos acima. Depois de retirar cada amostra (ou grupo), os dados são acumulados e comparados com faixas pré-determinadas para decidir quanto à aceitação ou rejeição do envio, ou a continuação da amostragem.

Esse método pode ser usado quando for estabelecido um nível de tolerância maior do que zero e o primeiro conjunto de unidades de amostra não fornecer informação suficiente para decidir se o nível de tolerância está sendo ou não excedido. Este método não seria usado se o número de aceitação em uma amostra de qualquer tamanho for zero. A amostragem sequencial pode reduzir o número de amostras requeridas para que uma decisão seja tomada ou reduzir a possibilidade de se rejeitar um envio que atenda os requisitos.

3.1.3.5 Amostragem por conglomerado

Amostragem por conglomerado envolve selecionar grupos de unidades baseado em um tamanho de conglomerado pré-definido (por exemplo, caixas de frutas, ramos de flores) para alcançar o número total de unidades de amostra requeridas do lote. Amostragem por conglomerado é mais simples de avaliar e mais confiável se os conglomerados forem do mesmo tamanho. É útil se recursos disponíveis para amostragem forem limitados e funciona bem quando se espera a distribuição aleatória das pragas.

A amostragem por conglomerados pode ser estratificada, e pode usar métodos sistemáticos ou aleatórios para selecionar os grupos. Dos métodos baseados em estatística, esse método é geralmente o mais prático de se implementar.

3.1.3.6 Amostragem de proporção fixa

Amostrar uma proporção fixa das unidades no lote (por exemplo, 2%) resulta em níveis de detecção ou níveis de confiança inconsistentes quando o tamanho do lote varia. Como mostrado no Apêndice 5, amostragem de proporção fixa resulta na mudança de níveis de confiança para um nível de detecção dado, ou na mudança de níveis de detecção para um nível de confiança dado.

3.2 Amostragem não baseada em estatística

Outros métodos de amostragem que não são baseados em estatística, tais como amostragem por conveniência, amostragem acidental ou amostragem seletiva ou direcionada podem fornecer resultados válidos na determinação da presença ou ausência de praga(s) regulamentada(s). Os métodos a seguir podem ser usados com base em considerações operacionais específicas ou quando o objetivo é simplesmente a detecção de pragas.

3.2.1 Amostragem por conveniência

A amostragem por conveniência envolve selecionar as unidades mais convenientes (por exemplo, acessível, mais barato, mais rápido) do lote, sem selecionar unidades de uma maneira aleatória ou sistemática.

3.2.2 Amostragem acidental

Amostragem acidental envolve selecionar unidades arbitrárias sem usar um processo verdadeiro de randomização. Isso pode frequentemente parecer ser aleatório porque o inspetor não está consciente de ter qualquer predisposição para amostragem tendenciosa. No entanto, pode haver uma tendência inconsciente, de forma que seja desconhecido o quanto a amostra é representativa do lote.

3.2.3 Amostragem seletiva ou direcionada

Amostragem seletiva envolve selecionar deliberadamente amostras de partes do lote com maior probabilidade de estarem infestadas, ou unidades que estão obviamente infestadas, para aumentar a chance de detectar uma praga regulamentada específica. Este método pode depender da experiência dos inspetores com o produto básico e de estarem familiarizados com a biologia da praga. Esse método também pode ser indicado a partir da análise de uma via de ingresso que identifique uma seção específica do lote com uma probabilidade maior de estar infestada (por exemplo, uma seção molhada de madeira tem maior probabilidade de abrigar nematóides). Devido à amostra ser direcionada, e por isso estatisticamente tendenciosa, uma afirmação probabilística sobre o nível de infestação no lote não pode ser feita. No entanto, se o único propósito da amostragem for aumentar a chance de encontrar praga(s) regulamentada(s), este método é válido. Amostras separadas do produto básico podem ser requeridas para alcançar confiabilidade na detecção de outras pragas regulamentadas. O uso de amostragem seletiva ou direcionada pode limitar as oportunidades de gerar informações sobre o status geral da praga para o lote ou envio, porque a amostragem é direcionada para onde seja provável encontrar pragas regulamentadas específicas e não para o restante do lote ou envio.

4. Selecionando um Método de Amostragem

Na maioria dos casos a seleção de um método de amostragem apropriado é necessariamente dependente da informação disponível sobre incidência da praga e distribuição no envio ou lote assim como os parâmetros operacionais associados à situação da inspeção em questão. Na maioria das aplicações fitossanitárias as limitações operacionais determinarão a praticidade de amostrar com um ou outro método. Subseqüentemente a determinação da validade estatística de métodos práticos reduzirá o campo de alternativas.

O método de amostragem que for finalmente selecionado pela ONPF deveria ser operacionalmente viável e ser o mais apropriado para alcançar o objetivo e ser bem documentado para dar transparência. A viabilidade operacional é claramente ligada às avaliações sobre fatores específicos da situação, mas deveria ser coerentemente aplicado.

Se a amostragem for realizada para aumentar a chance de detectar uma praga específica, uma amostragem direcionada (descrito na seção 3.2.3) pode ser a opção preferida desde que os inspetores possam identificar a(s) seção(s) do lote com uma probabilidade maior de estar infestada. Sem esse conhecimento, um dos métodos baseados em estatística será mais apropriado. Os métodos de amostragem não baseados em estatística não resultam em que cada unidade tenha uma probabilidade igual de ser incluída na amostra e não permitem quantificações de um nível de confiança ou nível de detecção.

Métodos baseados em estatística serão apropriados se a amostragem for realizada para fornecer informações gerais sobre a condição fitossanitária de um envio, para detectar múltiplas pragas quarentenárias ou para verificar conformidade com os requisitos fitossanitários.

Na seleção de um método baseado em estatística, considerações podem ser dadas sobre como o envio foi tratado na colheita, seleção e embalagem, e a provável distribuição da(s) praga(s) no lote. Métodos de amostragem podem ser

combinados: por exemplo, uma amostra estratificada pode ter coleta aleatória ou sistemática de unidades de amostras (ou conglomerados) dentro dos estratos.

Se a amostragem for realizada para determinar se um nível zero de tolerância específico foi excedido, um método de amostragem seqüencial pode ser apropriado.

Uma vez que o método de amostragem tenha sido selecionado e corretamente aplicado, repetir a amostragem com o objetivo de alcançar um resultado diferente é inaceitável. Amostragem não deveria ser repetida a menos que seja considerada necessária por razões técnicas específicas (por exemplo, suspeita de aplicação incorreta da metodologia de amostragem).

5. Determinação do Tamanho da Amostra

Para determinar o número de amostras a serem coletadas, a ONPF deveria selecionar um nível de confiança (por exemplo, 95%), um nível de detecção (por exemplo, 5%) e um número de aceitação (por exemplo, zero), e determinar a eficácia de detecção (por exemplo, 80%). A partir desses valores e do tamanho do lote, um tamanho de amostra pode ser calculado. Os apêndices 2-5 definem as bases matemáticas para determinação de tamanho de amostra. A seção 3.1.3 desta norma fornece orientações para o método mais apropriado de amostragem baseado em estatística ao se considerar a distribuição da praga no lote.

5.1 Distribuição desconhecida de pragas no lote

Visto que a amostragem é realizada sem reposição e o tamanho da população é finito, a distribuição hipergeométrica deveria ser usada para determinar o tamanho da amostra. Essa distribuição dá uma probabilidade de detectar certo número de unidades infestadas em uma amostra de dado tamanho retirada de um lote de certo tamanho, quando um número específico de unidades infestadas existirem no lote (ver Apêndice 2). O número de unidades infestadas no lote é estimado como o nível de detecção multiplicado pelo número total de unidades no lote.

À medida que o tamanho do lote aumenta, o tamanho da amostra requerida para um nível de detecção e nível de confiança específico se aproxima de um limite superior. Quando o tamanho da amostra for menor do que 5% do tamanho do lote, o tamanho da amostra pode ser calculado usando a distribuição binomial ou de Poisson (ver Apêndice 3). Todas as três distribuições (hipergeométrica, binomial e de Poisson) resultam em tamanhos de amostra quase idênticos para níveis de confiança e de detecção específicos com tamanhos grandes de lote, mas a distribuição binomial e de Poisson são mais fáceis de calcular.

5.2 Distribuição agregada de pragas no lote

A maioria das populações de pragas são agregadas em certo grau no campo. Considerando que os produtos básicos podem ser colhidos e embalados no campo sem classificação ou seleção, a distribuição de unidades infestadas no lote pode ser aglomerada ou agregada. Agregação de unidades infestadas de um produto básico sempre diminuirá a probabilidade de encontrar uma infestação. No entanto, inspeções fitossanitárias são direcionadas à detecção de unidades infestadas e/ou pragas em um nível baixo. O efeito da agregação das unidades infestadas na eficácia de detecção de uma amostra e no tamanho de amostra requerido é pequeno na maioria dos casos. Quando ONPFs identificam que existe uma alta probabilidade de haver agregação das unidades infestadas no lote um método de amostragem estratificada pode ajudar a aumentar a chance de detectar uma infestação agregada.

Quando pragas são agregadas, o cálculo do tamanho da amostra deveria preferencialmente ser realizado usando uma distribuição beta-binomial (ver Apêndice 4). No entanto, esse cálculo requer conhecimento do grau de agregação, que geralmente não é conhecido e por isso essa distribuição pode não ser prática para uso geral. Uma das outras distribuições (hipergeométrica, binomial ou de Poisson) pode ser usada; no entanto, o nível de confiança da amostragem diminuirá enquanto o grau de agregação aumenta.

6. Nível de Detecção Variado

A escolha de um nível de detecção constante pode resultar em um número variado de unidades infestadas entrando com envios importados devido à variação no tamanho do lote (por exemplo, um nível de infestação de 1% em 1000 unidades corresponde a 10 unidades infestadas, enquanto um nível de infestação de 1% em 10.000 unidades corresponde a 100 unidades infestadas). Preferencialmente a seleção de um nível de detecção resultará na entrada, em todos os envios, de parte do número de unidades infestadas, dentro de um período de tempo estabelecido. Se as ONPFs querem também manejar o número de unidades infestadas que entram com cada envio, um nível de detecção variado pode ser usado. Um nível de tolerância seria especificado em termos de um número de itens infestados por envio, e o tamanho da amostra seria definido de forma a resultar nos níveis de confiança e detecção desejados.

7. Resultado da Amostragem

O resultado das atividades e técnicas relacionadas à amostragem pode resultar na adoção de ação fitossanitária (mais detalhes podem ser encontrados na NIMF N° 23: *Diretrizes para inspeção*, seção 2.5).

FÓRMULAS USADAS NOS APÊNDICES 2-5²

N° da Fórmula	Objetivo	N° do Apêndice
1	Probabilidade de detectar i unidades infestadas em uma amostra.	2
2	Aproximação para calcular a probabilidade de não encontrar unidade infestada.	2
3	Probabilidade de detectar i unidades infestadas em uma amostra de n unidades (tamanho da amostra é menor do que 5% do tamanho do lote).	3
4	Probabilidade da distribuição binomial não observar uma unidade infestada em uma amostra de n unidades.	3
5	Probabilidade de a distribuição binomial observar pelo menos uma unidade infestada.	3
6	Fórmulas 5 e 6 de distribuição binomial reorganizadas para determinar n .	3
7	Versão da distribuição de Poisson da formula binomial 6.	3
8	Probabilidade da distribuição de Poisson não encontrar unidade infestada (simplificada).	3
9	Probabilidade da distribuição de Poisson encontrar pelo menos uma unidade infestada (o nível de confiança).	3
10	Distribuição de Poisson para determinar o tamanho da amostra para n .	3
11	Amostragem com base beta-binomial para distribuição especial agregada.	4
12	Probabilidade da beta-binomial não observar uma unidade infestada depois de inspecionar vários lotes (para um único lote)	4
13	Probabilidade beta-binomial de observar uma ou mais unidades infestadas	4
14	Fórmulas beta-binomial 12 e 13 reorganizadas para determinarem m .	4

² Este apêndice não é uma parte oficial da norma. Ele é fornecido apenas para fins de informação.

APÊNDICE 2

CALCULANDO TAMANHOS DE AMOSTRA PARA LOTES PEQUENOS LOTES: AMOSTRAGEM COM BASE HIPERGEOMÉTRICA (AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES)³

A distribuição hipergeométrica é apropriada para descrever a probabilidade de encontrar uma praga em um lote relativamente pequeno. Um lote é considerado pequeno quando o tamanho da amostra for maior do que 5% do tamanho do lote. Nesse caso, amostragem de uma unidade do lote afeta a probabilidade de encontrar uma unidade infestada na próxima unidade selecionada. Amostragem com base hipergeométrica é baseada na amostragem sem reposição.

Também é assumido que a distribuição da praga no lote não está agregada e que amostragem aleatória é usada. Essa metodologia pode ser estendida para outros esquemas tais como amostragem estratificada (mais detalhes podem ser encontrados em Cochran, 1977).

A probabilidade de detectar i unidades infestadas em uma amostra é dada por

$$P(X = i) = \frac{\binom{A}{i} \binom{N - A}{n - i}}{\binom{N}{n}} \quad \text{Fórmula 1}$$

Onde:

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!} \quad \text{onde } a! = a(a-1)(a-2)\dots 1 \text{ e } 0! = 1$$

$P(X = i)$ é a probabilidade de observar i unidades infestadas na amostra, onde $i = 0, \dots, n$.

O nível de confiança corresponde a: $1 - P(X = i)$

A = número de unidades infestadas no lote que poderiam ser detectadas se toda unidade no lote fosse inspecionada ou analisada, dada a eficácia de detecção (nível de detecção $\times N \times$ eficácia, truncado a um número inteiro)

i = número de unidades infestadas na amostra

N = número de unidades no lote (tamanho do lote)

n = número de unidades na amostra (tamanho da amostra)

Em particular a aproximação que pode ser usada para a probabilidade de não encontrar unidades infestadas é

$$P(X=0) = \left(\frac{N - A - u}{N - u} \right)^n \quad \text{Fórmula 2}$$

onde $u = (n-1)/2$ (Cochran, 1977).

Resolver a equação para determinar n é aritmeticamente difícil, mas pode ser feito com aproximação ou por estimativa de probabilidade máxima.

Tabelas 1 e 2 mostram tamanhos de amostra calculados para diferentes tamanhos de lote, níveis de detecção e níveis de confiança, quando o número de aceitação for 0.

³ Este apêndice não é uma parte oficial da norma. Ele é fornecido apenas para fins de informação.

Tabela 1. Tabela de tamanhos de amostra mínimos para níveis de confiança de 95% e 99% em níveis de detecção variados de acordo com o tamanho do lote, distribuição hipergeométrica

Número de unidades no lote	P = 95% (nível de confiança)					P = 99% (nível de confiança)				
	% nível de detecção × eficácia da detecção					% nível de detecção × eficácia de detecção				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
25	24*	-	-	-	-	25*	-	-	-	-
50	39*	48	-	-	-	45*	50	-	-	-
100	45	78	95	-	-	59	90	99	-	-
200	51	105	155	190	-	73	136	180	198	-
300	54	117	189	285*	-	78	160	235	297*	-
400	55	124	211	311	-	81	174	273	360	-
500	56	129	225	388*	-	83	183	300	450*	-
600	56	132	235	379	-	84	190	321	470	-
700	57	134	243	442*	-	85	195	336	549*	-
800	57	136	249	421	-	85	199	349	546	-
900	57	137	254	474*	-	86	202	359	615*	-
1 000	57	138	258	450	950	86	204	368	601	990
2 000	58	143	277	517	1553	88	216	410	737	1800
3 000	58	145	284	542	1895	89	220	425	792	2353
4 000	58	146	288	556	2108	89	222	433	821	2735
5 000	59	147	290	564	2253	89	223	438	840	3009
6 000	59	147	291	569	2358	90	224	442	852	3214
7 000	59	147	292	573	2437	90	225	444	861	3373
8 000	59	147	293	576	2498	90	225	446	868	3500
9 000	59	148	294	579	2548	90	226	447	874	3604
10 000	59	148	294	581	2588	90	226	448	878	3689
20 000	59	148	296	589	2781	90	227	453	898	4112
30 000	59	148	297	592	2850	90	228	455	905	4268
40 000	59	149	297	594	2885	90	228	456	909	4348
50 000	59	149	298	595	2907	90	228	457	911	4398
60 000	59	149	298	595	2921	90	228	457	912	4431
70 000	59	149	298	596	2932	90	228	457	913	4455
80 000	59	149	298	596	2939	90	228	457	914	4473
90 000	59	149	298	596	2945	90	228	458	915	4488
100 000	59	149	298	596	2950	90	228	458	915	4499
200 000+	59	149	298	597	2972	90	228	458	917	4551

Valores na tabela 1 marcados com um asterisco (*) foram arredondados, para baixo, para um número inteiro porque cenários que resultam em uma fração de uma unidade infestada (por exemplo, 300 unidades com 0.5% de infestação correspondem a 1.5 unidades infestadas no carregamento) não são possíveis. Isso significa que a intensidade da amostragem aumenta ligeiramente, e pode ser maior para um tamanho de carregamento em que o número de unidades infestadas é arredondado para baixo, do que para um carregamento maior em que um número maior de unidades infestadas é calculado (por exemplo, comparar resultados para 700 e 800 unidades no lote). Também significa que uma proporção um pouco menor de unidades infestadas poderia ser detectada em relação à proporção indicada pela tabela, ou que é mais provável detectar tal infestação do que o nível de confiança mostrado.

Valores na tabela 1 marcados com um traço (-) referem-se aos cenários apresentados que não são possíveis (menos de uma unidade infestada).

Tabela 2: Tabela de tamanhos de amostra para níveis de confiança de 80% e 90% em níveis de detecção variados de acordo com o tamanho do lote, distribuição hipergeométrica

Número de unidades no lote	P = 80% (nível de confiança)					P = 90% (nível de confiança)				
	% nível de detecção × eficácia de detecção					% nível de detecção × eficácia de detecção				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	27	56	80	-	-	37	69	90	-	-
200	30	66	111	160	-	41	87	137	180	-
300	30	70	125	240*	-	42	95	161	270*	-
400	31	73	133	221	-	43	100	175	274	-
500	31	74	138	277*	-	43	102	184	342*	-
600	31	75	141	249	-	44	104	191	321	-
700	31	76	144	291*	-	44	106	196	375*	-
800	31	76	146	265	-	44	107	200	350	-
900	31	77	147	298*	-	44	108	203	394*	-
1 000	31	77	148	275	800	44	108	205	369	900
2 000	32	79	154	297	1106	45	111	217	411	1368
3 000	32	79	156	305	1246	45	112	221	426	1607
4 000	32	79	157	309	1325	45	113	223	434	1750
5 000	32	80	158	311	1376	45	113	224	439	1845
6 000	32	80	159	313	1412	45	113	225	443	1912
7 000	32	80	159	314	1438	45	114	226	445	1962
8 000	32	80	159	315	1458	45	114	226	447	2000
9 000	32	80	159	316	1474	45	114	227	448	2031
10 000	32	80	159	316	1486	45	114	227	449	2056
20 000	32	80	160	319	1546	45	114	228	455	2114
30 000	32	80	160	320	1567	45	114	229	456	2216
40 000	32	80	160	320	1577	45	114	229	457	2237
50 000	32	80	160	321	1584	45	114	229	458	2250
60 000	32	80	160	321	1588	45	114	229	458	2258
70 000	32	80	160	321	1591	45	114	229	458	2265
80 000	32	80	160	321	1593	45	114	229	459	2269
90 000	32	80	160	321	1595	45	114	229	459	2273
100 000	32	80	160	321	1596	45	114	229	459	2276
200 000	32	80	160	321	1603	45	114	229	459	2289

Os valores na tabela 2 marcados com um asterisco (*) foram arredondados, para baixo, para um número inteiro porque cenários que resultam em uma fração de uma unidade infestada (por exemplo, 300 unidades com 0.5% de infestação correspondem a 1.5 unidades infestadas no carregamento) não são possíveis. Isso significa que a intensidade da amostragem aumenta ligeiramente, e pode ser maior para um tamanho de carregamento onde o número de unidades infestadas é arredondado para baixo em relação a um carregamento maior onde um número maior de unidades infestadas é calculado (por exemplo, comparar resultados para 700 e 800 unidades no lote). Também significa que uma proporção um pouco menor de unidades infestadas pode ser detectada em relação à proporção indicada pela tabela, ou que é mais provável que tal infestação seja detectada do que o nível de confiança mostrado.

Valores na tabela 2 marcados com um traço (-) referem-se aos cenários apresentados que não são possíveis (menos que uma unidade infestada).

APÊNDICE 3

AMOSTRAGEM DE LOTES GRANDES: AMOSTRAGEM COM BASE BINOMIAL OU DE POISSON⁴

Para lotes grandes suficientemente misturados, a probabilidade de encontrar uma unidade infestada é aproximada por estatística binomial simples. O tamanho da amostra é menor do que 5% do tamanho do lote. A probabilidade de observar i unidades infestadas em uma amostra de n unidades é dada por:

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \phi p^i (1 - \phi p)^{n-i} \quad \text{Fórmula 3}$$

p é a proporção média de unidades infestadas (nível de infestação) no lote e ϕ representa a porcentagem de eficácia de inspeção dividida por 100.

$P(X = i)$ é a probabilidade de observar i unidades infestadas na amostra. O nível de confiança corresponde a: $1 - P(X = i)$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

Para objetivos fitossanitários, a probabilidade de não observar uma espécie de praga ou sintoma na amostra é determinada. A probabilidade de não observar uma unidade infestada na amostra de n unidades é dada por:

$$P(X=0) = (1 - \phi p)^n \quad \text{Fórmula 4}$$

A probabilidade de observar no mínimo uma unidade infestada é então:

$$P(X>0) = 1 - (1 - \phi p)^n \quad \text{Fórmula 5}$$

Esta equação pode ser reorganizada para determinar n

$$n = \frac{\ln[1 - P(X > 0)]}{\ln(1 - \phi p)} \quad \text{Fórmula 6}$$

O tamanho n da amostra pode ser determinado com esta equação quando o nível de infestação (p), eficácia (ϕ) e o nível de confiança ($1 - P(X > 0)$) forem determinados pela ONPF.

A distribuição binomial pode ser aproximada com a distribuição de Poisson. Enquanto n aumenta e p diminui a equação de distribuição binomial acima tende para a equação de distribuição de Poisson abaixo,

$$P(X=i) = \frac{(n\phi p)^i e^{-n\phi p}}{i!} \quad \text{Fórmula 7}$$

onde e é o valor base do logaritmo natural.

A probabilidade de não encontrar unidade infestada simplifica-se para

$$P(X=0) = e^{-n\phi p} \quad \text{Fórmula 8}$$

A probabilidade de encontrar no mínimo uma unidade infestada (o nível de confiança) é calculada como

$$P(X>0) = 1 - e^{-n\phi p} \quad \text{Fórmula 9}$$

Calculando n resulta no seguinte, que pode ser usado para determinar o tamanho da amostra:

$$n = -\ln[1 - P(X>0)]/\phi p \quad \text{Fórmula 10}$$

As tabelas 3 e 4 mostram tamanhos de amostra quando o número de aceitação é 0, calculado para diferentes níveis de detecção, eficácia e níveis de confiança com as distribuições binomial e de Poisson, respectivamente. Uma comparação do caso para eficácia de 100% com os tamanhos de amostra na Tabela 1 (ver Apêndice 2) mostra que a binomial e de Poisson fornecem resultados muito similares para a distribuição hipergeométrica quando n for grande e p for pequeno.

⁴ Este apêndice não é uma parte oficial da norma. Ele é fornecido apenas para fins de informação.

Tabela 3: Tabela de tamanhos de amostra para níveis de confiança de 95% e 99% em níveis de detecção variados, de acordo com valores de eficácia em que o tamanho do lote é grande e suficientemente misturado, distribuição binomial

% eficácia	P = 95% (nível de confiança)					P = 99% (nível de confiança)				
	% nível de detecção					% nível de detecção				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	59	149	299	598	2995	90	228	459	919	4603
99	60	150	302	604	3025	91	231	463	929	4650
95	62	157	314	630	3152	95	241	483	968	4846
90	66	165	332	665	3328	101	254	510	1022	5115
85	69	175	351	704	3523	107	269	540	1082	5416
80	74	186	373	748	3744	113	286	574	1149	5755
75	79	199	398	798	3993	121	305	612	1226	6138
50	119	299	598	1197	5990	182	459	919	1840	9209
25	239	598	1197	2396	11982	367	919	1840	3682	18419
10	598	1497	2995	5990	29956	919	2301	4603	9209	46050

Tabela 4: Tabela de tamanhos de amostra para níveis de confiança de 95% e 99% em níveis de detecção variados, de acordo com valores de eficácia em que o tamanho de lote é grande e suficientemente misturado, distribuição de Poisson

% eficácia	P = 95% (nível de confiança)					P = 99% (nível de confiança)				
	% nível de detecção					% nível de detecção				
	5	2	1	0.5	0.1	5	2	1	0.5	0.1
100	60	150	300	600	2996	93	231	461	922	4606
99	61	152	303	606	3026	94	233	466	931	4652
95	64	158	316	631	3154	97	243	485	970	4848
90	67	167	333	666	3329	103	256	512	1024	5117
85	71	177	353	705	3525	109	271	542	1084	5418
80	75	188	375	749	3745	116	288	576	1152	5757
75	80	200	400	799	3995	123	308	615	1229	6141
50	120	300	600	1199	5992	185	461	922	1843	9211
25	240	600	1199	2397	11983	369	922	1843	3685	18421
10	600	1498	2996	5992	29958	922	2303	4606	9211	46052

APÊNDICE 4

**AMOSTRAGEM PARA PRAGAS COM UMA DISTRIBUIÇÃO AGREGADA:
AMOSTRAGEM COM BASE BETA-BINOMIAL⁵**

No caso de distribuição espacial agregada, a amostragem pode ser ajustada para compensar a agregação. Para que esse ajuste se aplique, deveria ser assumido que o produto básico seja amostrado em conglomerados (por exemplo, caixas) e que cada unidade em um conglomerado escolhido seja examinada (amostragem por conglomerado). Em tais casos, a proporção de unidades infestadas, f , não é mais constante em todos os conglomerados, mas seguirá uma função de densidade beta.

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (f + j\theta) \prod_{j=0}^{n-i-1} (1 - f + j\theta)}{\prod_{j=0}^{n-1} (1 + j\theta)} \quad \text{Fórmula 11}$$

f é a proporção média de unidades infestadas (nível de infestação) no lote.

$P(X = i)$ é a probabilidade de observar i unidades infestadas em um lote.

n = número de unidades em um lote.

\prod é a função do produto

θ fornece uma medida de agregação para o j^o lote onde θ é $0 < \theta < 1$.

A amostragem fitossanitária geralmente está mais preocupada com a probabilidade de não se observar uma unidade infestada depois de inspecionar várias bateladas. Para uma única batelada, a probabilidade para que $X > 0$ é

$$P(X > 0) = 1 - \prod_{j=0}^{n-1} (1 - f + j\theta) / (1 + j\theta) \quad \text{Fórmula 12}$$

e a probabilidade de que cada lote não possua unidade infestada é igual a $P(X=0)^m$, onde m é o número de lotes. Quando f for baixo, a equação 1 pode ser estimada por

$$\Pr(X=0) \approx (1 + n\theta)^{-(mf/\theta)} \quad \text{Fórmula 13}$$

A probabilidade de observar uma ou mais unidades infestadas é dada por $1 - \Pr(X=0)$.

Esta equação pode ser reorganizada para determinar m

$$m = \frac{-\theta}{f} \left[\frac{\ln(1 - P(x > 0))}{\ln(1 + n\theta)} \right] \quad \text{Fórmula 14}$$

Amostragem estratificada oferece uma maneira de reduzir o impacto da agregação. Estratos deveriam ser escolhidos para que o grau de agregação dentro dos estratos seja minimizado.

Quando o grau de agregação e o nível de confiança forem fixos, o tamanho da amostra pode ser determinado. Sem o grau de agregação, o tamanho da amostra não pode ser determinado.

Os valores de eficácia (ϕ menores que 100% podem ser incluídos substituindo ϕf por f nas equações.

⁵ Este apêndice não é uma parte oficial da norma. Ele é fornecido apenas para fins de informação.

**COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE AMOSTRAGEM
HIPERGEOMÉTRICA E PROPORÇÃO FIXA⁶**

Tabela 5: Confiança nos resultados de diferentes esquemas de amostragem para um nível de detecção de 10%

Tamanho do lote	Amostragem com base hipergeométrica (amostragem aleatória)		Amostragem de proporção fixa (2%)	
	tamanho da amostra	nível de confiança	tamanho da amostra	nível de confiança
10	10	1	1	0.100
50	22	0.954	1	0.100
100	25	0.952	2	0.191
200	27	0.953	4	0.346
300	28	0.955	6	0.472
400	28	0.953	8	0.573
500	28	0.952	10	0.655
1 000	28	0.950	20	0.881
1 500	29	0.954	30	0.959
3 000	29	0.954	60	0.998

Tabela 6: Níveis mínimos que podem ser detectados com confiança de 95% usando diferentes esquemas de amostragem

Tamanho do lote	Amostragem com base hipergeométrica (amostragem aleatória)		Amostragem de proporção fixa (2%)	
	tamanho da amostra	nível mínimo de detecção	tamanho da amostra	nível mínimo de detecção
10	10	0.10	1	1.00
50	22	0.10	1	0.96
100	25	0.10	2	0.78
200	27	0.10	4	0.53
300	28	0.10	6	0.39
400	28	0.10	8	0.31
500	28	0.10	10	0.26
1 000	28	0.10	20	0.14
1 500	29	0.10	30	0.09
3 000	29	0.10	60	0.05

⁶ Este apêndice não é uma parte oficial da norma. Ele é fornecido apenas para fins de informação.