

CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE: PLANEJAMENTO DE AMOSTRAGEM PARA DIMINUIÇÃO DE ERROS DE INSPEÇÃO

Antonio Luiz Pereira Neto (FADISC)
alpn.neto@gmail.com

Marianna Cruz Campos (PEP/UFRN)
mariannaccampos@gmail.com

Roseane Rodrigues da Silveira (PEP/UFRN)
roseane_rodrigues1@hotmail.com

Mariana Rodrigues de Almeida (PEP/UFRN)
almeidamariana@yahoo.com



A utilização de métodos estatísticos para determinar o tamanho da amostra é extremamente importante quando se trata de controle de qualidade em auditoria de produto. Neste contexto, a amostra deve ser aleatória e representativa, de maneira que as conclusões retiradas por meio da amostra sejam estendidas ao lote e maximizadas a probabilidade de acerto. Os resultados devem ser registrados e armazenados com o propósito de demonstrar que os requisitos especificados são atendidos e monitorados. Além disso, as demais etapas envolvidas nesse processo estão sujeitas a essa determinação. Logo, com o intuito de colaborar com assunto, desenvolveu-se um estudo sobre amostragem direcionada ao uso em auditoria de produto. Esse estudo de caso tem como propósito proporcionar embasamento teórico e prático para o cumprimento desta etapa de controle de qualidade de produtos da linha branca. São apresentados resultados experimentais alcançados por meio de testes em produtos, com modificações nos tamanhos de população, intervalos de confiança e erro máximo permissível.

Palavras-chaves: Métodos estatísticos. Tamanho da amostra. Erro amostral.

1. Introdução

Para as empresas, um dos pontos fundamentais para o sucesso é a estabilização dos processos de rotina garantindo a confiabilidade do produto. Uma definição aceita para qualidade é a redução da variabilidade que quanto menor, melhor será a confiabilidade e a aceitação do produto ou serviço. A variabilidade, segundo Woodal e Montgomery (1999), é sinônimo de desperdício de dinheiro, tempo e esforços, originado de máquinas mal ajustadas, erros do operador e/ou matérias-primas (HE e GRIGORYAN, 2002). Dessa forma, torna-se necessário estabelecer ensaios de controle de qualidade, que têm por finalidade avaliar as características preestabelecidas pela qualidade. Portanto, a verificação da conformidade dos produtos é considerada como um requisito necessário para qualidade e não apenas para cumprir protocolos dos órgãos certificadores.

Um produto é classificado como aprovado ou como não conforme, quando é auditado segundo os ensaios de controle de qualidade. Contudo, a avaliação de todos os produtos que constituem um lote não exclui o risco de existirem produtos não conformes. Este procedimento é alcançado na inspeção por amostragem, uma técnica estatística amplamente utilizada em auditoria de produto; que consiste em obter resultados do processo mediante informações coletadas de apenas parte do processo observado.

Baily (2000, p.134) comenta que a checagem de todos os itens de um grande lote é tediosa, consome muito tempo e dinheiro e, em razão dos erros humanos, é mais eficaz a checagem de uma amostra selecionada na base da teoria das probabilidades. O êxito de um exame estatístico abrange aspectos relevantes acerca da concepção de amostras. Paladini (2000) aponta que a frequência da retirada das amostras, seu tamanho, a manipulação e o preparo, enfim, o tratamento realizado nas amostras está intimamente relacionado com o tipo de controle que está executando e com o característico da qualidade em estudo. Não atentar para esse fato gera problemas críticos de representatividade das amostras. Portanto, torna-se necessário assegurar que o tamanho da amostra seja obtido por meio de processos apropriados.

Na esteira desse processo, surge assim o problema tratado por esta pesquisa: *como determinar o tamanho da amostra de maneira que permita significância estatística e diminua os níveis de produtos defeituosos a chegarem no consumidor final?*

A fim de responder a este questionamento, o presente trabalho tem como objetivo a utilização de métodos estatísticos para determinar o tamanho da amostra em auditoria de produto em uma empresa de linha branca. Dessa forma, desenvolveu-se um estudo de caso com o propósito de ajustar-se aos critérios científicos e práticos para determinação do tamanho de amostra para fins de auditoria de produtos em uma indústria de linha branca.

2. Controle da qualidade e suas áreas de aplicação

O conceito de avaliação da qualidade segundo a norma brasileira NBR ISO 8402 compreende o “exame sistemático para determinar até que ponto uma entidade é capaz de atender os requisitos especificados”. Este conceito é abrangente, de forma a compreender a capacidade de um produto, de um processo, de uma pessoa, sistema, organização ou combinação destes, de atender os requisitos especificados.

Woodall e Montgomery (1999) complementam afirmando que a qualidade é inversamente proporcional a variabilidade do processo, logo, a sua melhoria é dada através da redução da variabilidade de processos produtos. Seu controle é realizado então por meio de um conjunto de atividades planejadas e sistematizadas que objetivam avaliar o desempenho de processos e a conformidade de produtos e serviços com especificações e prover ações corretivas necessárias.

Vários sistemas baseados no conhecimento têm sido desenvolvidos para o controle estatístico da qualidade. Alguns destes sistemas foram categorizados e organizados em cronologicamente na Tabela 1.

Tabela 1 - Aplicações do controle estatístico da qualidade

Área de aplicação	Referência	Alvos	Descrição
Controle estatístico do processo (CEP)	El-Shal; Morris (2000) Tatara; Cinar (2002)	Detecção de falhas Monitorar e diagnosticar gráficos de controle multivariados	Um sistema especialista fuzzy para detecção de falhas em CEP em um indústria de transformação Estatística multivariada para o monitoramento e diagnóstico processo

Inspeção e Amostragem	Paladini (2000) WU <i>et al.</i> (2012)	Tipo de inspeção Planejamento de amostragem	Um sistema especialista baseado em regras para adotar o tipo de controle Tomada decisão sobre a determinação de aceitabilidade do produto.
-----------------------	--	--	---

2.1 Controle estatístico do processo

O uso do Controle Estatístico de Processo (CEP), considerado uma subárea do Controle Estatístico de Qualidade, é um método para compreender, monitorar e melhorar o processo de produção continuamente. É um conjunto de técnicas de resolução de problemas poderoso que são úteis em alcançar a estabilidade do processo, bem como melhorar a sua capacidade por meio da redução da variabilidade, sendo utilizado em qualquer processo (WOODALL E MONTGOMERY, 1999).

O controle estatístico considera a variabilidade nos processos, e é fundamental para a melhoria contínua da qualidade do produto (RUNGASAMY *et al.*, 2002; SCHIPPERS, 1998). Segundo He e Grigoryan (2002), um dos principais objetivos do controle estatístico é verificar as mudanças no processo para investigação e tomada de decisão. Desse modo, as ações precederão a fabricação de um grande número de unidades não conformes. Consequentemente, o CEP tem tornado-se uma ferramenta popular para a melhoria da qualidade (CHEN, 1991; GILBREATH; SINGH, 2002; WU *et al.*, 2006).

Em consequência do exposto, esta técnica tem sido amplamente utilizada em diversos segmentos industriais. Pesquisas que mostram utilizações efetivas do CEP aumentaram consideravelmente desde a década 1980 devido à revolução nos sistemas de controle de qualidade, que foram influenciados por um mercado internacional cada vez mais competitivo (WOODALL; MONTGOMERY, 1999).

Vários exemplos da aplicação do CEP para áreas específicas da indústria são expostas na literatura. Bisailon, Charlebois, Feltmate e Labbe (1997); Hayes, Scallan, e Wong (1997); Giese (1999); Srikaeo e Hourigan (2002) utilizaram de técnicas CEP, particularmente gráficos de controle, em análise de perigos e pontos críticos de controle em sistemas. Tan, Chang, e Hsieh

(1996), aplicada um sistema de controle automatizado em CEP . Ozilgen (1998) usou gráficos de controle com amostras de tamanho inferior em uma cervejaria comercial.

2.2 Inspeção da qualidade: amostragens e métodos

A NBR ISO 8402 define a "Inspeção" como sendo uma “atividade tal como medição, exame, ensaio, verificação com calibres ou padrões, de uma ou mais características de uma entidade, e a comparação dos resultados com requisitos especificados, a fim de determinar se a conformidade para cada uma dessas características é obtida”.

Na conceituação de Paladini (2002), a inspeção da qualidade é um processo que busca identificar se uma peça, amostra ou lote atende determinadas especificações da qualidade. A atividade de inspeção da qualidade é a mais importante do sistema de avaliação da qualidade de um processo industrial. Ao avaliar a qualidade de um produto ou processo, a inspeção acaba por desempenhar sua função básica: a de detectar defeitos.

A inspeção está sempre relacionada a uma comparação dos resultados obtidos com os requisitos especificados e uma conseqüente tomada de decisão. Esta decisão pode relacionar-se segundo Pfeifer (1998):

- A um produto, subsistema ou peça objetivando a aprovação ou rejeição para processos seguintes,
- Às características do processo de produção, como por exemplo capacidade,
- Ao fornecedor, referente a conformidade no fornecimento.

Na inspeção por amostragem de aceitação, os itens são aleatoriamente selecionados do lote para compor a amostra. Dependendo do número de defeitos ou do número de defeituosos na amostra, o lote é aceito ou rejeitado. A amostragem deve ser realizada adequadamente e também, ser representativa do todo, em quantidades suficientes para a realização dos ensaios, pois poderá fornecer resultados diferentes da realidade, mesmo que os métodos de testes estejam padronizados e os equipamentos sejam adequados e devidamente calibrados, sob a proteção de uma norma ou método padronizado.

Amostragem de aceitação, como um importante campo do controle estatístico da qualidade, foi popularizada por Dodge e Romig e originalmente aplicada pelos militares dos EUA para o teste de balas durante Mundial War II. Se cada bala não fosse testada, avarias poderiam ocorrer no campo de batalha, com resultados potencialmente desastrosos (SCHILLING, 1982; ISO 3951-1:2005, 2005; NIST, 2006).

Como todo processo de controle da qualidade deve ser sistematizado (PALADINI, 2000), este método precisa seguir um plano de amostragem. No plano é declarado o tamanho da amostra necessária para a inspeção e os associados critérios de aceitação ou rejeição do lote. A amostragem bem concebida pode reduzir significativamente a diferença entre a qualidade exigida como padrão e a qualidade do produto final fornecido (WU *et al.*, 2012).

Aplicando um plano de amostragem de aceitação, Vander, Wiel e Vardeman (1994) proporcionaram uma discussão depolítica de inspeção tudo-ou-nada inspeção e examinou os pressupostos que levam a otimalidade tudo-ou-nada. Além do trabalho de Vander, Wiel e Vandeman (1994), há um certo número de planos de amostragem de aceitação desenvolvidos na literatura internacional para uma ampla variedade de situações. Algumas referências recentes são Lam (2007), Balamurali e Jun (2007), Chen *et al.* (2007), Aslam e Jun (2009), Seo *et al.* (2009) e Fernández *et al.* (2011).

2.2.1 Métodos e especificações de amostragem

Segundo Paladini (2000), uma amostra deverá ser grande o suficiente para representar a população e, ao mesmo tempo, pequena para produzir o resultado desejado; de forma a evitar custos desnecessários com materiais e recursos humanos. A representatividade da amostra advém, sobretudo, de acordo com os parâmetros e medidas que caracterizam sua representatividade da população.

O intervalo de confiança é um destes parâmetros populacionais, consistindo em um determinado intervalo dentro do qual um parâmetro populacional é esperado ocorrer para um nível de confiança pré-estabelecido. Ou seja, é quantificar o quanto se pode estar cometendo erros. Estes valores expressa-se em porcentagem ou valor para mais ou para menos. O erro amostral é a

diferença entre o verdadeiro valor do parâmetro e o valor que a estatística fornece; tais erros resultam de flutuações amostrais aleatórias. Quanto maior o tamanho da amostra, menor será o erro amostral e vice-versa.

De acordo com Woodall e Montgomery (1999) as expressões 1 e 2 apresentam os procedimentos matemáticos para determinar o tamanho da amostra para uma estimativa confiável com uma proporção populacional (p) é dada por:

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2} \quad (1)$$

Onde,

n = número de indivíduos na amostra;

Z = valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

p = proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar;

q = proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que estamos interessados em estudar ($q = 1 - p$);

e = margem de erro ou erro máximo de estimativa.

$$nf = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad (2)$$

Onde:

n_f = tamanho da amostra final;

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população.

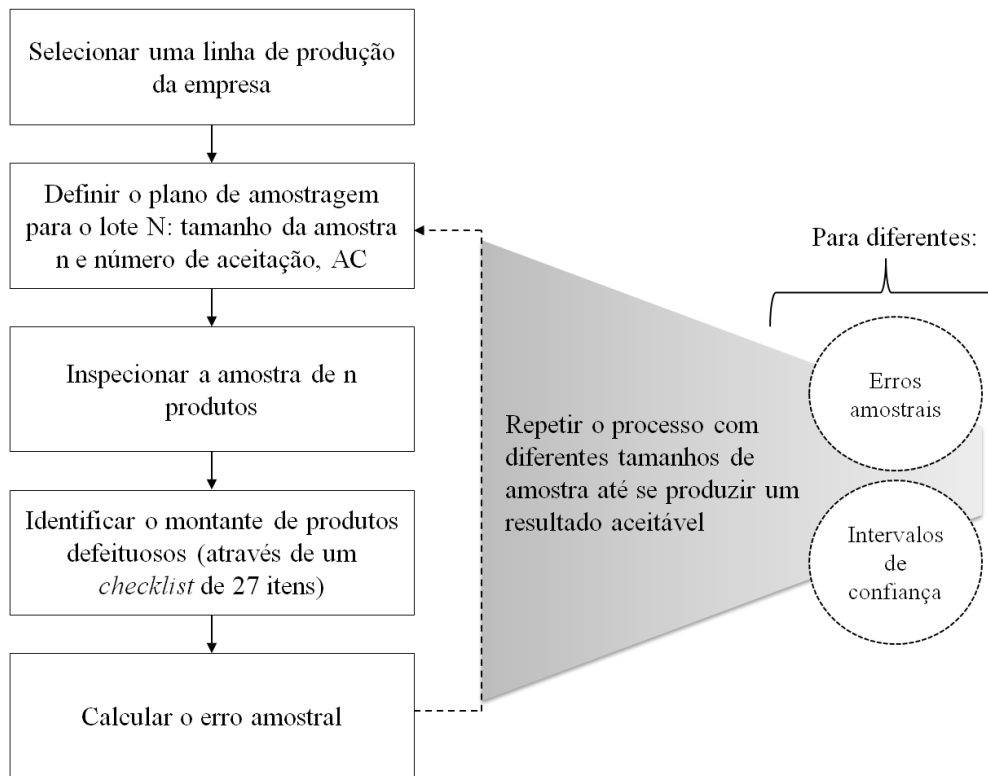
3. Método de pesquisa

Para a realização da pesquisa exploratória caracterizada neste artigo, foi conduzido um estudo de caso em uma empresa de médio porte fabricante de eletrodomésticos de linha branca, no interior do estado de São Paulo.

A condução da pesquisa é subdividida em etapas que iniciam na detecção do problema enfrentado pela empresa em seu departamento de qualidade, o qual não estava desenvolvendo um procedimento de amostragem de produtos corretamente, tendo em vista o alto índice de produtos defeituosos chegando ao consumidor final. Após esta observação, foi definido qual o intervalo de confiança (IC) almejado para o processo produtivo, com este valor definido a empresa pode então estabelecer um nível de qualidade aceitável como parâmetro para seu plano de amostragem. Com o IC é possível calcular o μ_0 da distribuição normal Z.

Posteriormente, a média dos defeitos dos produtos foi calculada por meio dos defeitos oriundos do campo (defeito zero hora) e da fábrica. A partir disso, é possível obter uma média amostral do processo. A partir de então foi possível realizar uma medição na empresa estudada a fim de calcular o erro amostral do processo, para tanto foi utilizado o seguinte processo de amostragem, exposto na Figura 1:

Figura 1 - Esquema metodológico para o planejamento de amostragem



Fonte: os autores.

Com base nesses processos estatísticos originados dos dados coletados na empresa e das diferentes combinações, é possível calcular os limites inferiores e superiores da distribuição normal.

4. Estudo de caso

Observou-se durante o período de estudo na empresa, que o tamanho da amostra utilizado para a inspeção dos produtos era insuficiente para detectar os produtos defeituosos, apresentando um montante significativo de produtos a serem retrabalhados, aumentando os custos pela falta de qualidade. Para tanto, a realização do estudo de caso objetiva discorrer sobre a determinação do tamanho da amostra ideal a ser utilizado no setor de auditoria de produtos em uma empresa de linha branca de médio porte.

Ao longo dos anos, para verificar a qualidade dos produtos, o tamanho da amostra real (utilizada) é composta por oito unidades independente do volume de produção. Contudo, a empresa verificou que o tamanho da amostra estava insuficiente para detectar os níveis de não conformidades encontradas pelos consumidores. Por outro lado, assistência técnica disponibilizada para a empresa referente aos produtos que apresentaram falhas (ou problemas) no momento zero hora, este momento corresponde ao período 72 horas a partir da data da compra realizada pelo cliente.

Devido à situação vigente, a companhia arca com elevados custos para atender uma demanda de consumidores insatisfeitos com a qualidade dos produtos. Para diminuir esta insatisfação, a empresa objetiva identificar qual o tamanho da amostra ideal para reduzir os níveis de produtos com falhas a zero hora com diferentes intervalos de confiança.

Para atender este problema de pesquisa, foi necessário sistematizar os dados dos defeitos nos períodos anteriores a fim de estabelecer uma média proporcional de falhas por produtos produzidos. A Tabela 2 apresenta uma sistematização da taxa proporcional da quantidade de produto produzido por quantidade de produto auditado e não conformes ao longo do ano I até maio do ano II. Para este período, a empresa utilizou apenas oito unidades como o tamanho amostral para analisar sua amostra independente do volume de produção.

Tabela 2 - Panorama dos produtos não conformes para uma série temporal de dados observados como tamanho de amostra para oito unidades

Produtos	Ano I												Ano II					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
BR_E																		
Produzido	8998	13199	10538	8098	11436	3091	2064	5822	10613	13598	17161	10301	114919	8530	14417	5234	5465	48
Auditado	77	144	93	78	108	27		96	116	142	171	122	1174	104	169	69	54	5
Não Conforme	1	10	5	2	2	0		0	0	1	0	0	21	0	2	0	0	0
Proporção Auditados	0,009	0,011	0,009	0,010	0,009	0,009	0,000	0,016	0,011	0,010	0,010	0,012	0,010	0,012	0,012	0,013	0,010	0,0
Proporção- Não conformes	0,013	0,069	0,054	0,026	0,019	0,000		0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,018	0,000	0,012	0,000	0,000	0,0
PA_E																		
Produzido	7575	5821	8085	10067	8968	4284	7606	8853	9685	8914	10532	12190	1E+05	11266	11082	5217	10123	29
Auditado	66	37	74	134	105	0	55	113	124	112	118	138	1076	122	128	74	104	2
Não Conforme	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	5	1
Proporção Auditados	0,0087	0,0064	0,0092	0,0133	0,0117	0,0000	0,0072	0,0128	0,0128	0,0126	0,0112	0,0113	0,0105	0,0108	0,0116	0,0142	0,0103	0,0
Proporção- Não conformes	0,0152	0,0000	0,0000	0,0000	0,0190	0,0000	0,0182	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0082	0,0000	0,0000	0,0481	0,0
Lavadora X																		
Produzido	4137	5020	4672	8532	4523	5208	9137	3426	5618	3998	6779	2181	63231	1929	3721	4190	3230	35
Auditado	84	56	52	83	97	82	63	52	78	56	89	39	831	32	51	63	39	4
Não Conforme	4	4	1	5	1	1	3	0	0	1	1	1	22	1	0	2	2	1
Proporção Auditados	0,0203	0,0112	0,0111	0,0097	0,0214	0,0157	0,0069	0,0152	0,0139	0,0140	0,0131	0,0179	0,0131	0,0166	0,0137	0,0150	0,0121	0,0
Proporção- Não conformes	0,0476	0,0714	0,0192	0,0602	0,0103	0,0122	0,0476	0,0000	0,0000	0,0179	0,0112	0,0256	0,0265	0,0313	0,0000	0,0317	0,0513	0,0
Lavadora Y																		
Produzido	673	1173	496	2943	3014	1972	2909	3024	6258	1863	6998	4850	36173	1872	414	2736	3658	17
Auditado	11	20	13	34	45	10	13	55	72	46	110	79	508	39	7	37	42	2
Não Conforme	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	7	1	0	0	1	0
Proporção Auditados	0,0163	0,0171	0,0262	0,0116	0,0149	0,0051	0,0045	0,0182	0,0115	0,0247	0,0157	0,0163	0,0140	0,0208	0,0169	0,0135	0,0115	0,0
Proporção- Não conformes	0,0000	0,0500	0,0000	0,0294	0,0000	0,0000	0,0000	0,0182	0,0000	0,0000	0,0182	0,0253	0,0138	0,0256	0,0000	0,0000	0,0238	0,0
Ventilador																		
Produzido	726	675	324	219	407	465	313	213	413	1523	738	839	6855	474	673	406	369	51
Auditado	75	46	13	11	20	11	7	7	23	69	37	32	351	38	39	27	35	2
Não Conforme	5	2	2	3	2	0	0	3	1	0	0	0	18	0	1	3	3	1
Proporção Auditados	0,1033	0,0681	0,0401	0,0502	0,0491	0,0237	0,0224	0,0329	0,0557	0,0453	0,0501	0,0381	0,0512	0,0802	0,0579	0,0665	0,0949	0,0
Proporção- Não conformes	0,0667	0,0435	0,1538	0,2727	0,1000	0,0000	0,0000	0,4286	0,0435	0,0000	0,0000	0,0000	0,0513	0,0000	0,0256	0,1111	0,0857	0,0
CENTRIF.																		
Produzido	195	109	371	688	780	2474	226	0	268	0	0	0	5111	149	166	208	634	16
Auditado	10	3	8	18	37	87	4	0	9	0	0	0	176	10	8	19	43	5
Não Conforme	2	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	2	3	2
Proporção Auditados	0,0513	0,0275	0,0216	0,0262	0,0474	0,0352	0,0177		0,0336				0,0344	0,0671	0,0482	0,0913	0,0678	0,0
Proporção- Não conformes	0,2000	0,0000	0,2500	0,0000	0,0541	0,0230	0,0000		0,0000				0,0455	0,0000	0,0000	0,1053	0,0698	0,0

Para realizar este estudo com mais detalhamento, foi conduzida uma pesquisa com tamanhos de amostra diferentes para os diversos produtos que são comercializados pela organização. Realizou-se um primeiro teste para avaliar se existia discrepância na quantidade de defeitos entre o valor utilizado como padrão (8 unidades) e um valor idealizado para os produtos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade estratificada de amostras pelo dado populacional dos produtos fabricados

Produtos	Quantidade		Inicial	Defeitos	%	Final	Defeitos	%
	população	amostras						
Lavadoras X	508	80	8	1	12,5	72	2	2,8
Lavadoras Y	336	80	8	2	25	72	4	5,6
Purificadores – E	383	80	8	1	12,5	72	2	2,8
Purificadores – C	60	25	3	0	0,00	22	2	9,1
Bebedouros – E	802	80	8	1	12,5	72	0	0,0
Bebedouros – C	60	25	3	0	0,00	22	2	9,1
Ventiladores	103	25	3	0	0,00	22	1	4,5
Centrífugas	229	25	3	0	0,00	22	1	4,5

É possível verificar através da análise dos dados que, mesmo a amostra sendo aumentada nove vezes, a quantidade de defeitos não foi elevada na mesma proporção, o que denota uma necessidade de se reavaliar o quanto a amostra está traduzindo a população.

A partir disso, a pesquisa identificou que era necessário realizar novos testes para averiguar a variabilidade da amostra pesquisada e, assim, tentar minimizar a quantidade de erros. A Tabela 4 apresenta uma sistematização dos dados para segunda pesquisa.

Tabela 4 - Quantidade estratificada de amostras pelo dado populacional dos produtos fabricados

Produtos	Quantidade		Inicial	Defeitos	%	Final	Defeitos	%
	população	amostras						
Lavadoras X	307	31	6	0	0,0	25	1	3,2
Lavadoras Y	60	32	2	0	0,0	30	1	3,3
Bebedouros – E	800	80	8	0	0,0	72	0	0,0

Para realizar um exame comparativo dos resultados alcançados com as informações coletadas, foram empregados os métodos estatísticos expostos a seguir. Contudo, foi previamente verificado o comportamento do processo produtivo; ou seja, se o processo estava controlado, dentro dos parâmetros normais de trabalho exigidos pelas normas internas da organização.

A primeira parte do procedimento estatístico foi calcular uma média proporcional de defeitos para o período do Ano I a maio do Ano II para diferentes níveis de intervalos de confiança, bem como para diferentes margens de erros, conforme a Tabela 5. Vale ressaltar que estes cálculos

foram obtidos por meio da Expressão 1 apresentada neste trabalho. A Tabela 5 apresenta uma estratificação do tamanho da amostra para diferentes níveis de intervalos de confiança e margem de erro.

Tabela 5 - Sistematização do tamanho da amostra para diferentes níveis de confiança e margem de erro

Nível de confiança	Margem de erro	Tamanho da amostra					
		Lavadora		Purificador	Bebedouro	Ventiladores	Centrifugas
		X	Y				
90%	1%	687	361	192	375	1127	1059
	2%	173	91	48	94	310	295
	3%	77	41	22	42	141	134
	4%	44	23	12	24	80	76
	5%	28	15	8	15	51	49
95%	1%	977	514	274	535	1530	1430
	2%	257	130	69	134	437	414
	3%	110	58	31	60	200	190
	4%	62	33	18	34	113	108
	5%	40	21	11	22	73	70
99%	1%	1678	883	474	924	2366	2187
	2%	426	224	119	232	731	691
	3%	190	100	53	104	340	323
	4%	107	56	30	58	195	185
	5%	69	36	19	38	126	120

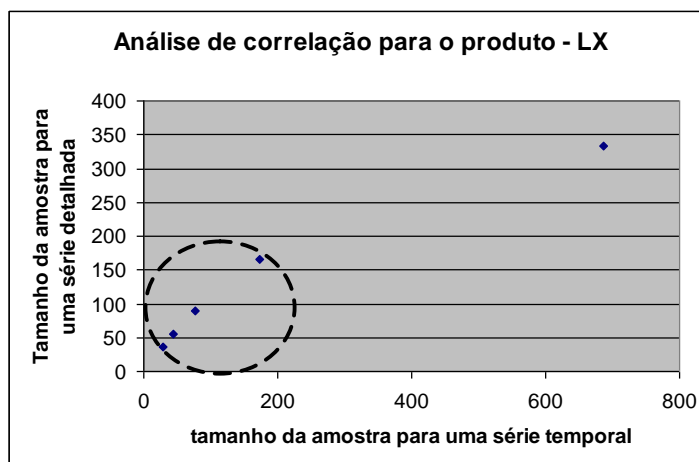
Para intervalos de Confiança maiores (99%) e com menores taxas de erro, os tamanhos amostrais calculados devem ser maiores, sendo o contrário também válido. Dessa forma, é preciso balizar as decisões de modo a tornar o processo de amostragem viável e confiável. De posse dos dados, foi possível então calcular a taxa proporcional de defeitos por produtos para os procedimentos estatísticos para um tamanho de amostra maior. A Tabela 6 apresenta uma estratificação do tamanho da amostra para diferentes níveis de intervalos de confiança e margem de erro.

Tabela 6 - Sistematização do tamanho da amostra com mais detalhe para diferentes níveis de confiança e margem de erro

Nível de confiança	Margem de erro	Tamanho da amostra							
		Lavadoras		Purificadores		Bebedouros		Ventiladores	Centrífugas
		X	Y	E	C	E	C		
90%	1%	334	285	275	59	235	59	188	94
	2%	165	196	149	54	76	54	122	74
	3%	89	129	85	48	36	48	77	55
	4%	55	87	53	41	21	41	51	40
	5%	36	61	36	35	13	35	35	30
95%	1%	372	299	300	59	299	59	199	97
	2%	207	224	182	56	104	56	142	81
	3%	119	156	110	51	50	51	96	64
	4%	74	112	71	45	29	45	66	49
	5%	50	81	49	40	19	40	47	38
99%	1%	420	314	331	60	406	60	211	99
	2%	276	261	234	58	164	58	169	89
	3%	175	203	158	54	82	54	127	76
	4%	116	156	108	51	49	51	94	63
	5%	81	120	77	46	32	46	71	52

O gráfico 1 apresenta análise de correlação entre as duas variáveis obtidas por meio do cálculo estatístico para uma unidade lavadora X com margens diferentes de erros. O grau de correlação obtido foi de 97% entre as variáveis analisadas para um intervalo de confiança de 95%. A partir dessa análise, é possível observar que outras análises apresentam alto grau de correlação.

Gráfico 1 - Análise de correlação entre as variáveis calculadas para definir o tamanho da amostra ideal.



5. Discussão dos Resultados

O controle estatístico dos processos da empresa analisada possibilitou a investigação, compreensão e monitoramento da produção, com objetivo de antecipar a fabricação da unidades

não-conformes, sendo ferramenta essencial para a tomada de decisão, conforme Woodall e Montgomery (1999) e He e Grigoryan (2002).

A situação de pesquisa expôs uma deficiência na amostragem, visto que a quantidade atual de itens auditados não gerava a confiabilidade necessária, exposta por Paladini (2000). Apesar de métodos padronizados e equipamentos adequados e calibrados, os critérios de amostragem não estavam bem definidos. Além disso, amostra não representava a população, gerava custos desnecessários com reprocessamento, serviço de pós venda e materiais.

Com isso, a confiabilidade no processo de amostragem reduziu a distância entre a qualidade padrão e do produto final, como é descrito por Wu *et al.* (2012). Também em razão, da nova definição do tamanho de amostra, e da associação com intervalos de confiança e erros amostrais condizentes aos parâmetros populacionais relacionados.

6. Considerações finais

A intenção do presente artigo foi demonstrar a relevância da utilização de métodos estatísticos para determinar o tamanho da amostra em auditoria de produto a fim de minimizar custos com falhas e com a deterioração da imagem da empresa diante de um cliente insatisfeito.

Na crescente busca pela excelência em qualidade de produtos e serviços, a utilização de técnicas para amostragem à cerca da eficiência do trabalho é determinante, refletido nas crescentes pesquisas nesta área Yeh Lam *et al.* (2006), Balamurali e Jun (2007), Chen *et al.* (2007), Aslam e Jun (2009), Seo *et al.* (2009) e Fernández *et al.* (2011).

Por esta razão, torna-se extremamente necessário que a amostragem sejam planejadas e realizadas de forma à propiciar o cumprimento rigoroso dos aspectos fundamentais do método estatístico instituído.

Neste sentido, o método de amostragem baseado no tamanho da amostra por proporção constitui numa das técnicas de amostragens probabilísticas, por se tratar de um método de amostragem no qual todo o processo de execução é quantificado. Desta forma, o tamanho da amostra calculado compõe-se em um método que confere segurança matemática às deduções efetuadas, permitindo

a sua confirmação nos resultados obtidos, podendo trazer ganhos à empresa estudada na redução de custos de retrabalho, de assistência técnica e melhoria da sua imagem diante dos clientes.

Vale ressaltar que a Norma NBR 5426/85 pode ser utilizada em diversos segmentos industriais, porém quando o produto observado apresenta um alto volume. Isso significa que não é possível utilizar o tamanho da amostra recomendado e, assim, o cálculo realizado atende as necessidades do segmento industrial em estudo.

Referências

ASLAM, M., JUN, C.H. A group acceptance sampling plan for truncated life test having Weibull distribution.. **Journal of Applied Statistics**, v. 36, p. 1021–1027, 2009.

BAILY, Peter *et al.* **Compras: princípios e administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

BALAMURALI, S., JUN, C.H. Multiple dependent state sampling plans for lot acceptance based on measurement data. **European Journal of Operational Research**, v.180, n.3, p. 1221–1230, 2007.

BISAILLON, J.-R., R. CHARLEBOIS, T. FELTMATE, AND Y. LABBE. HACCP, Statistical Process Control Applied to Postmortem Inspection and Risk Analysis in Canadian Abattoirs, **Dairy, Food and Environmental Sanitation**, v.17, p.150-155, 1997.

CHEN, F.T. Quality management in the chain saw industry: A case study **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 8, n. 1, p. 31–39, 1991.

CHEN, J., LI, K.H., LAM, Y., Bayesian single and double variable sampling plans for the Weibull distribution with censoring. **European Journal of Operational Research**, v.177 n.2, p.1062–1073, 2007.

EL-SHAL, S., & MORRIS, A. S. A fuzzy expert system for fault detection in statistical process control of industrial processes. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews**, v.30, n.2, 2000.

FERNÁNDEZ, A.J., PÉREZ-GONZÁLEZ, C.J., ASLAM, M., JUN, C.H. Design of progressively censored group sampling plans for Weibull distributions: An optimization problem. **European Journal of Operational Research**, v.211, n.3, p.525–532, 2011.

GIESE, J. All things HACCP and SPC considered. **Food Technology**, v.53, n. 1, 1999.

HAYES, G. D., SCALLAN, A. J., & WONG, J. H. F. Applying statistical process control to monitor and evaluate the hazard analysis critical control point hygiene data. **Food Control**, v. 8, n.4, p.173–176, 1997.

HE, D.; GRIGORYAN, A. Construction of double samplings-control charts for agile manufacturing. **Quality and reliability engineering international**, v.18, n.4, p. 343-355, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) 3951-1:2005, 2005. **Sampling Procedures for Inspection by Variables – Part 1**. ISO Standards.

LAM, Y. A geometric process maintenance model with preventive repair, **European Journal of Operational Research**, v. 182, p. 806-819, 2007.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). What is Acceptance Sampling, Engineering Statistics Handbook, , 2006. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section2/pmc21.htm>> Acesso em: 07 jan. 2013.

OZILGEN, M. Construction of quality control charts with suboptimal size samples. **Food Control**, v. 9, n.1, p.57–60, 1998.

PALADINI, E. P. An expert system approach to quality control. **Expert Systems with Applications**, v.18, p.133–151, 2000.

PALADINI, E. P. **Avaliação Estratégica Da Qualidade**. 1ª Edição, São Paulo: Atlas, 2ª Tiragem, 2002.

PFEIFER, T.: **Fertigungsmeßtechnik**. Carl Hanser Verlag, München, 1998.

RUNGASAMY, S., ANTONY, J., GHOSH, S. Critical success factors for SPC implementation in UK small and medium enterprises: Some key findings from a survey. **The TOM Magazine**, v.14, n.4, p.217–224, 2002.

SCHILLING, E.G., **Acceptance Sampling in Quality Control**. Marcel Dekker, Inc., New York, 1982.

SCHIPPERS, W.A.J. Applicability of statistical process control techniques. **International Journal of Production Economics**, v. 56–57, n.20, p. 525–535, 1998.

SEO, J.H., JUNG, M., KIM, C.M. Design of accelerated life test sampling plans with a nonconstant shape parameter. **European Journal of Operational Research**, v. 197, n. 2, p. 659–666, 2009.

SINGH, R., GILBREATH, G. A real-time information system for multivariate statistical process control. **International Journal of Production Economics**, v. 75, n. 1–2, p. 161–172, 2002.

SRIKAEAO, K.; HOURIGAN, J. A. The use of statistical process control (SPC) to enhance the validation of critical control points (CCPs) in shell egg washing. **Food Control**, v. 13, n.4–5, p. 263–273, 2002.

TAN, J., CHANG, Z., & HSIEH, F. Implementation of an automated real-time statistical process controller. **Journal of Food Process Engineering**, v.19, n.1, p. 49–61, 1996.

TATARA, E.; CINAR, A. An intelligent system for multivariate statistical process monitoring and diagnosis. **ISA Transactions**, v. 41, p. 255–270, 2002.

WIEL, S. A. V. AND VARDEMAN, S. B. A discussion of all-of-none inspection polices, **Technometrics**, v. 36, p. 102-109, 1994.

WOODALL, W. H.; MONTGOMERY, D. C. Research Issues and Ideas in Statistical Process Control. **Journal of Quality Technology**, v. 31, p. 376–386, 1999.

WU, C. W.; ASLAM, M. JUN, C.H. Variables sampling inspection scheme for resubmitted lots based on the process capability index C_{pk} . **European Journal of Operational Research**, v. 217, p. 560–566, 2012.

WU, Z., SHAMSUZZAMAN, M., WANG, Q. The cost minimization and manpower deployment to SPC in a multistage manufacturing system. **International Journal of Production Economics**, in press, Available online 22 August, 2006.