

## **ÍNDICE DE REJEITO RADIOGRÁFICO UTILIZANDO O CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**

**Savi, M. B. M. B.<sup>1</sup>, Santos, A.J.<sup>2</sup>, Camozzato, T. S. C.<sup>3</sup>, Soares, F. A. P.<sup>4</sup>, Nandi, D. M.<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4,5</sup> Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Santa Catarina

<sup>2</sup> Centro Universitário Tupy-UNISOCIESC

### **RESUMO**

O Índice de Rejeitos Radiográficos (IRR), um dos itens constantes no Programa de Controle de Qualidade ditado pela Portaria 453/98, deve ser realizado, no mínimo, a cada semestre. No intuito de extrair maiores e melhores quantidades de informações do IRR, este estudo apresenta o Controle Estatístico da Qualidade aplicado ao índice de rejeitos por meio do Controle Estatístico de Processo (Gráfico de Controle por Atributos  $\rho$  – GC) e do Gráfico de Pareto (GP). A coleta de dados foi realizada durante 9 (nove) meses, dos quais nos últimos 4 (quatro) esta se deu de forma diária. Os Limites de Controle (LC) foram estabelecidos e o software Minitab 16 utilizado para criação dos gráficos. Obteve-se o IRR do período correspondente à margem de  $8,8\% \pm 2,3\%$ , e, ainda, procedeu-se à análise dos gráficos gerados. Informações relevantes, tais como ordens de serviço para equipamentos de raios-X e processadoras, foram cruzadas a fim de identificar a relação entre os pontos que ultrapassaram os LC e o estado dos aparelhos à época. O GC demonstrou capacidade de prever falhas de equipamentos, e o GP indicou, de forma clara, quais as causas mais recorrentes IRR.

### **ABSTRACT**

The Repeat Analysis Index (IRR) is one of the items contained in the Quality Control Program dictated by Brazilian law of radiological protection and should be performed frequently, at least every six months. In order to extract more and better information of IRR, this study presents the Statistical Quality Control applied to reject rate through Statistical Process Control (Control Chart for Attributes  $\rho$  - GC) and the Pareto Chart (GP). Data collection was performed for 9 months and the last four months of collection was given on a daily basis. The Limits of Control (LC) were established and Minitab 16 software used to create the charts. IRR obtained for the period was corresponding to  $8.8\% \pm 2.3\%$  and the generated charts analyzed. Relevant information such as orders for X-ray equipment and processors were crossed to identify the relationship between the points that exceeded the control limits and the state of equipment at the time. The GC demonstrated ability to predict equipment failures, as well as the GP showed clearly what causes are recurrent in IRR.

---

<sup>1</sup> E-mail do Autor: [matheus.savi@ifsc.edu.br](mailto:matheus.savi@ifsc.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O Índice de Rejeito Radiográfico (IRR) consiste na análise criteriosa (quantificação e qualificação) de imagens radiográficas descartadas em um serviço de radiologia, uma vez que servem de empecilho à correta interpretação do exame pelo médico radiologista. O Programa de Garantia da Qualidade (PGQ), descrito nas Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico (BRASIL, 1998), prevê a realização do IRR com periodicidade semestral, efetuando-se a coleta de dados de, pelo menos, dois meses. Sobre essa normativa, há duas ponderações a serem consideradas: de início, a metodologia para coleta e tratamento dos dados não é descrita; ademais disso, o tempo de dois meses de coleta pode interferir em informações não representativas da prática do serviço, quando considerados 60 dias consecutivos.

Registre-se que a utilização do IRR pode transpor o mero cumprimento de requisitos legais e ser empregado como um método de avaliação, produtividade e controle de custos de um serviço de radiologia. Por outro lado, enquadra-se perfeitamente no quesito 7.5.1.e da norma brasileira de Sistema de Gestão da Qualidade NBR ISO 9001:2008 (ABNT,2008), que cita “que a organização deve planejar e realizar a produção e prestação de serviço sob condição controlada [...] incluindo quando aplicável [...] e) a implementação de monitoramento e medição”. O IRR também alinha-se ao Selo de Qualidade ONA[X] para prestadores de serviço em diagnóstico por imagem nível 1, cumprindo os requisitos legais. Quando utilizado da maneira proposta neste trabalho pode-se elevar o referido selo ao nível 3.

Nesse sentido, a gestão da qualidade pode valer-se de metodologias como o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) e ferramentas da qualidade para atingir seus objetivos. Inseto no CEQ, o Controle Estatístico de Processo (CEP) consiste em um meio de análise de um processo (nesse caso, a execução de uma radiografia) alinhando a ele políticas de melhoria contínua. O CEP utiliza cartas e gráficos de controle (vide materiais e métodos) para monitorar, de forma quantitativa e qualitativa, ao longo do tempo, os fatores que levam à rejeição, bem como identificar, mais facilmente, uma tendência de erro, auxiliando na determinação de qual causa a ser abordada para que haja redução efetiva do IRR.

Ademais, informações de saída de uma carta de controle de CEP podem ser utilizadas como dados para a geração de um Gráfico de Pareto (GP), uma das ferramentas da qualidade, que se caracteriza como um gráfico de barras no qual, usualmente, define-se, como ponto principal de intervenção, a barra de valores maiores.

Consigne-se, portanto, que, o escopo do presente trabalho é propor a utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) e do Gráfico de Pareto como forma de aquisição, monitoramento, tratamento e análise dos dados para gerar o Índice de Rejeição Radiográfica.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

### 2.1. O Índice de Rejeito Radiográfico

Para as aplicações deste trabalho, o Índice De Rejeito Radiográfico deve ser calculado de acordo com a equação 1 abaixo.

$$IRR = \frac{\Sigma \text{ de películas radiográficas rejeitadas } \times 100}{\Sigma \text{ de películas radiográficas utilizadas}} \quad (1)$$

## 2.2. Gráfico de controle

A primeira etapa – construção de um IRR baseado em CEP – tem por base a seleção do tipo de Gráfico de Controle (GC) a ser utilizado. Dessa forma, este estudo elegeu o gráfico de atributos tipo  $p$  (ou gráfico de proporções) para fração de amostra não conforme de características discretas segundo Montgomery (2009). Importante salientar que tal classificação é compatível com uma radiografia, uma vez que esta pode ser disposta em conforme ou não conforme, assim como classificada de acordo com o tipo de erro encontrado. Ainda, para o autor citado, os gráficos de controle possuem três grandes qualidades que podem ser aplicadas ao CEQ do processo radiografia: 1) é uma técnica comprovada para melhoria da produtividade; 2) eficazes na prevenção de erros; e 3) fornecem informações diagnósticas sobre a situação do processo.

Um gráfico  $p$ , por sua vez, baseia-se em três pilares: tamanho de amostra, frequência de amostragem e largura dos limites de controle. Aqui, registre-se que cabe a cada instituição decidir a maneira de escolha dos parâmetros mencionados, pautando-se pela disponibilidade e no custo de coleta destas informações.

De outro norte, importante lembrar que um gráfico de proporções é composto, além dos eixos  $x$  e  $y$  e das proporções não conformes (ou de rejeição), por três linhas horizontais: Linha Central (LC), Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC). O LC é definido como o valor médio da característica que se objetiva atingir, aqui representado pelo valor de fração não conforme, ou seja, a meta do Índice de Rejeição Radiográfica a ser atingido. Novamente a escolha desse valor é de autoridade do gestor; porém, é recomendado pela CRCPD 2009 o percentual de 10% (proporção de 0,1). Sempre que possível, o valor de LC deve ser revisto para baixo, levando em consideração a diminuição do IRR.

Os LSC e LIC são calculados de acordo com as equações (2) e (3) abaixo. Em ambas,  $p$  representa o valor padrão (ou proporção) escolhido para a LC;  $L$  é a distância dos limites de controle em relação à LC, expresso em Desvios-Padrão (DP) e  $n$  o tamanho da amostra em questão, ou seja, o IRR calculado.

$$LSC = p + L \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2)$$

$$LIC = p - L \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3)$$

A escolha desses valores é uma parte crítica do planejamento e construção de um Gráfico de Controle. Se os valores de LSC e LIC forem muito distantes da LC, a chance de ocorrer um erro tipo I (probabilidade de um ponto sair do limite de controle) é menor; contudo, há um incremento do erro tipo II (de o processo estar fora do controle e não ser identificado pela ferramenta). O inverso é válido quando aproximamos os limites de controle da linha central.

### 2.3. Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma distribuição de frequência (ou histograma) categorizado por atributos (*op. cit.*). Composto por dois eixos (frequência x causa), o GP permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade (BRASSARD, 2000). Importante frisar que, em um primeiro momento, o gráfico não apresenta os problemas mais importantes, e sim, aqueles com maior frequência. Outro tipo de abordagem ao GP é comparar o valor a ser gasto na redução com a frequência de cada tipo de causa, e dessa forma, escolher, com base no custo, qual o problema a resolver, conforme análise dos resultados exposta adiante

### 2.4. Coleta de dados

Apresentar-se-á aqui duas formas de coleta de dados. A primeira versa sobre a simples contagem das radiografias, anotando-se junto ao número, o dia, a semana e/ou o mês de coleta, de acordo com a periodicidade determinada pelo serviço. Com isso, calcula-se o IRR por meio da eq. (1) sem utilizar o CEP e o GP no tratamento das informações.

A segunda, por seu turno, consiste em uma classificação criteriosa de cada película, as quais podem ser categorizadas de acordo com a Tabela 1. Nela, são apresentadas as classificações propostas por autores e organizações, nacionais e internacionais, atuantes na área das radiações. Quando a aquisição de informações vale-se desse modelo de categorização, o GP pode ser utilizado.

**Tabela 1 – Tipos de classificação de películas de acordo com autor para o IRR**

Referência	Classificação de Rejeitos
CRCPD, 2009	Posicionamento, movimento do paciente, filme claro, filme escuro, filme negro, estático, Fog-camara escura, Fog-chassi, mecanico, filme bom, outros
ZEWDENEH, 2008	Super-exposição, sub-exposição, movimento, outros
PEER, 1999	Erro de exposição, erro de posicionamento, problemas relacionados ao paciente, outros
WEATHERBURN, 1999	Posição incorreta do paciente, falta de nitidez ou borramento da imagem, fatores de exposição incorretos, falha do equipamento, erro de processamento, filmes que não são necessários, outros
INKOOM, 2009	Movimento do paciente, super e sub exposição, erros de posicionamento e colimação, problemas de processamento, tamanho errado de campo, artefatos, outros
SANTOS, 2011	Sub-exposição - técnica, super-exposição - técnica, sub-exposição - aparelho, super-exposição - aparelho, posicionamento ou corte de estrutura, processamento, fala do aparelho, artefato de movimento, artefato radiopaco ou metálico, velado total/parcial, virgem, duplo, uteis, patologias

Para registro de tais informações e consequente cálculo do gráfico de controle, sugere-se a utilização da planilha disposta na Figura 1, disponível no link ( <http://goo.gl/v0aBh> ). Esse meio de coleta de dados baseia-se em alguns pontos-chave, tais como: mês, ano e dia de coleta; número de rejeitos por dia, de acordo com a classificação; somatório de rejeitos por classificação e por dia; número de películas executadas por dia e mês; e, por fim, as frações de não conformidade (IRR) por dia, mês e de acordo com a classificação utilizada. As informações

geradas por este último ponto (frações de não conformidade por classificação de erro) são utilizadas como entrada para o GP.

É de se ressaltar que, caso seja de interesse do gestor, as ferramentas apresentadas neste trabalho podem ser utilizadas para análise individual de colaboradores, aumentando a frequência de amostragem para os turnos de serviço, de forma a identificar as condições de cada grupo ou indivíduo em seu local de trabalho.

## 2.5. Tratamento estatístico

Para tratamento estatístico e confecção dos Gráficos de Controle e de Pareto, utilizou-se o software Minitab 16 (Minitab Data Analysis Software, release 16.1.0 State College, Pa, Minitab Inc, 2010).

Índice de Rejeição Radiográfica - Controle Estatístico de Processo														Cálculos								
Instituição:																						
Setor de coleta:							Responsável:															
Mês:			Ano:			Documento: IRRCEP - 001 de 17/09/2012																
RX	Super Exposição	Sub Exposição	Artefato Movimento	Artefato Radiopaco	Posicionamento / Corte	Processamento	Velado parcial	Duplo	Aparelho	Teste	Rejeito Médico	Outros	Velado Total	Virgem	TOTAL	Radiografias realizadas	Fração Não Conforme	LC	LSC	LIC	L	
	Dia	Quantidade																				
1																						
2																						
3																						
4																						
...																						
...																						
29																						
30																						
31																						
TOTAL																						
%																						

Figura 1 – Planilha de coleta de dados para IRR por meio do CEP

## 2.6. Validação

Para validar esse método, aplicou-se o Índice de Rejeição Radiográfica por meio do CEP a um Hospital Público de alta complexidade da região metropolitana de Florianópolis, em Santa

Catarina. A coleta de dados deu-se de janeiro a setembro de 2012, sendo que, de julho a setembro, o registro foi realizado diariamente. Considerou-se a categorização de rejeitos adaptada do trabalho “Metodologia e Aplicação do Rejeito Radiográfico” [10]: superexposição, subexposição, posicionamento ou corte de estrutura, processamento, falha do aparelho, artefato de movimento, artefato radiopaco, velado total, velado parcial, virgem, duplo, rejeito médico, testes, outros. Para o gráfico de controle, utilizou-se o valor de LC de 10% sugerido pelo CRCPD (*op cit*) e a largura dos limites de controle de três desvios-padrão.

## 2.7. Correlação

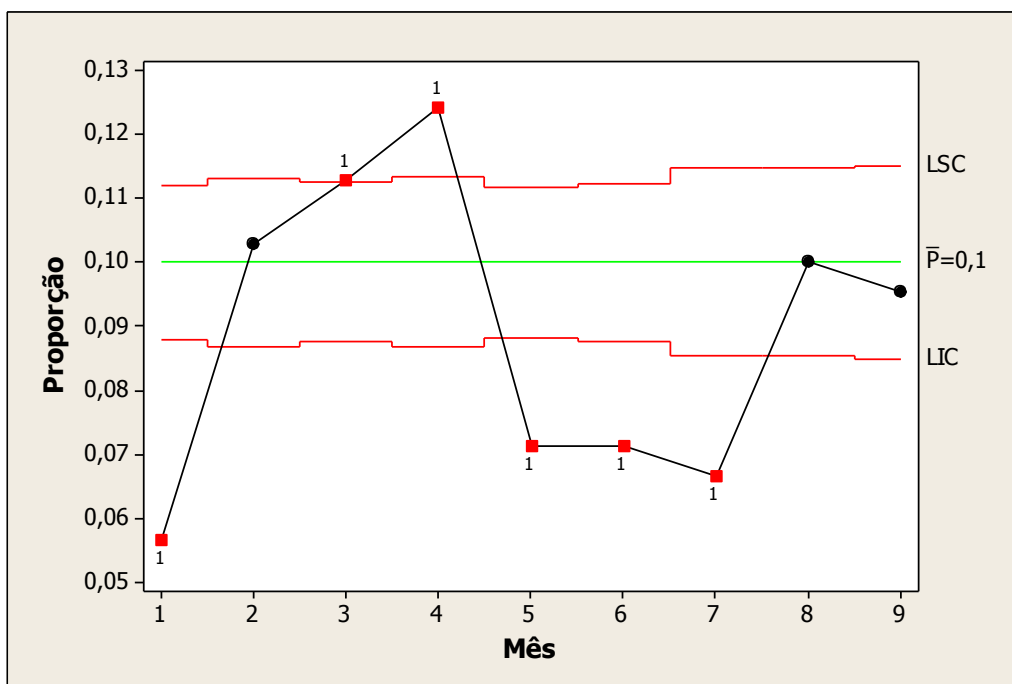
Com vistas a verificar se existe correlação entre as variações que podem ser obtidas com a utilização do CEP e os aparelhos em funcionamento, realizou-se pesquisa nas ordens de serviço (manutenção corretiva) para equipamentos de Raios-X fixos e processadoras da instituição pesquisada

## 3. RESULTADOS

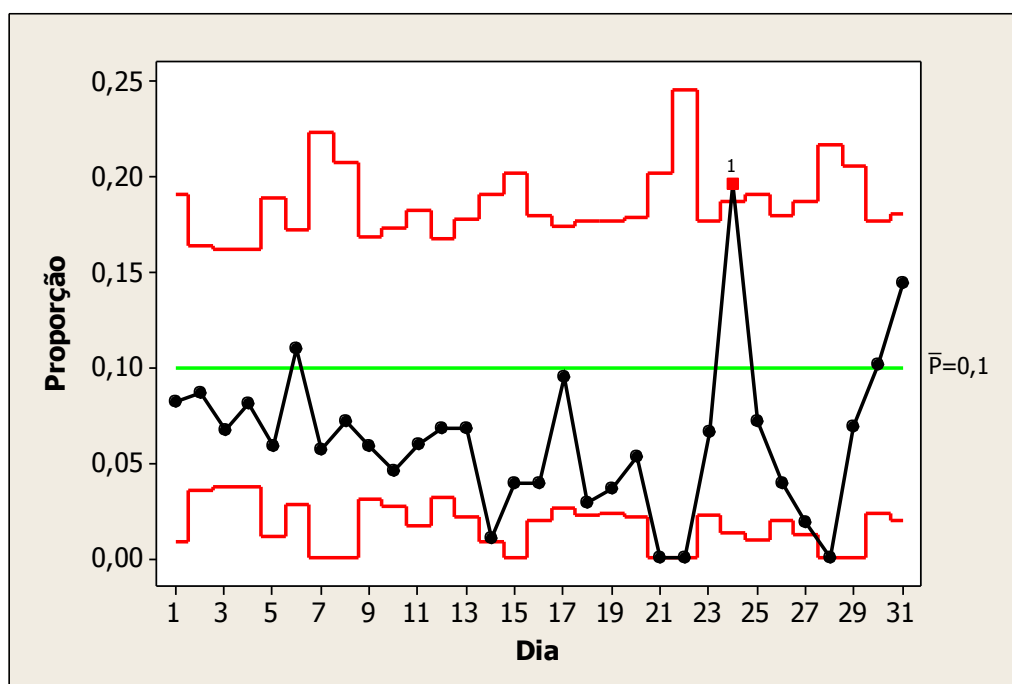
O primeiro meio de coleta – janeiro a maio – e, posteriormente, a segunda opção apresentada – junho a setembro – geraram, até o momento, um Índice de Rejeição Radiográfica de 8,8%, conforme Tabela 2. A partir desses dados, gerou-se um gráfico de proporções, apresentado na Figura 2. Percebe-se, assim, a variação das proporções que ocorreram durante todo o ano. Cada ponto vermelho identificado pelo número 1 demonstra que os valores estão além ou aquém dos limites de controle.

**Tabela 2 - Índice de Rejeição Radiográfica - Janeiro a Setembro de 2012**

Mês	Rejeito	Total Realizado	Fração Não Conforme
Jan	314	5541	5.67%
Fev	486	4730	10.27%
Mar	586	5198	11.27%
Abr	572	4605	12.42%
Mai	421	5900	7.14%
Jun	384	5381	7.14%
Jul	252	3778	6.67%
Ago	375	3748	10.01%
Set	342	3584	9.54%
Ano	3732	42465	8.8% ± 2.3%

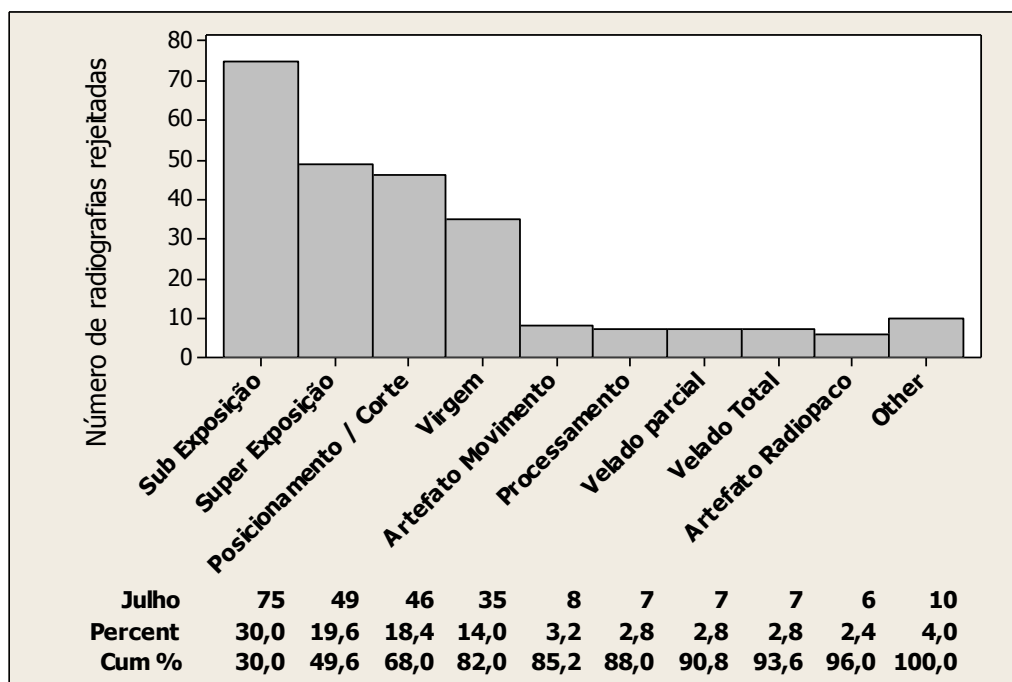


**Figura 2 – Gráfico de proporções: Janeiro a Setembro de 2012**



**Figura 3 – Gráfico de proporções: julho de 2012**

A Figura 3 corresponde ao Gráfico de Proporções, e a Figura 4, apresenta o Gráfico de Pareto – ambos relativos ao mês de julho. Como o objetivo deste trabalho é demonstrar o uso do GC e do GP a plotagem dos outros meses foi suprimida.



**Figura 4 – Gráfico de Pareto – Julho de 2012**

#### **4. DISCUSSÃO**

O primeiro ponto a ser observado a partir da análise da Fig. 2 é o fato de que o IRR está fora de controle, ou seja, fora do LSC e LIC, o que significa que existem fortes fatores influenciando o IRR. Ao cruzar os dados de manutenções corretivas com os valores de IRR para os meses de janeiro a maio, encontrou-se o fator desencadeador do grande aumento e manutenção dos valores altos de IRR. Do início de fevereiro até final de abril, um aparelho fixo de raios-x voltou à operação mesmo permanecendo com problemas, o que acarretou em sua desativação no final do período. A partir do momento em que o equipamento deixou de ser utilizado, em linhas gerais, houve uma grande redução no IRR.

Quando há a coleta de informações diariamente, como exposto na Fig. 3, em julho, é possível verificar ao longo do mês o comportamento do IRR. Nesse caso, o IRR permaneceu em valores excelentes até o dia 22. Pode-se afirmar que, de acordo com os dados de ordens de serviço da processadora, esta apresentava problemas, o que, conseqüentemente, gerou o incremento das proporções do IRR. No momento em que foi sanado o defeito, no dia 26, o IRR tendeu à normalidade do mês. Todavia, não se encontrou relação para o aumento constante do IRR entre os dias 28 e 31 de julho.

Diante as informações do mês de julho, portanto, gerou-se a Fig. 4, que apresenta, em ordem decrescente, os motivos mais recorrentes no IRR. Da análise, observa-se que 82% do IRR estão restritos a quatro causas: subexposição, superexposição, posicionamento incorreto e corte de estrutura, e por fim, filmes virgens. Diante deste cenário, constata-se que é, de fato, possível planejar ações para redução do IRR, abordando os quatro itens acima referidos.

Outro fator a ser levado em conta é o custo dessa redução. Apesar de a diminuição de exposições serem sempre o alvo número um dos supervisores de proteção radiológica, nesse



caso pode ser mais barato iniciar a redução dos filmes virgens em vez de treinar todos os operadores de aparelhos de raios-x, promovendo-lhes uma reciclagem de conteúdos.

#### 4.1. Limitações

Como todo trabalho científico, o presente estudo possui limitações. É possível que, em qualquer momento, não tenham sido contabilizadas as películas referentes a um determinado período. Ordens de serviço podem não ter sido registradas, mesmo ocorrendo à manutenção necessária. O hospital em que foi desenvolvida esta pesquisa passou por período de greve, de junho a agosto. Super ou subexposições podem ter sido super ou subestimadas, uma vez que a coleta de dados não ocorria no momento da execução da radiografia, e sim, posteriormente. Assim, um erro causado pelo aparelho de raios-x ou processadora pode ter sido deixado de ser classificado em sua respectiva classe.

### 5. CONCLUSÃO

Como todo trabalho científico, o presente estudo possui limitações. É possível que, em qualquer momento, não tenham sido contabilizadas as películas referentes a um determinado período. Ordens de serviço podem não ter sido registradas, mesmo ocorrendo à manutenção necessária. O hospital em que foi desenvolvida esta pesquisa passou por período de greve, de junho a agosto. Super ou subexposições podem ter sido super ou subestimadas, uma vez que a coleta de dados não ocorria no momento da execução da radiografia, e sim, posteriormente. Assim, um erro causado pelo aparelho de raios-x ou processadora pode ter sido deixado de ser classificado em sua respectiva classe.

### 6. REFERÊNCIAS

1. ABNT NBR ISO 9001:2008. *Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008).
2. Brasil. Ministério da saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. *Portaria 453/98 – Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico*. Diário Oficial da União, Brasília (1998).
3. Brassard, M. *Qualidade: Ferramentas para uma Melhoria Contínua*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, p. 89 (2000).
4. CRCPD - Conference in Radiation Control Program Directors – *Repeat Analysis*. Frankfort, Disponível em [www.crcpd.org](http://www.crcpd.org) (2009).
5. Inkoom, S; Schandorf, C; Fletcher, J.J. *Optimization of patient radiation protection in conventional x-ray imaging procedures using film reject analysis: a demonstration of the importance of rare earth screen-film systems*. Radiation Protection Dosimetry, pp. 1–7 (2009).
6. Montgomery, D.C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 513 (2009).
7. Peer, S; et al. *Comparative reject analysis in conventional film-screen and digital storage phosphor radiography*. Eur. Radiol. **9**, pp.1693-1696 (1999).

8. Santos, C.M; Savi, M.B.M.B; Medeiros, C.B; *Metodologia e Aplicação do Índice de Rejeito Radiográfico*. IV Congresso Nacional das Técnicas Radiológicas. Florianópolis: (2011).
9. Weatherburn, G.C; Bryan,S; West, M. *A comparison of image reject rates when using film, hard copy computed radiography and soft copy images on picture archiving and communication systems (PACS) workstations*. The British Journal of Radiology, **72**, pp. 653-660 (1999).
10. Zewdeneh, D; Teferi, S; Admassie,D. *X-ray reject analysis of Tikur Anbessa and Bethzatha Hospitals*. Ethiop.J.Health Dev. **22** (2008)