

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GARANTIA DA
QUALIDADE DA IMAGEM RADIOGRÁFICA EM HOSPITAIS DA
REDE PÚBLICA DE ARACAJU - SE**

por

CÁSSIO COSTA FERREIRA

**Universidade Federal de Sergipe
Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos”
São Cristóvão – Sergipe – Brasil**

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GARANTIA DA
QUALIDADE DA IMAGEM RADIOGRÁFICA EM HOSPITAIS DA
REDE PÚBLICA DE ARACAJU - SE**

Cássio Costa Ferreira

*Dissertação de Mestrado apresentada
ao Núcleo de Pós-Graduação em
Física da Universidade Federal de
Sergipe, para a obtenção do título de
Mestre em Física.*

Orientadora: Dra. Susana Oliveira de Souza

São Cristovão

2007

*Dedico este trabalho a Jesus
Cristo, meu único Senhor e
Salvador.*

"Todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus."

Romanos 8:28

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Jesus Cristo por me Garantir em tudo que faço. Ele é minha rocha e minha sustentação, sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra Susana Oliveira de Souza pela amizade e pela realização deste trabalho.

Aos professores do Núcleo de Pós-Graduação em Física pelas discussões proveitosas.

À André Neves, Adilmo (cara pálida), Fabiane e Marcélio pelas intensas lutas travadas contra as disciplinas, principalmente eletrodinâmica.

Aos novos colegas de mestrado.

À Cinthia, Francilene e Joanes, pois sempre foram verdadeiros amigos, e hoje, distantes da UFS, deixam muitas saudades.

Às secretárias Gigi e Claudinha pelo apoio, dedicação, competência e responsabilidade nas suas atividades desenvolvidas.

À Miguel, Igor e Marlon pelas brincadeiras e companheirismo nas horas que mais precisava.

À Márcio (baixinho) por sempre me enrolar.

Ao Instituto de Física Médica LTDa (Valmiro, Katiúcia, Luís Eduardo e Gilson) pelos equipamentos e bibliografia emprestada. Sem isso eu não teria realizado esse trabalho. Agradeço especialmente a Gilson pela sua luta incessante em prol da física médica.

A minha família pelo incentivo ao desenvolvimento desse trabalho, em especial à minha esposa Helena por estar comigo todos os dias nessa luta cristã.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| RESUMO..... | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| LISTA DE TABELAS..... | iv |
| LISTA DE FIGURAS..... | v |
| LISTA DE FIGURAS..... | v |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 2. Revisão da Literatura..... | 3 |
| 2.1 Princípios da Formação da Imagem radiográfica..... | 3 |
| 2.1.1 Histórico dos Filmes Radiográficos..... | 3 |
| 2.1.2 Composição e Características dos Filmes Radiográficos..... | 7 |
| 2.1.3 Formação da Imagem Latente..... | 10 |
| 2.1.4 Processo de Formação da Imagem Latente..... | 12 |
| 2.1.5 Processamento da Imagem Latente..... | 13 |
| 2.2 Processadora..... | 18 |
| 2.2.1 Breve Histórico..... | 18 |
| 2.2.2 Principais Componentes de uma Processadora Automática..... | 19 |
| 2.3 Propriedades Sensitométricas..... | 24 |
| 2.4 Programa de Garantia da Qualidade da Imagem Radiográfica..... | 31 |
| 2.4.1 Histórico..... | 31 |
| 2.4.2 PGQ em Processadoras e Câmara Escura..... | 33 |
| 2.4.3 CQ em Processadoras e Câmara Escura..... | 36 |
| 3. Materiais e Métodos..... | 42 |
| 3.1 Hospitais Públicos e Programa de Avaliação da Imagem Radiográfica..... | 42 |
| 3.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e das processadoras..... | 45 |
| 3.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente..... | 45 |
| 3.4 Qualidade do processamento..... | 45 |
| 3.4.1 Método Sensitométrico..... | 46 |
| 3.4.2 Monitoração da temperatura..... | 51 |
| 3.4.3 Monitoração do pH..... | 51 |
| 3.4.4 Teste do tempo seco-a-seco..... | 52 |
| 3.4.5 Condições de armazenamento dos filmes..... | 53 |
| 3.4.6 Fog da câmara escura..... | 54 |
| 3.4.7 Índice de rejeição de filmes e consumo de produtos químicos..... | 54 |
| 4. Resultados e Discussão..... | 56 |
| 4.1 Condições iniciais (antes da implantação de um PGQ em câmara escura e processadora)..... | 56 |
| 4.1.1 Programa de avaliação da imagem radiográfica..... | 56 |
| 4.1.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e processadoras..... | 58 |
| 4.1.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente..... | 64 |
| 4.1.4 Qualidade do Processamento..... | 66 |
| 4.2 Após a implantação de um PGQ em câmara escura e processadora..... | 91 |
| 4.2.1 Programa de avaliação da imagem radiográfica..... | 91 |
| 4.2.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e processadoras..... | 92 |
| 4.2.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente..... | 93 |
| 4.2.4 Estudo das propriedades sensitométricas de dois filmes diferentes..... | 94 |
| 4.2.5 Qualidade do processamento..... | 96 |
| 5. Conclusão..... | 105 |
| 6. Próximos Passos..... | 107 |
| 7. Bibliografia..... | 108 |
| APÊNDICE..... | 111 |

RESUMO

As condições iniciais da câmara escura e processamento de filmes de raios X de dois hospitais públicos da cidade de Aracaju-SE, denominados hospital A e hospital B, foram avaliadas para definir as ações de um programa de garantia da qualidade (PGQ) que resultaria em melhoria na qualidade das imagens radiográficas e em redução de custos para ambos os hospitais. No hospital B não foi possível implantar o PGQ, pois ele não atendeu, em tempo adequado, aos requisitos feitos. Entretanto, foram feitas várias sugestões de melhoria que, se implementadas, deverão contribuir para uma grande redução do índice de rejeição dos filmes e da quantidade de artefatos existentes na imagem radiográfica desse hospital. Porém, no hospital A, as ações que definem um PGQ foram implantadas com excelentes resultados. Houve redução de cerca de 50% dos gastos associados ao consumo de produtos químicos e melhoria na qualidade da imagem radiográfica. Os resultados também comprovam que a presença de um físico médico capacitado para acompanhar um PGQ é imprescindível, pois sem ele as ações do PGQ começam a ser negligenciadas. Uma nova ferramenta ou novo método foi primeiramente desenvolvida neste trabalho, através do uso do software ORIGIN[®], com a qual foi possível obter precisamente os valores referentes ao contraste dos filmes dos hospitais A e B, e que poderá ser aplicada em outros trabalhos.

ABSTRACT

The initial conditions of the darkroom and X rays films processing of two public hospitals, called A hospital and B hospital, in Aracaju-SE city had been evaluated to define the actions for an Assurance Quality Program (AQP) that would result in the quality improvement of the radiographic images obtained and in costs reduction for both hospitals. In B hospital was not possible to implant the AQP, because the requirements were not performed on time to this work. However, one expects to get a great reduction of the films rejection index and in its radiographic image artifacts after the AQP deeds be accomplished. Nevertheless, in the A hospital, the actions that define an AQP had been established with excellent results. It was obtained a reduction of about 50% of the expenses associates to the chemical products consumption and improvement in the radiographic image quality. The results also proved that the presence of a medical physicist enabled to follow an AQP is essential, since without it the actions of the AQP will be neglected. A new tool or a new method to obtain film contrast was developed in this work with the support of the ORIGIN® software. With this technique was possible to accurate get the referring values to the films contrast of the A and B hospitals with a linear adjustment, and that could be applied in another hospital.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1. Níveis máximos de impurezas da água e a faixa de pH ¹ | 39 |
| Tabela 3.1. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital A sem a Implantação do PGQ. Os dias de monitoração referem-se ao dias úteis de um mês..... | 47 |
| Tabela 3.2. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital A com a Implantação do PGQ.Os dias de monitoração referem-se ao dias úteis de um mês..... | 47 |
| Tabela 3.3. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital B sem a Implantação do PGQ.Os dias de monitoração referem-se ao dias úteis de um mês..... | 48 |
| Tabela 4.1. Contraste Radiográfico e contraste do filme referente a cada temperatura da solução reveladora no tanque da processadora..... | 57 |
| Tabela 4.2. Resultados obtidos através do teste do fog da câmara escura descrito pelo protocolo ARCAL XLIX 22..... | 80 |
| Tabela 4.3. Resultados obtidos através do teste do fog da câmara escura descrito pelo protocolo ARCAL XLIX 22..... | 81 |
| Tabela 4.4. Lista dos valores dos parâmetros sensitométricos do filme fabricado pela IBF e do filme fabricado pela Fujifilm. | 94 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Aparato experimental de Joseph Nicephore Niepce utilizado para registrar a primeira fotografia permanente. | 3 |
| Figura 2.2. Espectro de emissão da tela intensificadora contendo oxissulfato de Gadolínio, térbio ativado; e curva de absorção de um tipo de filme sensível à luz verde ¹ | 6 |
| Figura 2.3. Dois chassis modernos abertos. No chassi de baixo, os dois componentes brancos colocados na parte interna são os écrans. | 7 |
| Figura 2.4. Tipos de grãos de haletos de prata presentes na emulsão. Acima estão os grãos tri-dimensionais e abaixo os grãos tabulares. | 9 |
| Figura 2.5. Rede cristalina de um microcristal de haletos de prata. | 11 |
| Figura 2.6. Formação de um centro de imagem latente. | 13 |
| Figura 2.7. (A) Reação da hidroquinona com 2 íons de prata. (B) Reação da fenidona com 2 íons de prata. | 14 |
| Figura 2.8. Primeiro protótipo de uma processadora automática de filmes. | 19 |
| Figura 2.9. Principais componentes de uma processadora automática. | 20 |
| Figura 2.10. Rack. | 22 |
| Figura 2.11. Ocupação dos racks nos respectivos tanques de uma processadora automática. | 23 |
| Figura 2.12. Tira sensitométrica obtida a partir de um sensitômetro. | 25 |
| Figura 2.13. Curva característica e suas regiões. | 26 |
| Figura 2.14. Curvas características de dois filmes. O filme A apresenta maior sensibilidade do que o filme B. | 28 |
| Figura 2.15. Curvas características de dois filmes com diferentes latitudes. | 30 |
| Figura 2.16. EPI's (aventais, galochas, luvas e máscaras) que devem ser usados no ato da mistura dos produtos químicos. | 35 |
| Figura 2.17. Dois tipos de sistema de tratamento interno para soluções químicas utilizadas. | 36 |
| Figura 3.1. À esquerda, processadora automática do hospital A. À direita, processadora automática do hospital B. | 42 |
| Figura 3.2. Placa de acrílico com reentrâncias preenchidas com massa "Durapox". | 43 |
| Figura 3.3. Esquema da região da placa de acrílico definida para obter os valores referentes ao contraste radiográfico. | 44 |
| Figura 3.4. Sensitômetro e densitômetro utilizados. | 48 |
| Figura 3.5. Termômetro, cronômetro e pHâmetro digitais utilizados. | 53 |
| Figura 3.6. Higrômetro utilizado. | 54 |
| Figura 4.1. Câmara escura do hospital A. A primeira foto mostra a entrada da processadora e a segunda apresenta um tanque existente na sala e a porta com vedação para luz externa. | 59 |
| Figura 4.2. Rolos da processadora do hospital A. | 59 |
| Figura 4.3. Em A, diversas bobinas de acondicionamento de soluções fixadora utilizadas. Em B, diversos baldes e vasilhames que não faziam parte de nenhuma etapa do processamento dos filmes. Em C, papéis recortados e pedaços de madeira. Em D, caixas de papelão, inclusive caixa de filmes vazias. | 60 |
| Figura 4.4. Rolos da processadora do hospital B com diversas manchas. | 62 |
| Figura 4.5. Tanque de lavagem da processadora do hospital B. Nesta fotografia podem ser observados resíduos no fundo do tanque de lavagem. | 62 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.6. Localização do exaustor na câmara escura do hospital A. | 64 |
| Figura 4.7. Canos de despejo das soluções químicas utilizadas no hospital B. | 65 |
| Figura 4.8. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A. Após o 10º dia a temperatura ficou abaixo do limite mínimo..... | 68 |
| Figura 4.9. Monitoração diária da temperatura da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B. Há um a grande variação da temperatura, que apresentou alguns picos, no 3º e no 21º dias de monitoramento, acima do limite máximo de temperatura estabelecido. | 69 |
| Figura 4.10. Monitoração diária da temperatura da água de lavagem sem a implantação do PGQ no hospital B. Há uma grande variação da temperatura, que apresentou alguns picos, no 3º e no 21º dias de monitoramento, acima do limite máximo de temperatura estabelecido. | 70 |
| Figura 4.11. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B. No início da monitoração há um superaquecimento no tanque de revelação, que é corrigido após o 15º dia. | 71 |
| Figura 4.12. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 72 |
| Figura 4.13. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 73 |
| Figura 4.14. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 73 |
| Figura 4.15. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 75 |
| Figura 4.16. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 75 |
| Figura 4.17. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 76 |
| Figura 4.18. Tiras obtidas através do teste do fog da câmara escura sem implantação do PGQ no hospital A. | 79 |
| Figura 4.19. Tiras obtidas através do teste do fog da câmara escura sem implantação do PGQ no hospital B. | 80 |
| Figura 4.20. Monitoração diária da densidade óptica da base + fog sem a implantação do PGQ no hospital A. | 83 |
| Figura 4.21. Monitoração diária do índice de sensibilidade sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 84 |
| Figura 4.22. Monitoração diária do índice de contraste sem a implantação do PGQ no hospital A. | 85 |
| Figura 4.23. Monitoração diária do contraste obtido a partir do protocolo ARCAL XLIX sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 85 |
| Figura 4.24. Monitoração diária do contraste obtido a partir do software ORIGIN® sem a implantação do PGQ no hospital A..... | 86 |
| Figura 4.25. Gráfico da monitoração diária da densidade óptica da base + fog antes da implantação do PGQ no hospital B..... | 87 |
| Figura 4.26. Monitoração diária do índice de sensibilidade sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 88 |
| Figura 4.27. Monitoração diária do índice de contraste sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 88 |
| Figura 4.28. Monitoração diária do contraste obtido a partir do protocolo ARCAL XLIX sem a implantação do PGQ no hospital B..... | 89 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.29. Gráfico da monitoração diária do contraste obtido a partir do software ORIGIN [®] sem a implantação do PGQ no hospital B. | 89 |
| Figura 4.30. Curvas características da IBF e da Fujifilm. | 94 |
| Figura 4.31. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A. | 96 |
| Figura 4.32. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A. | 97 |
| Figura 4.33. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A. | 98 |
| Figura 4.34. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A. | 98 |
| Figura 4.35. Monitoração diária da densidade da base + fog após a implantação do PGQ no hospital A. | 101 |
| Figura 4.36. Monitoração diária do índice de sensibilidade após a implantação do PGQ no hospital A. | 102 |
| Figura 4.37. Monitoração diária do índice de contraste após a implantação do PGQ no hospital A. | 102 |
| Figura 4.38. Monitoração diária do contraste obtido por meio do protocolo ARCAL XLIX após a implantação do PGQ no hospital A. | 103 |
| Figura 4.39. Monitoração diária do contraste obtido por meio do software ORIGIN [®] após a implantação do PGQ no hospital A. | 103 |

1. Introdução

A partir de 1914, a busca por filmes com maior sensibilidade, maior contraste e maior facilidade de manuseio tornaram-se o principal objetivo dos fabricantes de filmes de raios X ^{1, 2}. Fabricantes de produtos químicos e de processadoras automáticas engajaram-se nesse estudo para propiciar aos filmes o ambiente de processamento que mantivesse adequados os parâmetros sensitométricos dos filmes. Pesquisadores realizaram estudos para averiguar a combinação entre filmes e produtos químicos que propiciassem os melhores parâmetros sensitométricos ^{3,4,5}.

Para garantir as melhores características da imagem radiográfica foram propostas ações que constituíram o denominado Programa de Garantia da Qualidade (PGQ) da imagem ^{6,7,8,9}. Este programa envolve o controle das ações referentes à limpeza da câmara escura e da processadora, condições de estocagem de filmes virgens e condições do processamento de filmes. O objetivo principal do PGQ é garantir a manutenção dos parâmetros sensitométricos e as características da imagem radiográfica. Alguns programas já implantados demonstraram a importância do PGQ, como foi o caso de um estudo realizado na Grécia, em que um PGQ foi implantado em 80 processadoras automáticas de hospitais e clínicas ¹⁰. No Brasil, um PGQ implantado em câmaras escuras e processadoras automáticas de um hospital universitário do Rio de Janeiro mostrou redução de custos e melhoria na qualidade das imagens radiográficas do hospital ⁷.

Em Sergipe, não havia sido implantado o PGQ em câmara escura e processadora de filmes de raios X em nenhum hospital público. Sendo assim, para melhorar a qualidade da imagem radiográfica obtida e diminuir seus custos na

revelação dos filmes, dois hospitais públicos de Aracaju –SE tiveram suas condições iniciais da câmara escura e do processamento de filmes avaliadas com o objetivo de se definir um conjunto de ações específicas, de forma a garantir que os parâmetros sensitométricos e a qualidade da imagem radiográfica fossem controlados em cada hospital, com conseqüente implantação de um PGQ em ambos.

A monitoração dos parâmetros sensitométricos seguiram as metodologias descritas por Haus and Jakulski ¹ e pelo protocolo ARCAL XLIX ¹¹. Foi, primeiramente, desenvolvida uma nova ferramenta que calcula o coeficiente angular da porção linear da curva característica com recursos do software ORIGIN[®].

2. Revisão da Literatura

2.1 Princípios da Formação da Imagem radiográfica

2.1.1 Histórico dos Filmes Radiográficos

Os filmes radiográficos surgiram com a descoberta dos raios X, e estiveram interligados com o desenvolvimento das imagens fotográficas.

Em 1826, o francês Joseph Nicephore Niepce fez a primeira imagem fotográfica permanente. Através da exposição de um material sensível à luz colocado dentro de uma grande câmera escura equipada com lentes e espelho, Niepce traçou a imagem refletida pelo material sensível, fazendo assim, a primeira imagem fotográfica permanente ¹. A **Figura 2.1** demonstra o aparato utilizado pelo cientista.

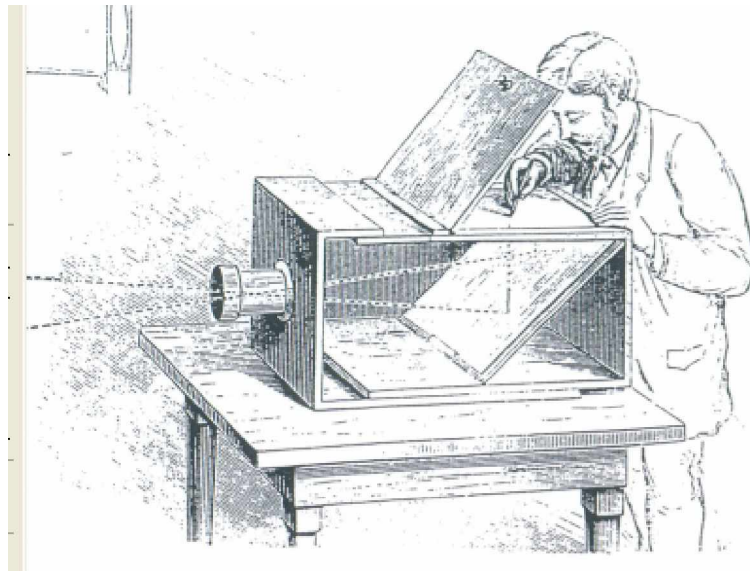


Figura 2.1. Aparato experimental de Joseph Nicéphore Niépce utilizado para registrar a primeira fotografia permanente ¹.

Desde então, vários estudos foram realizados para estabelecer qual o melhor material para registrar as imagens fotográficas (emulsão), além do melhor suporte ou base para esse material. O brometo de prata foi largamente utilizado como emulsão e chapas de vidro, gelatinas e papéis foram usados como suporte ou base.

Em 1896, o Dr. Carl Schleussner fabricou a primeira chapa para registrar imagens de raios X a pedido de Roentgen. A chapa continha uma única camada de emulsão mais espessa do que a chapa fotográfica, pois a emulsão era pouco sensível aos raios X ^{1, 12}.

A partir de 1914, com a Primeira Guerra Mundial, os filmes de raios X tornaram-se cada vez mais populares. O vidro que era utilizado na fabricação das chapas vinha da Bélgica. Porém com o envolvimento deste país com a Guerra, o suprimento de vidro para o mundo acabou sendo cortado. Devido a essa falta de fornecimento de vidro, o estudo dos filmes na radiologia obteve grande avanço ^{1,2}.

Atualmente, os filmes de raios X médico são, basicamente, constituídos por uma base de poliéster tingida de azul, coberta em um ou ambos os lados por uma emulsão gelatinosa contendo diversos grãos de haletos de prata sensíveis à luz verde.

2.1.1.1 Aspectos Gerais sobre as telas intensificadoras

As telas intensificadoras fluorescentes, ou écrans, são acessórios usados em conjunto com os filmes radiográficos como um artifício para melhorar o nível de sensibilização do filme. Para a realização dos exames, os filmes são protegidos contra a ação da luz por um invólucro denominado chassi, o qual, também, abriga os écrans ².

Como os filmes radiográficos apresentavam pouca sensibilidade aos raios X e, ao contrário, grande sensibilidade à radiação luminosa telas fluorescentes intensificadoras foram desenvolvidas para converter um único fóton de raio X em cerca de 10 a 100 fótons de luz, diminuindo o tempo necessário de exposição à radiação X. Nesse processo, os raios X interagem com as telas intensificadoras, constituídas por fósforos de terras raras ou sulfato de bário, convertendo a radiação X em radiação luminosa.

Em 1886, Thomas A. Edison e seus sócios testaram aproximadamente 8500 diferentes materiais para construir uma nova lâmpada incandescente. Destas substâncias, o tungstato de cálcio apresentou fluorescência seis vezes mais intensa do que o platinocianureto de bário, substância utilizada por Roentgen na descoberta dos raios X^{1, 12}. Além de inventor, Edison que também era empresário, desenvolveu em 1896, com seus conhecimentos adquiridos sobre fluorescência, o fluoroscópio, o aparelho que permite obter imagens de raios X sobre uma tela fluorescente, ao invés de uma chapa fotográfica. O inventor dedicava-se ao desenvolvimento de uma lâmpada que funcionaria por meio da produção de raios X dentro de um tubo de vidro recoberto por material luminescente, que passaria a brilhar quando atingido pela radiação. Foi de Edison um dos primeiros relatos sobre danos físicos causados por raios X. Clarence Dally, seu assistente, que já havia auxiliado na produção do fluoroscópio e trabalhava no novo projeto, segundo Edison, foi *“afetado venenosamente, de tal forma que seu cabelo caiu e sua carne começou a ulcerar”*. Dally faleceu de câncer em 1904 com 39 anos de idade, tendo antes submetido-se a várias cirurgias, incluindo amputações dos membros superiores¹³.

Em 1930, a maioria dos exames de radiografia convencional foi feita com um par de telas intensificadoras de tungstato de cálcio com filmes de dupla-emulsão. Esse tipo de combinação foi utilizado pelos 25 anos posteriores ¹.

Em 1970, pesquisadores sugeriram o uso das telas fluorescentes constituídas por oxissulfito de gadolínio, térbio ativado, emissor de luz verde, acopladas aos filmes ortocromáticos, principalmente sensíveis à luz verde, para as radiografias médicas. Essas telas predominam no mercado até os dias de hoje ¹. Por isso no Brasil o uso de filmes sensíveis à luz azul é proibido, devido a essa combinação de tela e filme apresentar o menor grau de enegrecimento do filme para menores exposições aos raios X ¹⁴. A **Figura 2.2** demonstra a intensidade relativa do espectro de emissão das telas de fósforo térbio ativado de oxissulfito de gadolínio e a intensidade relativa da absorção de filmes sensíveis à luz verde.

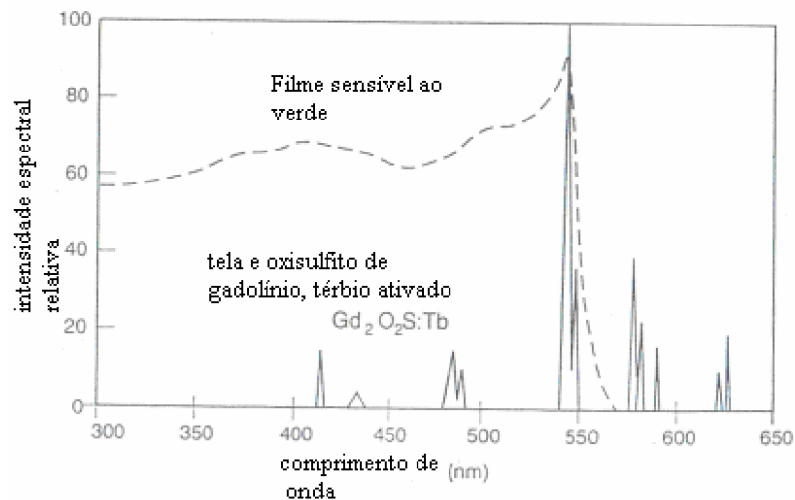


Figura 2.2. Espectro de emissão da tela intensificadora contendo oxissulfito de gadolínio, térbio ativado; e curva de absorção de um tipo de filme sensível à luz verde ¹.

Abaixo, a **Figura 2.3** demonstra dois chassis abertos.

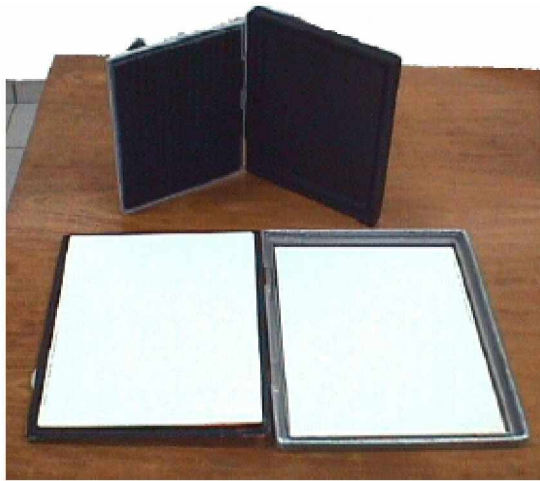


Figura 2.3. Dois chassis modernos abertos. No chassi de baixo, os dois componentes brancos colocados na parte interna são os écrans ².

2.1.2 Composição e Características dos Filmes Radiográficos

Base

A base ou suporte do filme é um componente que dá sustentação a emulsão gelatinosa. Possui cerca de 180 μm de espessura, além de uma boa estabilidade dimensional e grau apropriado de flexibilidade para manuseio ¹. A base deve ser constituída de um material transparente que absorva pouca luz visível.

Gelatina

A gelatina é um componente usado para manter fixos e bem dispersos os microcristais ou grãos de haletos de prata. A gelatina, também, deve permitir a fácil penetração das soluções de fixador e revelador ¹.

Emulsão

A emulsão é o componente receptor da imagem em filmes radiográficos. Constituída por grãos de haleto (principalmente brometo e iodeto) de prata sensíveis à luz, a emulsão pode cobrir um ou ambos os lados da base. Possui de 3 a 5 μm de espessura.

Os sistemas de dupla-emulsão com dupla-tela são mais “rápidos” que os sistemas de única-emulsão com única-tela. Contudo, esses sistemas aumentam o borramento da imagem. Com isso, em exames de mamografia, onde o borramento da imagem deve ser mínimo, os sistemas de única-emulsão com única-tela são frequentemente usados ¹.

Tipos de Grãos

Os grãos de haleto de prata são divididos quanto à sua geometria espacial. Eles podem ser tri-dimensionais, tabulares ou cúbicos. Os grãos tri-dimensionais são assimétricos e mal distribuídos. Os grãos tabulares e cúbicos possuem uma área superficial maior, uma boa distribuição e uma boa simetria ^{1, 2}. Esses grãos podem ser visualizados através da **Figura 2.4**.

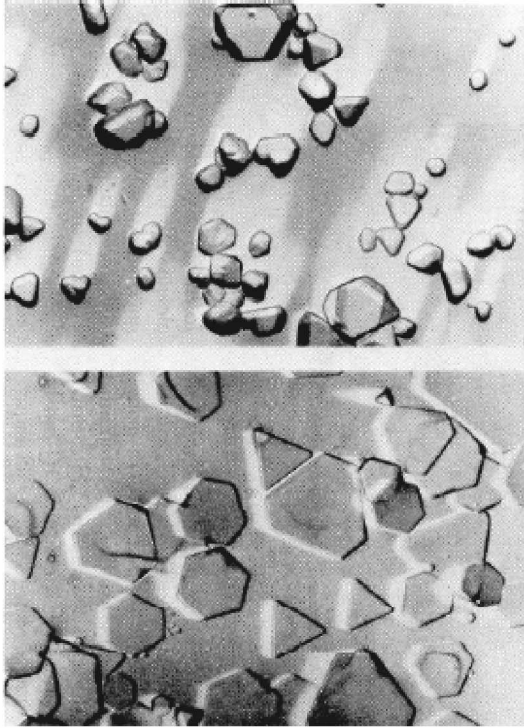


Figura 2.4. Tipos de grãos de haleto de prata presentes na emulsão. Acima estão os grãos tri-dimensionais e abaixo os grãos tabulares ².

Devido a sua grande área superficial, os grãos tabulares são mais sensíveis, possibilitando menor tempo de exposição e processamento mais rápido dos filmes. Contudo, eles possuem baixo contraste na porção reta da curva característica e, por isso, os grãos tabulares são mais utilizados em filmes para exames de radiologia convencional ¹.

Já os grãos cúbicos, devido ao alto contraste apresentado na porção reta da curva característica, são utilizados em filmes para exames de mamografia ¹.

Substrato

É o elemento de ligação entre a base e a emulsão gelatinosa ².

Capa de Proteção

A capa de proteção é uma película fina que cobre a gelatina com a finalidade de protegê-la da abrasão, ou seja, do atrito causado pelo manuseamento, além de evitar que os filmes fiquem grudados ². Ela contém compostos para melhorar o transporte através dos rolos da processadora ¹.

Corante anti-halo

O corante anti-halo é o composto colocado na base de um filme com dupla-emulsão para diminuir a passagem da radiação luminosa através da base. Com isso, evita-se que um mesmo fóton de radiação luminosa interaja com as duas camadas de emulsão.

2.1.3 Formação da Imagem Latente

Quando os microcristais ou grãos interagem com os fótons de raios X ou de luz, uma mudança física ocorre de modo a formar uma imagem latente. Essa imagem, assim designada, é uma imagem invisível ao olho humano e é definida pela quantidade de microcristais que absorvem energia desses fótons. Essa imagem, para se tornar visível, necessita passar por um processo chamado de redução, onde os microcristais sensibilizados são degradados e têm seus íons de prata convertidos em prata neutra ou prata metálica. A quantidade de prata metálica nas várias regiões do filme definirá os diversos tons de cinza presentes na imagem revelada.

2.1.3.1 Microcristais de Haletos de Prata

Em filmes radiográficos, os microcristais são compostos, basicamente, por cerca de 1 a 10% de moléculas de iodeto de prata (AgI) e cerca de 90 a 99% de moléculas de brometo de prata (AgBr). Cada microcristal contém uma média de 10^6 a 10^7 íons de prata ¹⁵. A **Figura 2.5** ilustra a estrutura cristalina do microcristal de iodobrometo de prata.

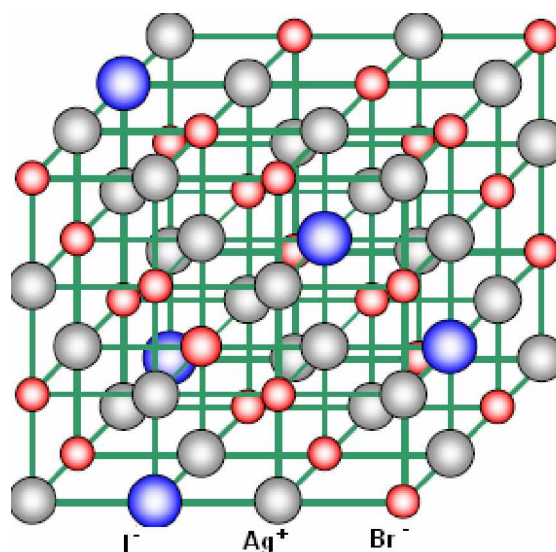


Figura 2.5. Rede cristalina de um microcristal de haletos de prata ².

Para que o microcristal de haletos de prata seja sensibilizado é necessário que exista um defeito na rede cristalina. Um tipo de defeito ocorre quando um íon de prata se desloca da sua posição original e ocupa um espaço entre dois sítios da rede cristalina. Esse defeito é chamado de defeito intersticial.

Durante a fabricação dos filmes radiográficos, impurezas, como moléculas de sulfeto de prata, são produzidas. Essas moléculas localizam-se na superfície do microcristal e são chamadas de “sensitivity speck” (mancha sensibilizadora) ^{1, 15}.

2.1.4 Processo de Formação da Imagem Latente

Como os microcristais são mais sensíveis aos fótons de luz visível do que aos fótons de raios X, neste tópico será denotada, somente, a interação dos fótons de luz visível com os microcristais.

A energia dos fótons é absorvida principalmente pelos elétrons dos íons de bromo através do efeito fotoelétrico ou do efeito Compton. A **equação 2.1** descreve a reação.



Em seguida, vários elétrons, provenientes da reação descrita acima, são aprisionados temporariamente nos sensibilizadores (“sensitivity specks”) existentes nos microcristais. Os íons de prata, principalmente aqueles dos defeitos intersticiais, deslocam-se, pela atração elétrica causada pelos elétrons, até estes sensibilizadores químicos. Ali, os íons de prata são neutralizados formando a prata metálica ou prata enegrecida ¹⁵. Pela teoria de Gurney-Mott, a primeira prata metálica formada no “sensitivity speck” atua como uma armadilha eletrônica para o segundo elétron ¹⁶. Esses pontos, onde ocorrem as transformações de íons de prata em átomos de prata, são denominados de **centros de imagem latente**. Um único microcristal pode ter um ou muitos desses centros ¹⁵. A **Figura 2.6** demonstra a formação de um centro de imagem latente.

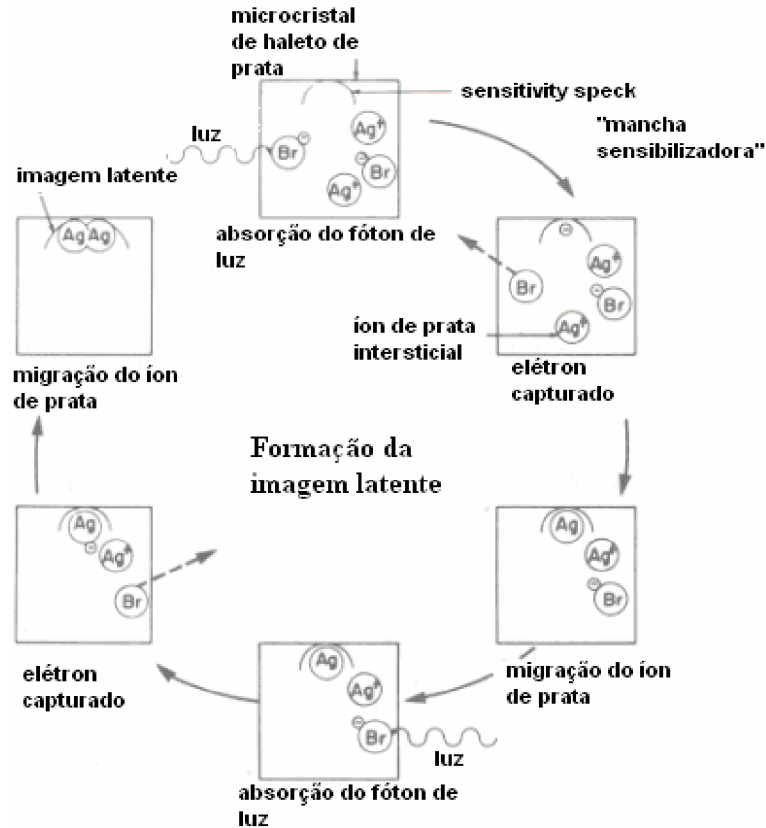


Figura 2.6. Formação de um centro de imagem latente ¹⁵.

2.1.5 Processamento da Imagem Latente

Nos centros de imagem latente ocorre o processo de redução ¹⁵. Ali inicia-se a amplificação da quantidade de átomos de prata, de modo a tornar a imagem latente em imagem visível, e cerca de 10^8 íons de prata são convertidos em átomos de prata num único microcristal ¹⁵. No processo, agentes redutores fornecem elétrons aos íons de prata dos microcristais que contém centros de imagem latente. Esses agentes redutores fazem parte da solução reveladora.

Os microcristais que não possuem centros de imagem latente são retirados do filme pelos agentes fixadores.

2.1.5.1 Revelador

Os componentes do revelador são adicionados à água para formar a solução reveladora. A mistura dos componentes na água deve ser feita da maneira recomendada pelo fabricante do revelador para alcançar um melhor desempenho químico dos componentes ^{1,2}. Os principais componentes do revelador são:

- **Agentes Redutores** (hidroquinona e fenidona)

A hidroquinona e a fenidona reduzem os íons de prata existentes nos microcristais para formar os átomos de prata ou prata metálica. A reação pode ser visualizada através da **Figura 2.7**.

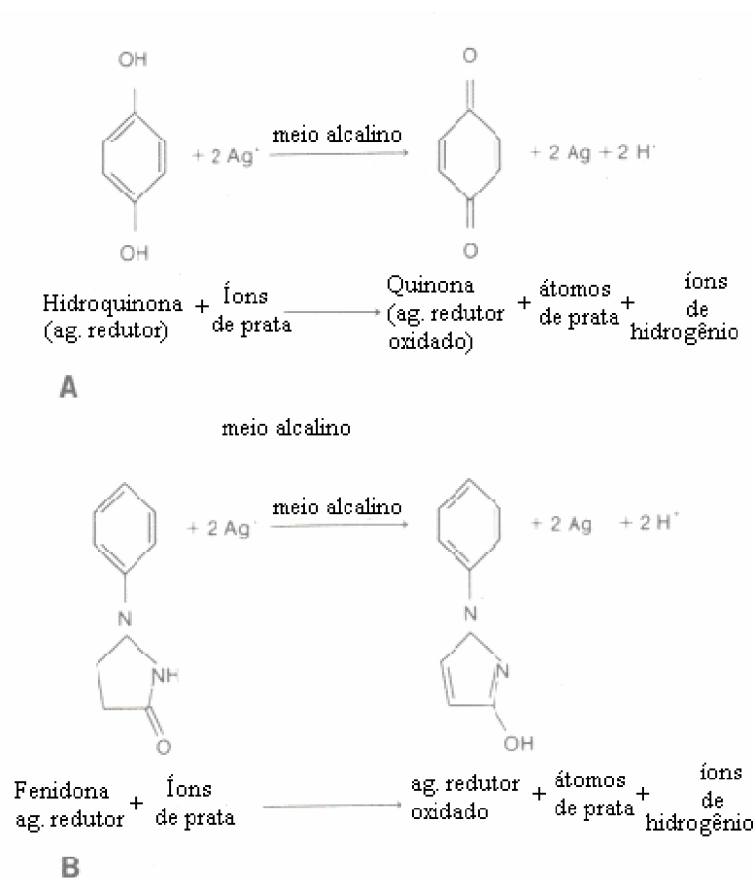


Figura 2.7. (A) Reação da hidroquinona com 2 íons de prata. (B) Reação da fenidona com 2 íons de prata ¹⁵.

Quando os agentes redutores são oxidados, dois elétrons são liberados para se combinarem com dois íons de prata. A taxa de revelação dos microcristais não expostos (sem centros de imagem latente) é muito menor que a taxa de revelação dos microcristais expostos (com centros de imagem latente). Assim, o tempo é um dos fatores fundamentais no processo de revelação.

O processo de redução causa a liberação de íons de hidrogênio na solução reveladora, além da inativação dos próprios agentes redutores. Esse fenômeno causa o retardamento do processo, pois a redução é acelerada em meio alcalino (meio básico) ^{1, 15}.

- **Agentes Ativadores** (carbonatos de sódio, carbonatos de potássio)

Como a reação de redução deve ocorrer em meio alcalino, os agentes ativadores ajustam a concentração dos íons de hidrogênio da solução reveladora. Carbonatos de sódio, carbonatos de potássio, além de hidróxido de potássio são designados a manter o pH (potencial hidrogeniônico) alcalino.

- **Preservativos** (sulfito de sódio, sulfito de potássio)

Além da manutenção do pH alcalino, é necessário evitar a oxidação dos agentes redutores através de fatores externos, como oxigênio vindo do ar ambiente. Esse tipo de oxidação diminui a quantidade de agentes redutores ativos, colaborando para diminuir a velocidade da revelação. O sulfito de sódio e o sulfito de potássio removem o oxigênio dissolvido na solução, ou na superfície da solução, antes dele ter tempo de oxidar os agentes redutores ¹⁵.

- **Agentes antifog (Brometos de potássio, dietileno glicol)**

Para diminuir a taxa dos microcristais não expostos que sofrem a ação dos agentes redutores, a solução reveladora contém sais de brometos e compostos orgânicos denominados agentes antifog. O **fog** é um enegrecimento adicional do filme causado pela revelação de microcristais não expostos aos raios X e à luz visível (microcristais sem centros de imagem latente). Contudo, o fog pode ainda ser aumentado pela interação com a entrada de luz branca, influência de luzes vermelhas (luzes de segurança) ou entrada de raios X na câmara escura ou no local onde são armazenadas as caixas de filmes.

- **Endurecedores (glutaraldeído)**

Os endurecedores controlam o amolecimento da gelatina, evitando o seu rompimento mecânico durante o tracionamento entre os rolos da processadora. Eles também auxiliam na manutenção da qualidade da imagem durante o arquivamento ¹⁷.

2.1.5.2 Fixador

Da mesma forma que no revelador, os componentes do fixador são misturados à água de forma a produzirem uma solução fixadora. Uma mistura inadequada pode resultar no aparecimento de listras branco-amareladas no filme processado, resultado de uma solução com pouca concentração de agentes fixadores ¹. A principal função do fixador é retirar os microcristais não revelados da emulsão do filme e neutralizar a ação dos agentes redutores. Seus principais componentes são:

- **Agente Fixador** (Tiosulfato de amônio)

Reage com os íons de prata, produzindo um complexo capaz de ser dissolvido na emulsão. A literatura indica que em uma concentração de tiosulfato de amônio abaixo de 150 gramas por litro, a solução fixadora exibirá uma taxa de fixação dependente da concentração de tiosulfato de amônio ¹. Concentrações muito elevadas podem causar retenção do tiosulfato na emulsão do filme, aparecendo sob a forma de manchas branco-amareladas.

- **Agente Neutralizador** (Ácido acético)

O ácido acético neutraliza a ação dos agentes redutores presentes na emulsão do filme.

- **Preservativo** (Sulfito de sódio)

Preserva o tiosulfato da ação de oxidação.

- **Agente Endurecedor** (Sulfato de alumínio)

Controla o amolecimento da gelatina, evitando os danos mecânicos quando o filme passa através dos rolos da processadora.

- **Agente Ativador** (Acetato, sulfito de sódio)

Ajuda a manter o meio ácido, controlando o pH.

2.2 Processadora

2.2.1 Breve Histórico

Até o início de 1900, o processamento das antigas chapas radiográficas era feito manualmente através de bandejas com tamanhos distintos, preenchidas com soluções químicas. Esse tipo de processamento era trabalhoso, porque as chapas radiográficas precisavam ser constantemente agitadas e levava cerca de 10 a 25 minutos para serem completamente reveladas.

Em 1929, um filme passou a levar 6 minutos para ser revelado a uma temperatura de 20°C da solução reveladora. Contudo, levava cerca de 1 hora para se obter um filme completamente seco e pronto para ser lido¹. Esse tempo relativamente curto para a revelação do filme era conseguido nessa época através do aumento da exposição do paciente e do uso de tanques para o processamento.

Em 1942, foi lançado o primeiro protótipo de processadora automática de filmes de raios X, até então o processamento era todo manual. Os filmes eram processados em 40 minutos. Ao fim de 1956, processadoras com rolos transportadores substituíram as processadoras que utilizavam cabides metálicos para segurar os filmes. As processadoras eram muito grandes e pesadas, chegando a ter 3 metros de comprimento e 800 quilogramas de massa¹.

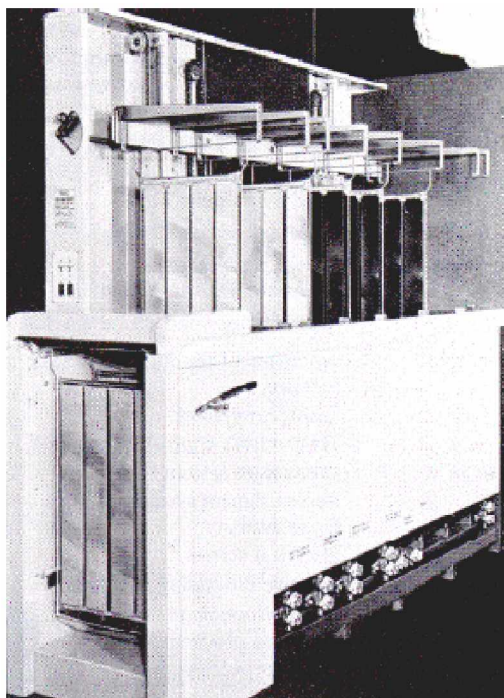


Figura 2.8. Primeiro protótipo de uma processadora automática de filmes ².

Em 1965, o processamento automático já era feito em 90 segundos, o que provocou um grande aumento na produtividade dos hospitais e clínicas. Esses modelos permanecem até os dias de hoje. É claro que, inovações têm sido feitas no sentido de aumentar cada vez mais a produtividade dos hospitais e clínicas. Novas características incluem processadoras controladas por microprocessadores ¹.

2.2.2 Principais Componentes de uma Processadora Automática

Uma processadora é composta por quatro sistemas: **tanque de revelação**, **tanque de fixação**, **tanque de lavagem** e **sistema de secagem**. Os tanques de revelação e fixação são constituídos por componentes semelhantes, que atendem as necessidades da solução reveladora e fixadora. Esses componentes são: **bomba de reposição**, **bomba de recirculação**, **sensor de controle da temperatura** e

cano de escoamento ou **dreno**. A **figura 2.9** mostra os principais componentes de uma processadora automática. Para transportar os filmes ao longo dos tanques e do sistema de secagem, a processadora é constituída por um **sistema de transporte**.

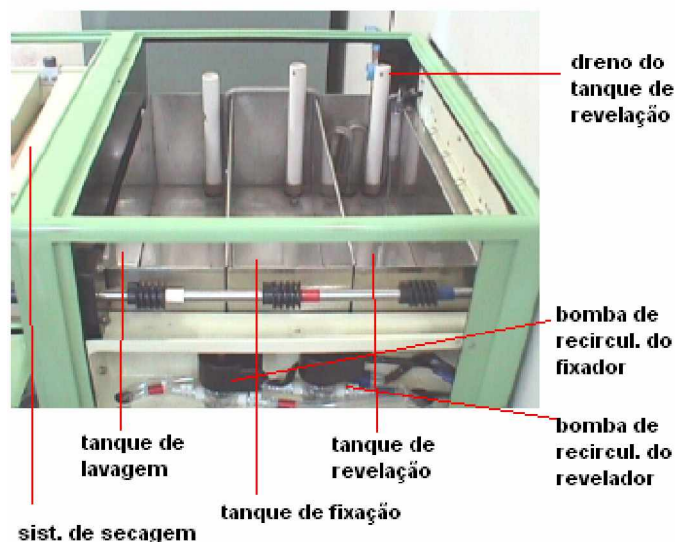


Figura 2.9. Principais componentes de uma processadora automática.

2.2.2.1 Tanque de Revelação e Tanque de Fixação

É no tanque de revelação que ocorre o processo de revelação do filme. Quando um filme passa pelo tanque de revelação, alguns ingredientes químicos são consumidos e outros são produzidos (principalmente íons de brometo), diminuindo a atividade da solução reveladora. Para reduzir a perda de atividade da solução reveladora, a bomba de reposição move uma solução nova do **tanque de reposição de revelador**, ou do auto-misturador (equipamento utilizado para misturar os componentes do revelador e fixador com água), para o tanque de revelação. A essa atividade dá-se o nome de reposição. A taxa de reposição pode ser definida em termos da quantidade e dos tipos de filmes processados em um dia de oito horas de trabalho ¹.

A bomba de recirculação mistura a solução fresca, vinda do **tanque de reposição do revelador**, com a solução “temperada” do tanque de revelação (o termo “temperada” refere-se às mudanças ocorridas na solução reveladora devido ao consumo e deposição de ingredientes químicos decorrentes do processo de revelação). A circulação é necessária para homogeneizar a concentração dos ingredientes químicos em todo volume do tanque de revelação. O tanque de revelação possui um filtro com porosidade de 75 µm para diminuir a agregação de partículas formadas no tanque de revelação ¹. A bomba de recirculação, juntamente com o sensor de controle da temperatura (termostato ou termistor), também deve manter o controle da temperatura do tanque de revelação. O tanque de revelação possui um aquecedor e um cano de esfriamento conectado ao tanque de lavagem para controlar a temperatura.

O cano de escoamento elimina o excesso de volume de solução reveladora criado quando solução fresca é deslocada do tanque de reposição do revelador para o tanque de revelação.

Os componentes existentes no tanque de fixação são similares aos componentes existentes no tanque de revelação. Contudo, a temperatura do tanque de fixação não é tão crítica quanto à do tanque de revelação e, por isso, alguns fabricantes de processadoras excluem o sensor de temperatura, o aquecedor e o cano de esfriamento do tanque de fixação. Também não é necessária a utilização de um filtro como no tanque de revelação ¹.

2.2.2.2 Tanque de Lavagem e Sistema de Secagem

O tanque de lavagem elimina os produtos químicos remanescentes do tanque de fixação, garantindo o prolongamento da informação radiográfica. A água

utilizada para a lavagem é fornecida pelo próprio serviço de abastecimento e deve ser filtrada para diminuir a quantidade de impurezas presentes na água vinda da rede urbana. O filtro deve ser trocado no máximo a cada três meses. Esse tanque possui uma entrada de água filtrada para que o acúmulo de ingredientes químicos no filme vindo do tanque de fixação possa ser diminuído. O excesso de água é eliminado pelo dreno do tanque de lavagem (conforme **figura 2.9**).

O sistema de secagem é responsável por deixar o filme seco e pronto para ser laudado. A temperatura do sistema de secagem deve ser definida tão baixa quanto possível, pois temperaturas altas podem causar artefatos de imagem que são visíveis quando a luz atravessa o filme ¹.

2.2.2.3 Sistema de Transporte

O sistema de transporte move o filme através dos tanques de revelação, fixação e lavagem e do sistema de secagem. O sistema de transporte é composto por quatro conjuntos de rolos chamados **racks** ². A **figura 2.10** mostra um rack de uma determinada processadora. A ocupação dos racks nos respectivos tanques em uma processadora automática é apresentada na **figura 2.11**.



Figura 2.10. Rack.

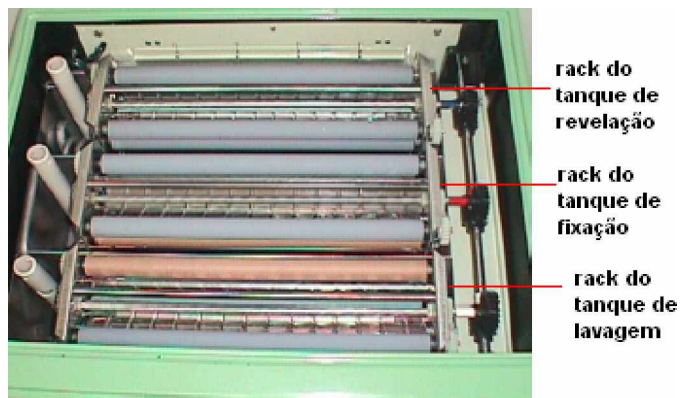


Figura 2.11. Ocupação dos racks nos respectivos tanques de uma processadora automática.

Para que os rolos possam mover os filmes através dos tanques e sistema de secagem é necessário que um motor gire as engrenagens dos racks. Alguns modelos de processadoras permitem ao usuário escolher a velocidade de giro das engrenagens. Essas opções de velocidade de giro das engrenagens definem o tempo ou os tipos de ciclos de processamento. Cada ciclo deve ser relacionado com a temperatura da solução reveladora para alcançar os resultados desejados do processamento ^{1, 3, 7, 18}.

2.3 Propriedades Sensitométricas

As propriedades sensiométricas são características definidas a partir do estudo das medidas de variação da resposta do filme à variação de exposição. Nesse trabalho, o termo exposição refere-se à quantidade de energia de radiação (produto da intensidade da radiação eletromagnética pelo tempo de interação, em função da energia) que atinge uma determinada área do filme ^{1, 2}. As principais características de um filme radiográfico são: **densidade da base + fog, sensibilidade** ou **velocidade, contraste e latitude**.

A resposta do filme à exposição é chamada de **densidade óptica**. A densidade óptica é a medida quantitativa do enegrecimento do filme. Quanto mais enegrecido o filme, menor será a sua transparência à luz e vice-versa. O enegrecimento em uma determinada região do filme revela a quantidade de prata metálica ali presente. A densidade óptica de uma região do filme é calculada a partir da **equação 2.2**:

$$D = \log [I_0 / I_t] \quad \text{Eq. 2.2}$$

Onde: I_0 = Intensidade luminosa incidente

I_t = Intensidade luminosa transmitida

D = Densidade óptica

O **densitômetro** é um instrumento que mede a quantidade de luz que atravessa determinada região do filme e, a partir da quantidade luminosa incidente conhecida, fornece a densidade óptica.

Para analisar as características de um filme é necessário fazer um gráfico de uma curva chamada **curva característica**, ou **curva sensiométrica**, ou ainda **curva H&D**. Esse último nome é devido aos pesquisadores Hunter e Drunsfield

que primeiro estudaram a relação entre exposição e densidade óptica do filme em 1890^{1, 2, 15, 19, 20}.

- **Curva Característica**

A curva característica é um gráfico obtido a partir de uma série de exposições conhecidas, aplicadas a diferentes áreas de um filme, e das densidades ópticas correspondentes após o processamento. A imagem formada a partir desse conjunto de exposições conhecidas denomina-se **fita sensitométrica**.

O **sensitômetro** é um instrumento que expõe o filme com quantidades de luz conhecidas através de um modulador de luz com 21 passos. Cada passo emite 41,4% a mais de quantidade de luz em relação ao passo anterior^{21, 22}. A **figura 2.12** mostra uma fita sensitométrica obtida a partir de um sensitômetro.

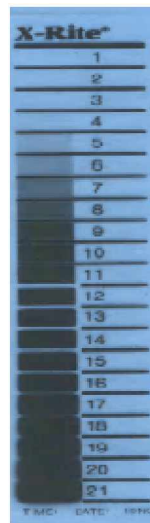


Figura 2.12. Tira sensitométrica obtida a partir de um sensitômetro.

Então, cada densidade óptica medida é relacionada ao respectivo logaritmo da exposição relativa ao primeiro passo, de forma que:

- Ü Logaritmo da exposição do passo 1 relativa ao passo 1 = 0,0
- Ü Logaritmo da exposição do passo 2 relativa ao passo 1 = 0,15
- Ü Logaritmo da exposição do passo 3 relativa ao passo 1 = 0,30

Ü E assim sucessivamente.

A **figura 2.13** mostra uma curva característica e suas regiões.

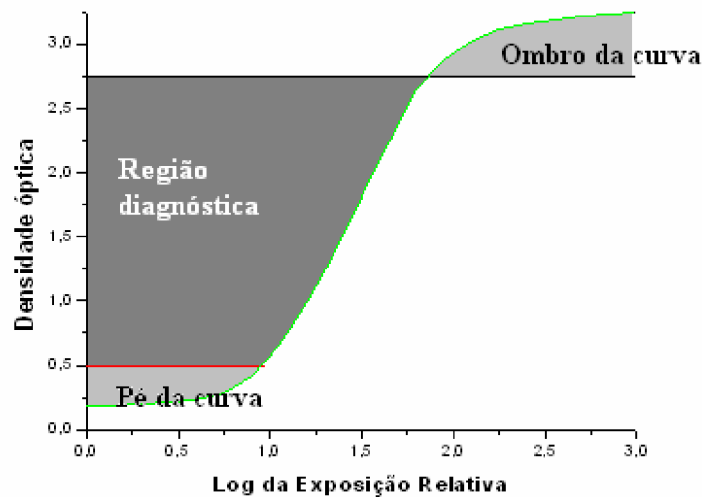


Figura 2.13. Curva característica e suas regiões.

O uso da escala logarítmica permite que uma faixa muito grande de exposições seja usada. Quando dobramos a exposição, a distância na escala logarítmica permanece a mesma para qualquer valor numérico dobrado.

As regiões definidas como “pé” e “ombro” da curva sofrem pouca variação na densidade óptica em decorrência de uma grande variação no logaritmo da exposição relativa (veja **figura 2.13**)^{2, 17}.

Na porção linear da curva, a densidade óptica é aproximadamente proporcional ao logaritmo da exposição relativa. Ela é chamada de **região diagnóstica** por que nela são obtidas as imagens radiográficas^{15, 17}. Por exemplo, na rotina clínica, se uma radiografia de abdômen que utiliza os fatores radiográficos de 70 kVp (tensão de aceleração de pico do tubo de raios X) e 75 mAs (produto da corrente do tubo de raios X pelo tempo de exposição) precisa ser repetida devido à ocorrência de baixo enegrecimento, então, deve-se aumentar o

mAs para 150 (o dobro da exposição) e manter os outros fatores radiográficos constantes para obter o resultado desejado.

A partir da curva característica de um filme particular, pode-se obter informações sobre a densidade da base + fog, sensibilidade ou velocidade, contraste e latitude.

- ***Densidade da base + fog***

Todo filme apresenta uma densidade intrínseca ou natural devido à base e ao fog (base + fog), já definida anteriormente. Filmes virgens, conservados em condições ideais apresentam densidade da base + fog igual a 0,12¹⁵. Contudo, essa densidade pode sofrer um aumento devido à exposição não desejada da radiação luminosa e/ou raios X na caixa de filmes e ao tempo e/ou temperatura de revelação. Esse aumento na densidade da base + fog pode ser, ainda, definido como **véu** ou **velamento**². Numa rotina clínica, normalmente os filmes apresentam densidade da base + fog em torno de 0,21^{1, 15, 23}.

- ***Sensibilidade ou velocidade***

A sensibilidade ou velocidade de um filme é uma propriedade relacionada com a exposição do filme. A sensibilidade é inversamente proporcional à exposição requerida. Ela pode ser definida como o inverso da exposição necessária para produzir uma densidade óptica igual a 1,00 acima da densidade da base + fog^{1, 15, 19}. A **equação 2.3** explicita o que fora previamente dito.

$$\text{Sensibilidade} = 1 / \text{exposição} \quad \text{Eq. 2.3}$$

Onde: exposição é dada em röntgens.

Ou seja, quanto maior a sensibilidade de um filme, menor a exposição requerida para produzir a mesma densidade óptica que seria produzida em outro filme menos sensível. A **figura 2.14** ilustra duas curvas características referentes a dois filmes com sensibilidades diferentes.

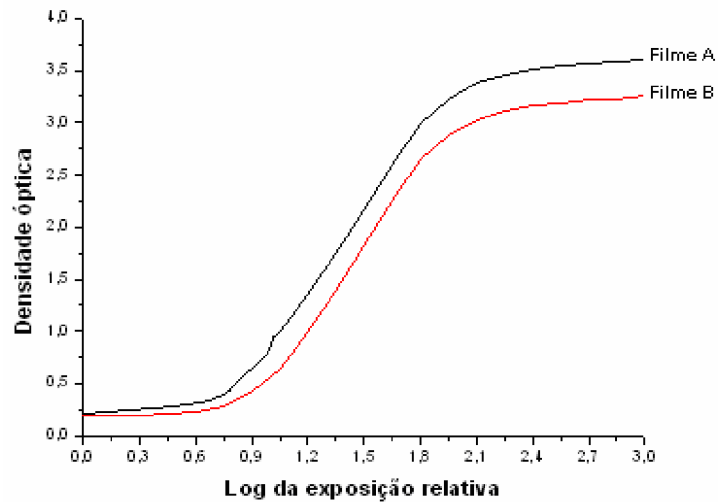


Figura 2.14. Curvas características de dois filmes. O filme A apresenta maior sensibilidade do que o filme B.

Pela figura, percebe-se que o filme A é mais sensível que o filme B.

O efeito visual que pode ser observado na curva característica do filme A é um deslocamento para esquerda, sem alteração da forma da curva (contraste do filme).

- **Contraste**

O contraste radiográfico descreve a diferença na densidade óptica entre as regiões de interesse numa radiografia. Ele possui duas componentes: **contraste do sujeito** e **contraste do filme**.

O **contraste do objeto** (paciente ou objeto submetido ao feixe de raios X) é definido como a taxa de fluência de raios X que emerge de duas regiões adjacentes do objeto ¹. Pode, também, ser entendido como as diferentes atenuações do feixe

de raios X causadas por diferentes regiões. O contraste do objeto depende de fatores que afetam a absorção de raios X pelo objeto (espectro do feixe de raios X e a natureza do objeto) e da radiação espalhada ¹.

O **contraste do filme** é uma medida atribuída ao comportamento do filme em relação a essas diferentes fluências de raios X ou de radiação luminosa (no caso do uso de sensitômetro) emergentes do paciente ou do sensitômetro respectivamente. O contraste do filme é afetado, entre outros fatores, pelo tipo de filme e pelas condições de armazenamento e processamento ¹. O contraste do filme é a inclinação da região diagnóstica da curva característica, e pode ser chamado também de gradiente médio ^{1, 2, 15}.

Nesse trabalho o contraste do filme será denotado apenas como contraste, pois somente esse tipo de contraste será estudado.

- ***Latitude***

É a capacidade de um filme registrar uma imagem com uma faixa grande de tons de cinzas. Quanto menor a inclinação da curva (o contraste), maior a latitude do filme. A **figura 2.15** mostra duas curvas características de dois filmes com latitudes diferentes.

Conforme a **figura 2.15**, o filme A possui maior latitude do que o filme B.

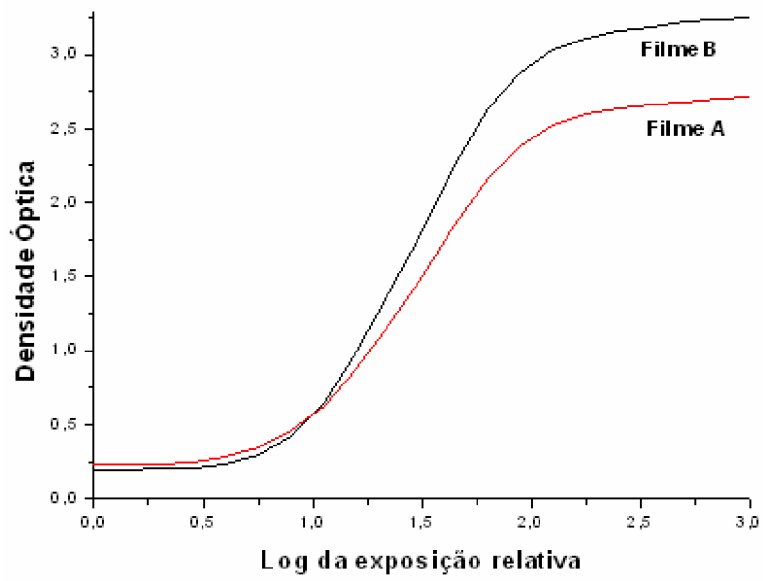


Figura 2.15. Curvas características de dois filmes com diferentes latitudes.

2.4 Programa de Garantia da Qualidade da Imagem Radiográfica

Desde muito tempo, as exposições radiográficas e a qualidade da imagem têm sido objetos da preocupação de órgãos nacionais e internacionais ^{1, 7, 8, 9, 14, 17, 24, 25}. Altas doses e altos custos associados com a repetição de exames, além da perda de contraste, são alguns fatores que estão associados ao processamento de filmes. Para controlar esses fatores é necessário implantar um Programa de Garantia de Qualidade (PGQ) de imagem.

Um PGQ da imagem radiográfica representa um plano de ações que visa garantir, ou padronizar, as características da imagem radiográfica ^{6, 7, 8, 9}. Um PGQ é justificado em qualquer parte da realização do exame radiográfico ^{9, 14}.

Para monitorar e avaliar as condições da câmara escura, da estocagem dos filmes, do processamento dos filmes e as características dos filmes, têm sido criados vários manuais que descrevem a metodologia para os testes de controle de qualidade (CQ).

2.4.1 Histórico

Em 1947, o sistema de reposição da solução reveladora da processadora de filmes foi desenvolvido para manter a atividade da solução reveladora pela adição de solução fresca a uma determinada taxa ¹. A taxa de reposição minimiza os efeitos da oxidação que diminuem a quantidade de agentes ativadores (sulfitos). Uma vez controlado o ambiente de processamento e as propriedades sensitométricas do filme, é possível reduzir sistematicamente as taxas de reposição, e assim, reduzir os gastos associados ao uso de produtos químicos.

Em 1968, foi detectado que problemas na bomba de reposição do revelador, na mistura das soluções químicas e na temperatura do revelador afetam o controle da densidade óptica dos filmes ²⁶.

Em 1974, o aumento do fog devido à entrada de luzes inseguras (luz branca) e seguras (luz de segurança) foi qualitativamente avaliado em câmaras escuras ²⁷. A partir de 1975, estudos foram desenvolvidos para medir o aumento do fog devido à presença de luz segura e luzes inseguras na câmara escura ^{23,28}.

A partir de 1987, diversos estudos têm sido feitos para averiguar a melhor combinação entre filmes e produtos químicos. A densidade óptica da base + fog, a sensibilidade e a velocidade de várias combinações têm sido estudadas ^{3, 4, 5}. Estudos desse tipo também têm sido feitos com processamento manual de filmes de raios X odontológicos ^{9, 29, 30}.

Em 1993, foi publicado um trabalho que descreve um método chamado de *Sensitometric Test for the Evaluation of Processing* (STEP) para avaliação da sensibilidade do processamento ²². O método consiste em expor os filmes radiográficos a luz de um sensitômetro e monitorar as características do processamento e do filme utilizado.

Em 1995, foi publicado um manual que descreve a metodologia para monitorar as características dos filmes radiográficos, das condições de estocagem dos mesmos, do processamento automático de filmes e das condições da câmara escura ³¹.

Em 2000, um estudo piloto sobre a implantação de PGQ da imagem em 80 processadoras automáticas foi desenvolvido na Grécia. O programa utilizou a técnica da sensitometria ou STEP, e obteve resultados que indicavam a

importância da realização de um PGQ em câmara escura e processamento automático de filmes ¹⁰.

Em 2002, foi desenvolvido um PGQ em processadoras automáticas e em câmaras escuras de um hospital universitário do Rio de Janeiro, Brasil. Este PGQ mostrou redução de custos e melhoria na qualidade das imagens radiográficas do hospital ⁷.

2.4.2 PGQ em Processadoras e Câmara Escura

Uma das partes mais importantes do PGQ refere-se ao processamento manual ou automático de filmes de raios X, pois os resultados desejados na imagem radiográfica, devido à implantação de um PGQ nas etapas que antecedem o processamento de filmes, podem ser encobertos pela falta de PGQ no processamento. Por esse motivo, qualquer tentativa em implantar um PGQ em um setor de radiologia, sem monitorar os padrões de desempenho do processamento de filmes, pode ser inválida.

Antes de implantar um PGQ em processamento de filmes, deve ser feita uma avaliação inicial das condições da câmara escura e da qualidade do processamento.

Um PGQ em processadora e câmara escura, entre outras coisas, engloba as seguintes ações:

- Avaliar o índice de rejeição dos filmes no processamento;
- Fazer a mistura correta dos produtos químicos, segundo especificações dos fabricantes;
- Estabelecer a temperatura correta do tanque de revelação, segundo especificado pelos fabricantes dos filmes e dos produtos químicos;

- Avaliar a qualidade da imagem, antes e após a implantação de um PGQ;
- Atualizar o treinamento dos técnicos de raios X;
- Adequar a estrutura física da câmara escura;
- Avaliar e melhorar as condições de armazenamento dos filmes;
- Executar os testes de CQ descritos a partir do item 4.3;
- Implementar a limpeza e a higiene da câmara escura e da processadora;
- Avaliar e melhorar a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente;

2.4.2.1 Limpeza

A limpeza da câmara escura e da processadora de filmes auxilia na redução de artefatos na imagem. Um artefato é uma alteração visível na imagem radiográfica, proveniente de outras fontes (sujeira e poeira localizadas no écran, defeito no filme, etc...) que não do paciente. Os filmes mamográficos são mais sensíveis aos artefatos causados pela sujeira e poeira localizadas entre o filme e écran, do que os filmes de raios X convencional (filmes de dupla-emulsão). Isso acontece porque os filmes mamográficos exibem maior contraste na região diagnóstica ¹.

A câmara escura deve ser sempre mantida limpa. Isso ajuda a evitar que a poeira e a sujeira produzidas eventualmente no ambiente se acumulem nos écrans e na processadora.

A limpeza da processadora deve ser realizada conforme as especificações do fabricante. Nas processadoras automáticas, existem vários tipos de limpeza ¹. Cada

tipo de limpeza pode ter uma frequência diária, semanal, mensal e até semestral. Nas processadoras manuais, a limpeza se restringe somente aos tanques, pois nesse tipo de processadora não existem rolos.

2.4.2.2 Segurança dos Trabalhadores e do Meio Ambiente

Os produtos químicos, apesar de atenderem as considerações relacionadas à saúde dos trabalhadores, são produtos que ao serem manuseados, respirados ou ingeridos podem provocar efeitos nocivos à saúde dos seres humanos. Essas informações devem ser disponibilizadas pelos seus fabricantes ao hospital ^{6, 13}. Portanto, no ato da mistura dos produtos químicos, o técnico deve usar os equipamentos de proteção individual (EPI's), como aventais, galochas, luvas e máscaras, para evitar qualquer contato com os produtos químicos. A **figura 2.16** mostra os EPI's que devem ser utilizados no ato da mistura.



Figura 2.16. EPI's (aventais, galochas, luvas e máscaras) que devem ser usados no ato da mistura dos produtos químicos.

Com relação ao meio ambiente, as soluções químicas utilizadas (revelador, fixador e água de lavagem), quando despejadas diretamente na rede de esgoto

urbano, devem ser neutralizadas por um **sistema de tratamento interno** que neutraliza as soluções químicas utilizadas, conforme licença ambiental de cada Estado ou região; ou, quando não forem despejadas diretamente na rede de esgoto urbano, devem ser acondicionadas em bobonas num local para armazenamento temporário para posterior destinação final ⁶. A **figura 2.17** mostra dois tipos de sistema de tratamento interno.



Figura 2.17. Dois tipos de sistema de tratamento interno para soluções químicas utilizadas.

2.4.3 CQ em Processadoras e Câmara Escura

Através dos testes de CQ em câmara escura e processamento de filmes, a qualidade do processamento de filmes pode ser avaliada e monitorada. O protocolo ARCAL XLIX (Acuerdo Regional de Cooperacion para la Promocion de la Ciencia Y la Tecnologia Nucleares en America Latina Y el Carib) ¹¹ e Haus and Jaskulski ¹ descrevem os principais testes que devem ser. São eles:

- Teste de fog ou velamento da câmara escura (luzes de segurança e luz branca);

- Teste do tempo seco-a-seco;
- Monitoração da temperatura das soluções químicas (principalmente da solução reveladora);
- Monitoração do pH das soluções químicas;
- Monitoração da taxa de reposição de soluções frescas;
- Sensitometria ou STEP dos filmes utilizados;

2.4.3.1 Teste de fog da Câmara Escura

Esse teste pode ser dividido em dois testes: teste de entrada de luz branca e teste da influência das luzes de segurança.

- ***Teste de Entrada de luz branca***

Esse teste avalia a quantidade de luz branca que entra na câmara escura.

Pelo protocolo ARCAL XLIX, um chassi carregado com filme deve sofrer uma baixa exposição (40 kV e 2 mAs) para obter uma densidade óptica menor do que 1. Com as luzes de segurança apagadas, o filme deve ser colocado sobre a bancada de trabalho ou de manipulação, e metade do filme deve ser coberta com papelão ou material opaco à luz e a outra metade descoberta. Após 3 minutos, o filme deve ser processado. A diferença de densidade óptica entre as metades não deve ultrapassar 0,05 ¹¹.

- ***Teste da Influência das luzes de segurança***

Esse teste avalia a entrada de luz branca na câmara escura em conjunto com a influência das luzes de segurança ou luzes vermelhas no filme.

Pelo protocolo ARCAL XLIX, um chassi carregado com filme deve sofrer a mesma exposição citada acima; sob as condições de trabalho (somente com as luzes de segurança acesas na câmara escura). O filme deve ser colocado sobre a bancada de trabalho, e recoberto com papelão ou material opaco à luz. Aproximadamente 3 centímetros do filme devem ficar descobertos, e sobre esta área deve ser colocada uma moeda. A cada minuto, mais 3 centímetros devem ser descobertos e colocada outra moeda na nova área. Esse procedimento deve ser repetido até a sexta moeda. Após o processamento, só devem ser vistas as imagens das moedas que foram colocadas nas áreas descobertas por 3 minutos ou mais. Neste teste também se deve observar a diferença de densidade óptica entre a franja descoberta por 2 minutos e a franja não descoberta do filme para o teste de entrada de luz branca. Essa diferença deve ser menor do que 0,05 ¹¹.

Caso os padrões exigidos não sejam alcançados, os filtros ou o posicionamento das luzes de segurança em relação à bancada de trabalho devem ser reavaliados.

2.4.3.2 Teste do tempo seco-a-seco

Esse teste avalia o intervalo de tempo em que um filme previamente processado começa a ser tracionado pelos rolos e abandona completamente o tanque de secagem da processadora. A tolerância é de 3 % do tempo indicado pelo fabricante da processadora ^{1, 11}.

2.4.3.3 *Monitoração da temperatura das soluções químicas*

As temperaturas das soluções químicas dos tanques da processadora devem ser monitoradas diariamente. A temperatura da solução fixadora e da água não são tão críticas quanto à temperatura da solução reveladora ¹. A temperatura da solução reveladora deve ser estabelecida conforme recomendações dos fabricantes da processadora, dos filmes e dos produtos químicos.

2.4.3.4 *Monitoração do pH das soluções químicas*

A monitoração do pH deve ser realizada diariamente. Os valores do pH devem estar dentro dos limites indicados pelo fabricante dos produtos químicos. Valores incorretos do pH podem indicar que as soluções foram misturadas de forma inadequada ou podem indicar que as soluções estão desgastadas ou contaminadas. Entretanto, valores corretos do pH não comprovam o contrário ¹. A **tabela 2.1** mostra a faixa de pH e os níveis máximos de impurezas que devem ser encontrados na água.

Tabela 2.1. Níveis máximos de impurezas da água e a faixa de pH ¹.

| Impurezas na água | Concentração máxima |
|-------------------------------------|---------------------|
| Sólidos dissolvidos (ppm) | 250 |
| Silica (ppm) | 20 |
| pH | 7 até 8,5 |
| Dureza (CaCO ₃ ppm) | 40 até 150 |
| Cobre, Ferro, Manganês (cada) (ppm) | 0,1 |
| Cloro "livre" (ppm) | 2 |
| Bicarbonato (ppm) | 150 |
| Sulfato (ppm) | 200 |
| Sulfeto (ppm) | 0,1 |
| Cloreto (ppm) | 25 |

2.4.3.5 Monitoração da taxa de reposição das soluções químicas

Esse teste consiste em avaliar a taxa de reposição de soluções frescas para os tanques da processadora. Devem-se calcular os volumes da solução reveladora e da solução fixadora que deixam os respectivos tanques da processadora quando um filme virgem do tipo mais usado no setor é processado. A taxa é definida como uma fração do volume da solução pela área do filme (ml/mm^2). A taxa de reposição ideal deve ser definida tão baixa quanto necessário para garantir uma boa e constante atividade das soluções químicas.

2.4.3.6 Sensitometria dos filmes utilizados

A sensitometria dos filmes é dividida em duas partes: estabelecimento dos parâmetros sensitométricos e monitoração dos parâmetros sensitométricos.

Os parâmetros sensitométricos definem a resposta da tira sensitométrica de um filme à ação de um ambiente químico. Em outras palavras, os parâmetros sensitométricos são os resultados da interferência do ambiente químico nas propriedades sensitométricas de um filme.

- ***Estabelecimento dos parâmetros sensitométricos (linha de base)***

Para estabelecer os parâmetros sensitométricos de uma processadora deve-se avaliá-la por cinco dias consecutivos. Após a mistura dos produtos químicos, uma tira sensitométrica deve ser obtida a cada dia para se fazer uma média dos valores das densidades ópticas relativas a cada passo ¹¹. Esse procedimento é necessário, pois é natural que os valores das densidades ópticas variem por diversos motivos associados ao processamento ^{3, 32}.

As propriedades sensitométricas são estudadas a partir dos parâmetros sensitométricos.

A média relativa ao 1º passo das tiras sensitométricas obtidas em cinco dias determina a densidade da base + fog.

A média com valor mais próximo do valor da densidade da base + fog + 1,00 determina o índice ou a densidade óptica da sensibilidade e, conseqüentemente, o passo para monitoração diária, referente a esse índice.

O valor do contraste é obtido a partir da inclinação da porção reta (região diagnóstica) da curva característica.

Uma metodologia bastante usada na prática clínica e hospitalar determina o valor do contraste. Através dela, é necessário definir dois passos para monitorar o valor do contraste. O primeiro passo é definido a partir da média com valor mais próximo, mas não menor, do que a densidade da base + fog + 0,25. O segundo passo é definido a partir da média com valor mais próximo da densidade da base + fog + 2,00. Essa densidade é chamada de índice de contraste ^{1, 11}.

- ***Monitoração dos parâmetros sensitométricos***

Depois de estabelecidos os parâmetros sensitométricos, deve-se monitorá-los diariamente, principalmente em processadoras de filmes de mamografia. A monitoração diária deve ser realizada a partir de cada passo definido no estabelecimento dos parâmetros sensitométricos. Os valores obtidos na monitoração diária não devem variar mais do que 10% do valor do parâmetro estabelecido ^{1, 11}.

3. Materiais e Métodos

3.1 Hospitais Públicos e Programa de Avaliação da Imagem

Radiográfica

Inicialmente, foram escolhidos dois hospitais da rede pública do Estado de Sergipe para a implantação de um PGQ em câmara escura e processadora. Ambos os hospitais possuíam uma processadora automática fabricada pela Macrotec, modelo MX – II. Em um hospital, o qual foi chamado de **hospital A**, a processadora pertencia ao setor de radioterapia, onde as imagens radiográficas serviam para o planejamento de doses em pacientes. No outro hospital, denominado **hospital B**, a processadora pertencia ao setor de radiologia. A **figura 3.1** ilustra a imagem das duas processadoras.



Figura 3.1. À esquerda, processadora automática do hospital A. À direita, processadora automática do hospital B.

Antes e após a implantação de um PGQ, os médicos (radiologistas e radioterapeutas) dos hospitais receberam um questionário, intitulado “Programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica”, que possuía perguntas sobre a atual qualidade das imagens radiográficas (ver APÊNDICE). Nesse questionário

os médicos podiam fazer comentários acerca dos aspectos da qualidade da imagem radiográfica do respectivo setor e sugerir mudanças. Além disso, foi feito um estudo qualitativo, com a imagem radiográfica de um determinado objeto de contraste (ver **figura 3.2**). Esse objeto era feito de uma placa de acrílico com reentrâncias cilíndricas formando uma matriz sobre toda a região superficial. Esses buracos foram preenchidos com massa a base de epóxi, Durapox[®] (densidade $\sim 1,727 \text{ g/cm}^3$). Um grupo de quatro radiografias desse objeto era apresentado aos médicos radiologistas e radioterapeutas, e então eles deveriam escolher aquela que apresentasse o melhor contraste radiográfico.

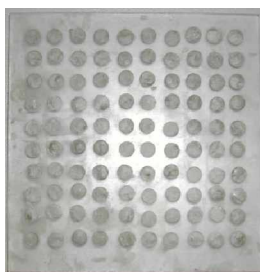


Figura 3.2. Placa de acrílico com reentrâncias preenchidas com massa “Durapox”.

Todas as imagens radiográficas do grupo, para este estudo qualitativo, foram feitas no mesmo dia, em um único aparelho de raios X convencional, fabricado pela MedX – 50F, irradiando-as com 42 kV, 10 mAs, a uma distância foco-filme de 0,6 m, com o processamento de todos os filmes realizado na processadora Macrotec MX-II do hospital B. Apenas a temperatura da solução reveladora no tanque da processadora foi variada. As temperaturas utilizadas foram as seguintes: 34,1; 35,0; 37,0 e 39,0°C. Em cada temperatura foi aplicado simultaneamente o método sensitométrico para a comparação com o contraste do filme.

Em todas as radiografias uma mesma região do objeto de contraste foi definida para que o contraste radiográfico pudesse ser obtido, de modo que uma região sem reentrância estava envolvida por quatro reentrâncias preenchidas com

massa Durapox[®]. A **figura 3.3** mostra o esquema da região do objeto de contraste definida para obter os valores referentes ao contraste radiográfico em cada temperatura da solução reveladora no tanque da processadora.

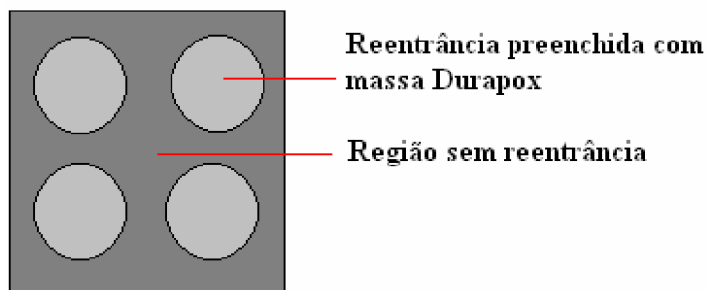


Figura 3.3. Esquema da região da placa de acrílico definida para obter os valores referentes ao contraste radiográfico.

A média da densidade óptica das reentrâncias preenchidas com massa Durapox[®] obtida com o densitômetro era subtraída da densidade óptica da região sem reentrância, também obtida com o densitômetro. Dessa forma era adquirido o contraste radiográfico do objeto.

As condições iniciais de cada hospital, bem como as condições após a implantação do PGQ, foram avaliadas. Especificamente, foram avaliados e monitorados os seguintes itens: **a limpeza e a higiene das câmaras escuras e das processadoras, a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente, a qualidade do processamento, as condições de armazenamento dos filmes, o fog da câmara escura, o índice de rejeição de filmes e consumo de produtos químicos.**

3.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e das processadoras

A limpeza e a higiene da câmara escura de cada hospital foram avaliadas por meio de inspeção visual, segundo o protocolo ARCAL XLIX ¹¹. Deve ser verificada a existência de objetos alheios ao processamento, como roupas e objetos de higiene pessoal, caixas de papelão, etc...

A presença de manchas nos rolos e sujeira nos tanques das processadoras também foi avaliada.

3.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente

Para avaliar a segurança dos trabalhadores em cada hospital, foi verificada a existência e o uso de EPI's, principalmente no momento da mistura dos produtos químicos, e a presença de exaustor na câmara escura.

Para avaliar a segurança do meio ambiente, foi verificada a presença de um **sistema de tratamento interno** ou **local de armazenamento temporário** para as bobonas de acondicionamento das soluções químicas utilizadas (revelador e fixador) e da água de lavagem utilizada.

3.4 Qualidade do processamento

A qualidade do processamento de cada hospital foi analisada por meio do método sensitométrico ou STEP ²², da monitoração da temperatura e do pH das soluções químicas nos tanques da processadora e do tempo seco-a-seco das processadoras. Cada um desses parâmetros de processamento era monitorado diariamente e em conjunto, com exceção do tempo seco-a-seco.

Sem a implantação do PGQ em câmara escura e processadora, os parâmetros foram monitorados por 18 dias no hospital A, e por 27 dias no hospital B.

Com a implantação do PGQ em câmara escura e processadora, os parâmetros de processamento foram reavaliados por 18 dias no hospital A. No hospital B, os parâmetros de processamento não puderam ser reavaliados pois, até o final da dissertação, não haviam sido atendidas as solicitações para implantação do PGQ (verificar item 4.2).

3.4.1 Método Sensitométrico

Inicialmente, o método sensitométrico foi aplicado em cada um dos hospitais A e B para avaliar os parâmetros sensitométricos existentes sem a presença de um PGQ em câmara escura e processadora.

Após definidas as ações a serem tomadas no PGQ em cada hospital, o método sensitométrico foi aplicado para detectar e auxiliar a correção de problemas associados à câmara escura e ao processamento automático de filmes.

Para avaliar e monitorar os parâmetros sensitométricos dos dois hospitais foi utilizado um sensitômetro fabricado pela X-Rite, modelo 334, com exposição em um lado do filme; um densitômetro fabricado pela X-Rite, modelo 341; e uma caixa de filmes para cada um dos hospitais.

Para avaliar as condições iniciais dos parâmetros sensitométricos do **hospital A**, foi utilizada uma caixa de filmes fabricados pela IBF, com área de 18 x 24 cm², lote de número igual a 02860/1 e validade até agosto de 2008. Os produtos químicos utilizados foram fornecidos pela IBF. Para proceder ao ato da mistura, uma caixa de produtos químicos para 76 litros de solução reveladora e 76 litros de solução fixadora era fracionada em quatro partes. Na **tabela 3.1**, estão

apresentadas as ocorrências de novas misturas antes da implantação do PGQ no hospital A relacionadas com os dias de monitoração.

Tabela 3.1. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital A sem a Implantação do PGQ. Os dias de monitoração referem-se ao dias úteis de um mês.

| Preparo de soluções químicas | Fabricante do produto químico |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 4° dia da monitoração | IBF |
| 7° dia da monitoração | IBF |
| 12° dia da monitoração | IBF |
| 18° dia da monitoração | IBF |

Ainda no **hospital A**, após a implantação do PGQ em câmara escura e processadora, os parâmetros sensitométricos foram monitorados utilizando uma caixa de filmes fabricada pela IBF, com área de 35 x 35 cm², com lote de número igual a 98950/1 e com validade até junho de 2008. Os produtos químicos empregados também foram fornecidos somente pela IBF.

Tabela 3.2. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital A com a Implantação do PGQ. Os dias de monitoração referem-se ao dias úteis de um mês.

| Preparo de soluções químicas | Fabricante do produto químico |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 18° dia da monitoração | IBF |

Na **tabela 3.2**, estão apresentadas as ocorrências de novas misturas após a implantação do PGQ no hospital A relacionadas com os dias de monitoração.

Para proceder no ato da mistura, uma caixa de produtos químicos para 76 litros de solução reveladora e 76 litros de solução fixadora era fracionada em duas partes.

Para avaliar as condições iniciais dos parâmetros sensitométricos do **hospital B**, foi utilizada uma caixa de filmes fabricados pela Fujifilm, com área de

35 x 35 cm², número de emulsão igual a 74616M e validade até outubro de 2007. Conforme aparece na **tabela 3.3**, pode ser verificado as ocorrências de novas misturas antes da implantação do PGQ no hospital A relacionadas com os dias de monitoração.

Tabela 3.3. Ocorrência do preparo de novas soluções químicas e correspondente dia de monitoração com o fabricante dos produtos químicos utilizados no Hospital B sem a Implantação do PGQ. Os dias de monitoração referem-se aos dias úteis de um mês.

| Preparo de soluções químicas | Fabricante do produto químico |
|------------------------------|-------------------------------|
| 9º dia da monitoração | IBF |
| 14º dia da monitoração | FotoMED |
| 22º dia da monitoração | IBF |
| 26º dia da monitoração | Brasfox |

Na **tabela 3.3**, os dias de monitoração referem-se apenas aos dias úteis.

A **figura 3.4** mostra os aparelhos empregados nessa dissertação.



Figura 3.4. Sensitômetro e densitômetro utilizados.

Primeiramente, os parâmetros sensitométricos foram estabelecidos. Depois de cinco dias consecutivos foi estabelecida a densidade óptica da base + fog, o

índice e o passo da sensibilidade e o índice e o passo referente ao contraste de cada hospital. Isso foi feito antes e depois da implantação do PGQ.

Em seguida, cada parâmetro sensitométrico foi monitorado. Nos gráficos da monitoração diária de cada parâmetro sensitométrico, o primeiro ponto refere-se ao parâmetro sensitométrico estabelecido por meio da média dos cinco valores obtidos nos primeiros cinco dias consecutivos.

Diariamente, os dois lados de um filme eram expostos à luz do sensitômetro, e era feita uma média dos valores da densidade óptica referente a cada passo. Isso foi necessário para minimizar os efeitos da temperatura ao longo do tanque de revelação e os efeitos da diferença de distribuição superficial dos grãos em cada lado do filme ².

3.4.1.1 Contraste

O valor do contraste foi determinado pela metodologia descrita no item 2.4.3.6 e por uma nova metodologia que determina a inclinação da porção linear a partir do software ORIGIN[®] 6.0 da Microsoft[®]. Essa metodologia nunca havia sido feita anteriormente. A metodologia descrita pelo protocolo ARCAL XLIX designa dois pontos para a determinação do contraste: a densidade menor (densidade da base + fog + 0,25) e a densidade maior (densidade da base + fog + 2,00). A diferença entre essas duas densidades fornece o valor do contraste de filme.

Porém o novo método define, a partir dos dois pontos designados pelo protocolo ARCAL XLIX, uma região linear para que possa ser realizado um ajuste linear em cima dos pontos experimentais definidos nessa região.

Então, foi realizado um ajuste na porção linear das curvas características adquiridas através do método sensitométrico, retornando uma equação do tipo $Y = A + BX$, em que o coeficiente angular **B** reflete o grau de inclinação da porção linear de cada curva característica. A porção linear da curva característica foi tomada a partir da região definida pelo passo com densidade óptica igual a 0,25 + a densidade óptica da base + fog e pelo passo com densidade óptica igual a 2,00 + a densidade óptica da base + fog (conforme descrito no item 2.4.3.6).

A tolerância imposta para a monitoração diária da inclinação da porção linear foi determinada como sendo menor ou igual a 10 % do valor estabelecido, a mesma estabelecida pelo protocolo ARCAL XLIX.

Antes de obter as densidades ópticas referentes a cada passo, o densitômetro era devidamente calibrado a partir da tira de calibração fornecida pelo fabricante do equipamento (**ver figura 3.4**).

3.4.1.2 Estudo das propriedades sensitométricas de dois filmes diferentes

No **hospital A**, antes de implantar o PGQ em câmara escura e processadora, foi feito um estudo sobre as características de dois tipos de filmes com área de 35 x 35 cm², fabricados pela FujiFilm e pela IBF (descritos no item 3.4.1); Ambos são bastante utilizados no Estado de Sergipe. Durante o processamento foram utilizados produtos químicos (revelador e fixador) da IBF.

Este estudo realizado com o intuito de determinar qual filme, em conjunto com os produtos químicos, oferecia as melhores propriedades sensitométricas para implantar o PGQ.

O estudo foi executado em cinco dias consecutivos. Os filmes eram processados diariamente sob as mesmas condições de temperatura e pH das

soluções químicas nos tanques da processadora, para que essas não alterassem os resultados.

Os valores médios das propriedades sensitométricas dos dois filmes foram calculados a partir de suas curvas características. Estas curvas foram construídas a partir dos valores médios das densidades ópticas, referentes a cada passo, obtidos em cinco dias.

3.4.2 Monitoração da temperatura

A monitoração da temperatura das soluções químicas nos tanques da processadora foi efetuada com um termômetro fabricado pela Minipa Indústria e Comércio LTDA, modelo MV-365 (**ver figura 3.5**).

Diariamente, era esperado aproximadamente 1 minuto para que a temperatura do termômetro se estabilizasse com cada solução¹⁸. Procurava-se medir a temperatura das soluções sempre no mesmo local, pois a esta variava aproximadamente 0,5°C ao longo de todo volume dos tanques da processadora¹. Antes de ser transferido para o próximo tanque, o termômetro era lavado com água destilada e enxugado com um pano macio e seco.

Conforme recomendação dos fabricantes dos filmes, dos produtos químicos e da processadora, a temperatura da solução reveladora no tanque da processadora devia ser de 35°C em ambos os hospitais A e B.

3.4.3 Monitoração do pH

Para identificar as alterações no pH das soluções químicas dos tanques da processadora foi utilizado um pHâmetro digital fabricado pela Instrutherm,

modelo PH – 1700 (**ver figura 3.5**). Da mesma forma como foi feito na monitoração da temperatura, esperava-se aproximadamente 1 minuto após a colocação do pHâmetro em cada solução, procurando medir o pH sempre no mesmo local. O eletrodo do pHâmetro, antes de ser transferido para o próximo tanque, era lavado com água destilada e enxugado com um pano macio e seco conforme as instruções do seu fabricante.

Semanalmente, o pHâmetro era recalibrado através de soluções químicas com pH de 4,0 e 7,0.

Conforme recomendação dos fabricantes dos filmes, dos produtos químicos e da processadora, o pH da solução reveladora no tanque da processadora deve estar entre 10 e 11, em ambos os hospitais A e B. Já o pH da solução fixadora no tanque da processadora, segundo estas recomendações, deve ser de 4,3 nos dois hospitais.

3.4.4 Teste do tempo seco-a-seco

O teste do tempo seco-a-seco foi realizado com um cronômetro digital, fabricado pela Casio (**ver figura 3.5**). Como ambas as processadoras automáticas dos dois hospitais foram fabricadas com um único ciclo de processamento, o teste do tempo seco-a-seco foi executado uma única vez, pois não foi possível alterar a velocidade de giro do motor da processadora.

Nesse teste, o cronômetro registrou o tempo durante o qual um filme, previamente processado, começava a ser tracionado e deixava, por completo, o tanque de secagem.

Para as processadoras descritas no item 3.1, o tempo seco-a-seco deve ser de 120 segundos, segundo recomendações dos fornecedores.



Figura 3.5. Termômetro, cronômetro e pHâmetro digitais utilizados.

3.4.5 Condições de armazenamento dos filmes

As condições de armazenamento dos filmes virgens foram avaliadas em cada hospital. Essa condição de armazenamento deve seguir as especificações do fabricante. Com o auxílio de um higrômetro/termômetro fabricado pela J-Prolab (**ver figura 3.6**) foram analisadas a umidade relativa do ar e a temperatura do local de armazenamento dos filmes.

Segundo especificado pelos fabricantes dos filmes, estes devem ser armazenados sob uma temperatura ambiente de no máximo 21°C e sob uma umidade relativa do ar entre 30 e 60 %.

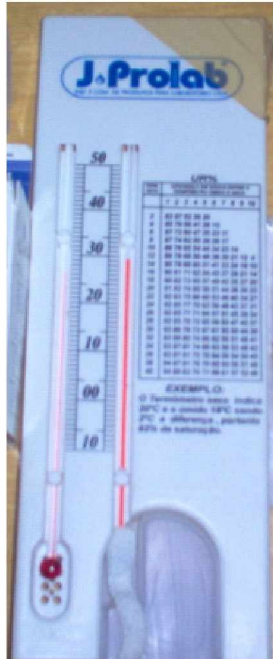


Figura 3.6. Higrômetro utilizado.

3.4.6 Fog da câmara escura

O fog devido à câmara escura, ou seja, o aumento da densidade óptica da base + fog devido à câmara escura foi determinado antes e após implantação do PGQ, conforme descrito no item 2.4.3.1.

3.4.7 Índice de rejeição de filmes e consumo de produtos químicos

O índice de rejeição de filmes de cada hospital foi estimado mensalmente. Um boletim sobre o consumo de filmes foi deixado para ser preenchido pelos técnicos de cada hospital.

O consumo dos produtos químicos também foi determinado. Em cada hospital, a taxa de reposição foi examinada para se obter uma relação com o consumo de produtos químicos e para garantir uma boa e constante atividade das soluções químicas nos tanques da processadora. Para avaliar a taxa de reposição,

foi utilizada uma seringa graduada para medir a quantidade de solução química que deixava determinado tanque da processadora quando um filme virgem era processado.

4. Resultados e Discussão

4.1 Condições iniciais (antes da implantação de um PGQ em câmara escura e processadora)

4.1.1 Programa de avaliação da imagem radiográfica

Para considerar as radiografias excelentes, ótimas, boas, regulares e de péssima qualidade, geralmente os médicos se baseiam nas características gerais de densidade e contraste apresentadas pelas radiografias. Essa análise subjetiva foi executada com intuito de registrar qual o grau de aceitação das radiografias realizadas no setor, correlacionando com os conceitos emitidos pelos examinadores em virtude das alterações de densidade e contraste ocorridas com a variação de temperatura da solução reveladora no processamento das radiografias.

Hospital A

No questionário do “Programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica” do hospital A, foi constatado que os dois médicos, que lá trabalham, classificaram as imagens radiográficas obtidas previamente a implantação do PGQ como “boas” e sem a presença de artefatos. Mesmo assim, ambos sugeriram a redução do escurecimento da película.

Esse resultado sugeriu que a temperatura da solução reveladora no tanque da processadora devia ser reduzida para que os médicos pudessem dar o melhor laudo possível com as radiografias feitas no setor, pois de acordo com Haus and

Jakulski¹, quanto maior a temperatura menor o contraste e menor a densidade da base + fog da imagem radiográfica. Uma melhor análise será feita no item 4.1.4.2.

Hospital B

No hospital B foi constatado que a qualidade das radiografias produzidas normalmente no setor de radiologia foi classificada como regular e com grande presença de artefatos.

Hospital A e Hospital B

Do grupo de radiografias da placa de acrílico com Durapox[®], foi classificada com melhor contraste radiográfico, pelos médicos do hospital A e do hospital B, aquela para a qual o filme foi submetido à solução reveladora com uma temperatura de 39°C. A **tabela 4.1** mostra o valor do contraste radiográfico e o valor do contraste do filme referente a cada temperatura da solução reveladora no tanque da processadora.

Tabela 4.1. Contraste Radiográfico e contraste do filme referente a cada temperatura da solução reveladora no tanque da processadora.

| Temperatura da solução Reveladora no tanque da processadora (°C) | Contraste radiográfico do objeto | Contraste do filme obtido através do novo método |
|---|---|---|
| 34,1 | 0,270 ± 0,008 DO | 0,32 ± 0,01 |
| 35,0 | 0,290 ± 0,007 DO | 0,30 ± 0,01 |
| 37,0 | 0,255 ± 0,007 DO | 0,30 ± 0,01 |
| 39,0 | 0,29 ± 0,01 DO | 0,26 ± 0,01 |

De acordo com a **tabela 4.1**, percebe-se que as radiografias submetidas a 35 e 39°C são as que apresentam contraste radiográfico medido de aproximadamente 0,29 DO. Já os resultados de contraste de filme obtidos com o ajuste dos pontos pelo software ORIGIN[®] para as respectivas temperaturas mostram que, apesar de

sofrerem uma variação muito pequena, quanto maior a temperatura menor o contraste da imagem radiográfica, concordando com os resultados propostos por Haus and Jakulski ¹.

A causa para que as radiografias submetidas a temperaturas distintas apresentassem o mesmo contraste radiográfico reside na falta de um PGQ no aparelho de raios X, pois foi constatado que o aparelho apresentava deficiência na reprodutibilidade do kerma no ar, sendo, posteriormente, substituída a ampola do mesmo aparelho.

Sendo assim, concluímos que, após corrigir os problemas com o aparelho de raios X, as temperaturas mais baixas devem apresentar sempre os maiores contrastes, até certo limite de temperatura adequada para a revelação do filme. Por isso, deve-se sempre utilizar temperaturas menores, o quanto possível, em um processamento de filmes. Concluímos também que, apesar disso, a análise visual dos médicos indicou a radiografia que apresentou o melhor contraste radiográfico.

4.1.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e processadoras

Hospital A

No hospital A, a câmara escura encontrava-se em boas condições de limpeza e higiene. Nenhum objeto alheio ao processamento foi encontrado. A **figura 4.1** mostra as fotografias da parte interna da câmara escura do hospital A.



Figura 4.1. Câmara escura do hospital A. A primeira foto mostra a entrada da processadora e a segunda apresenta um tanque existente na sala e a porta com vedação para luz externa.

Ainda no hospital A, os rolos não apresentavam nenhuma mancha e os tanques estavam limpos. Foi constatado ainda, que eram realizadas limpezas semanais e mensais. A **figura 4.2** mostra a fotografia dos rolos da processadora do hospital A.



Figura 4.2. Rolos da processadora do hospital A.

Hospital B

No hospital B, foram encontrados diversos lençóis, caixas de papelão, bobonas de acondicionamento, escova e pasta de dente, baldes, vasilhames, antenas, diversos papéis e cadernos na câmara escura. A **figura 4.3** mostra algumas fotografias da parte interna da câmara escura do hospital B.



A



B



C



D

Figura 4.3. Em A, diversas bobonas de acondicionamento de soluções fixadora utilizadas. Em B, diversos baldes e vasilhames que não faziam parte de nenhuma etapa do processamento dos filmes. Em C, papéis recortados e pedaços de madeira. Em D, caixas de papelão, inclusive caixa de filmes vazias.

Conforme a **figura 4.3**, as bobonas de acondicionamento das soluções fixadora utilizadas eram armazenadas temporariamente dentro da própria câmara escura. Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 306/04 da ANVISA, as bobonas de acondicionamento devem ser armazenadas em um local próprio e adequado ⁶.

Os materiais de limpeza da câmara escura e da processadora eram armazenados na própria câmara escura, entretanto, segundo a ANVISA, deveriam estar armazenados em um local específico do hospital.

A câmara escura deve estar limitada às atividades relacionadas ao processamento de filmes. Essas atividades são as seguintes: carregamento e descarregamento de chassis, mistura de produtos químicos e processamento de filmes previamente expostos. Qualquer outra atividade que não esteja relacionada ao processamento de filmes deve ser executada em outro local ^{1, 11, 15}.

A presença de caixas de papelão e de pedaços de papel, além dos outros objetos citados acima, contribui para o acúmulo de poeira e sujeira que se manifestam nos filmes como artefatos de imagem ^{7, 20, 26}.

Ainda no hospital B, foi verificado que os rolos apresentavam diversas manchas e o tanque de lavagem apresentava resíduos. As **figuras 4.4 e 4.5** mostram as fotografias dos rolos e do tanque de lavagem da processadora do hospital B.



Figura 4.4. Rolos da processadora do hospital B com diversas manchas.

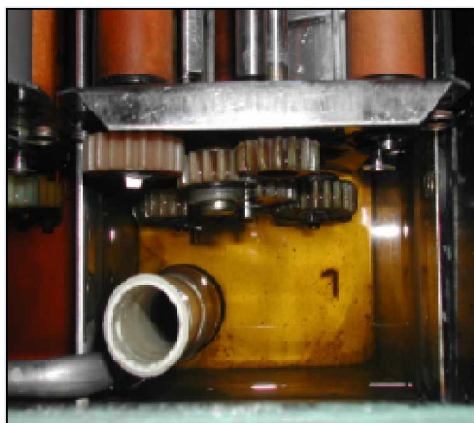


Figura 4.5. Tanque de lavagem da processadora do hospital B. Nesta fotografia podem ser observados resíduos no fundo do tanque de lavagem.

Foi constatado, ainda, que o tempo de uso dos rolos contribuiu para a grande quantidade de manchas observadas, pois estes rolos apresentavam bastante desgaste, o que dificultava a sua limpeza. O tipo de manutenção prestado pelo serviço terceirizado não realizava a troca de peças da processadora, inclusive dos rolos. Estes rolos tinham aproximadamente cinco anos de uso. O manual da processadora não estava disponível para averiguar o tempo correto em que os rolos devem ser trocados. Conforme a Portaria de nº 453 da ANVISA/MS, os manuais dos equipamentos utilizados em um serviço de radiologia devem ser

traduzidos para o idioma nacional e devem estar disponíveis em local de fácil acesso, para que os funcionários possam consultá-los quando necessário ¹⁴.

O filtro de água gerava resíduos no tanque de lavagem, pois estava bastante velho e não era substituído a mais de três meses, devendo ser substituído num prazo de três meses ¹.

A presença de manchas nos rolos e de resíduos no tanque de lavagem, contribui para o aparecimento dessas manchas e desses resíduos nos filmes processados, o que resulta em artefatos de imagem ^{1,7}.

Segundo o questionário do “Programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica” do hospital B, a qualidade das radiografias produzidas foi classificada pelos médicos como regular e com grande presença de artefatos. Após a identificação das más condições da qualidade do processamento e da limpeza da câmara, conclui-se que esses são principais fatores a que se devem esses problemas. Assim, a limpeza adequada da câmara escura, mantendo nela somente o material estritamente necessário às atividades, além da troca regular com a correta limpeza de peças da processadora, melhoraria imensamente a qualidade da imagem radiográfica do hospital B. A falta de treinamento e a intransigência de alguns funcionários, a falta de cooperação entre todas as partes envolvidas e a ausência de um físico responsável pelo setor têm impedido a implantação de ações simples que melhorariam as condições gerais nessa câmara escura. Há a necessidade crítica de uma maior fiscalização pela ANVISA para que as exigências sejam cumpridas.

4.1.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente

Hospital A

No hospital A, o uso de luvas cirúrgicas, de máscaras e de aventais para a mistura dos produtos químicos foi constatado. Porém, o hospital não possuía um par de galochas. Um exaustor estava instalado na câmara escura conforme pode ser observado na **figura 4.6**.



Figura 4.6. Localização do exaustor na câmara escura do hospital A.

Hospital B

No hospital B, o uso de todos os EPI's (luvas cirúrgicas, galochas, máscaras e aventais) durante a mistura dos produtos químicos foi constatado. Entretanto, não havia exaustor na câmara escura. Um ventilador comum era utilizado para a refrigeração do ambiente.

O uso dos EPI's evita o contato com os produtos químicos, o qual pode provocar efeitos nocivos à saúde do ser humano.

A presença do exaustor garante a constante renovação do ar da câmara escura. Isso é de fundamental importância, pois, em todo momento, gases são

liberados pelos tanques da processadora ^{1, 33}. Numa sala sem janelas e sem o exaustor necessário e obrigatório, o ambiente torna-se totalmente insalubre.

Hospital A

Conforme a **figuras 4.1 e 4.6** percebe-se que no hospital A, as soluções químicas e água de lavagem utilizada eram despejadas diretamente na rede de esgoto urbano.

Hospital B

No hospital B, somente a solução reveladora e a água de lavagem utilizada eram despejadas diretamente na rede de esgoto urbano. A solução fixadora utilizada, conforme descrito anteriormente, era acondicionada em bobonas e permanecia na câmara escura. Sua destinação final não era do conhecimento da direção do hospital.

A **figura 4.7** mostra a fotografia do despejo, no hospital B, da solução reveladora e água de lavagem utilizada na rede de esgoto urbano.



Figura 4.7. Canos de despejo das soluções químicas utilizadas no hospital B.

Hospital A e Hospital B

O despejo direto das soluções químicas utilizadas na rede de esgoto urbano é proibido por lei ⁶. Para contornar a situação pode-se acondicionar temporariamente as soluções químicas empregadas em bobonas e armazená-las em um local apropriado e específico. Então, essas bobonas devem ser encaminhadas para um local autorizado para a destinação final das mesmas. Uma outra opção é neutralizar as soluções utilizadas através de um sistema de tratamento interno. Essa última opção ocupa menos espaço físico (ver **figura 2.17**).

Todos esses procedimentos devem ser documentados e descritos num plano chamado **Plano de Gerenciamento de Rejeitos de Serviços de Saúde (PGRSS)** ⁶. Nenhum dos hospitais possuem um PGRSS.

4.1.4 Qualidade do Processamento

4.1.4.1 Teste do tempo seco-a-seco

Hospital A

No hospital A, a empresa terceirizada responsável pelo serviço de manutenção da processadora informou que não havia possibilidade de alterar o tempo seco-a-seco da processadora.

No hospital A, o tempo seco-a-seco encontrado foi de **150,8 ± 0,3 segundos**.

Por apresentar um serviço mais qualificado com profissionais especializados e melhor aparelhagem, já fora observado pelos próprios funcionários do hospital (técnicos, médicos e físicos) que a temperatura de 35°C indicada pelo fabricante da processadora para a solução reveladora no tanque da processadora fazia com que o filme apresentasse um fog elevado, dificultando o laudo dos médicos.

Assim, a temperatura da solução reveladora foi definida em torno de **33,7°C** pelo serviço de manutenção da processadora.

Hospital B

No hospital B, a empresa terceirizada não se manifestou a respeito do assunto. Sendo assim, esse teste foi feito apenas em um único momento nos dois hospitais.

No hospital B, o tempo seco-a-seco encontrado foi de **105,8 ± 0,5 segundos**.

Hospital A e Hospital B

Em ambos os hospitais, esse problema não pode ser sanado agora.

O tempo seco-a-seco indicado pelo fabricante para as processadoras Macrotec MX-II é de **120 ± 4 segundos** (conforme item 3.4.4). Entretanto, percebe-se que em ambos os hospitais o tempo seco-a-seco apresentou desvio maior que ± 3% do tempo especificado pelo fabricante (ver item 2.4.3.2). Como o tempo seco-a-seco está diretamente relacionado ao tempo de revelação, então quanto maior esse tempo, maior o fog do filme e a perda de qualidade da imagem. Esses problemas resultam na repetição de exames e, por consequência, no aumento de dose para o paciente ^{5, 23}. Um físico que faça os testes de aceitação desses equipamentos é imprescindível para a melhoria da qualidade da imagem.

4.1.4.2 Monitoração da temperatura das soluções químicas

Hospital A

No hospital A, a temperatura da solução fixadora no tanque da processadora e a temperatura da água de lavagem não ultrapassaram a temperatura de 29°C estabelecida por Haus and Jakulski ¹.

A **figura 4.8** mostra a monitoração da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora do hospital A sem a implantação do PGQ.

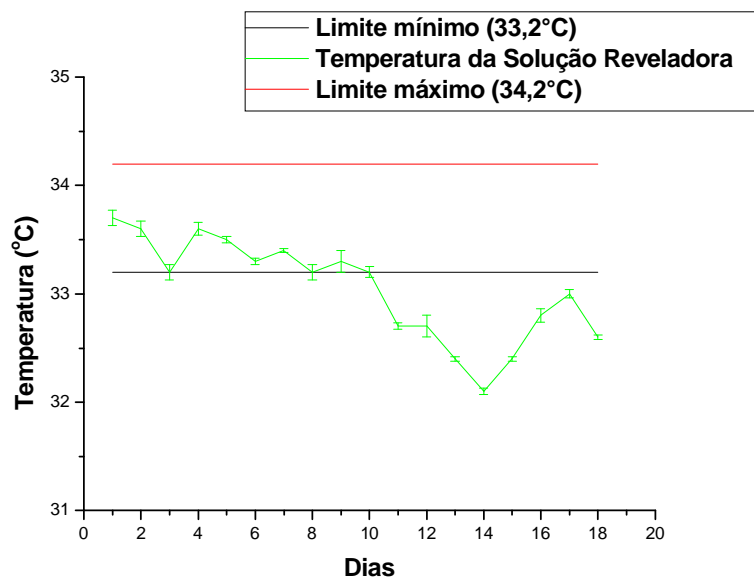


Figura 4.8. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A. Após o 10º dia a temperatura ficou abaixo do limite mínimo.

Hospital B

Entretanto, no hospital B, a temperatura da solução fixadora no tanque da processadora e a temperatura da água de lavagem eram bastante elevadas e em alguns dias ficaram acima do limite máximo estabelecido ¹. As **figuras 4.9 e 4.10** mostram os gráficos das monitorações diárias das duas temperaturas no hospital B.

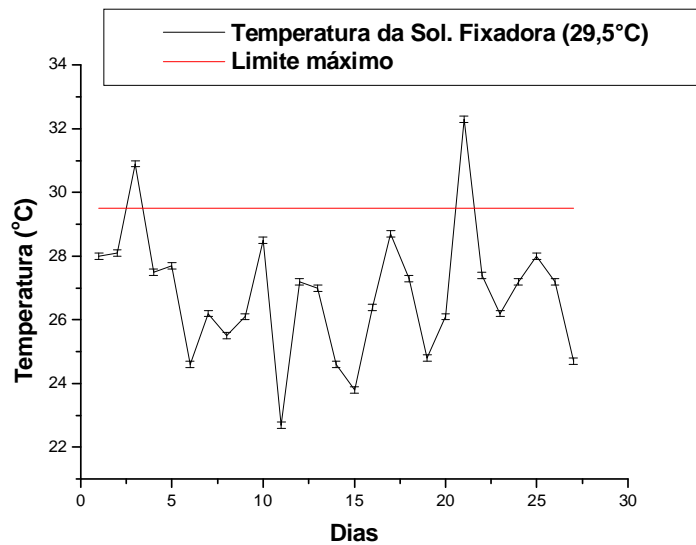


Figura 4.9. Monitoração diária da temperatura da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B. Há uma grande variação da temperatura, que apresentou alguns picos, no 3° e no 21° dias de monitoramento, acima do limite máximo de temperatura estabelecido.

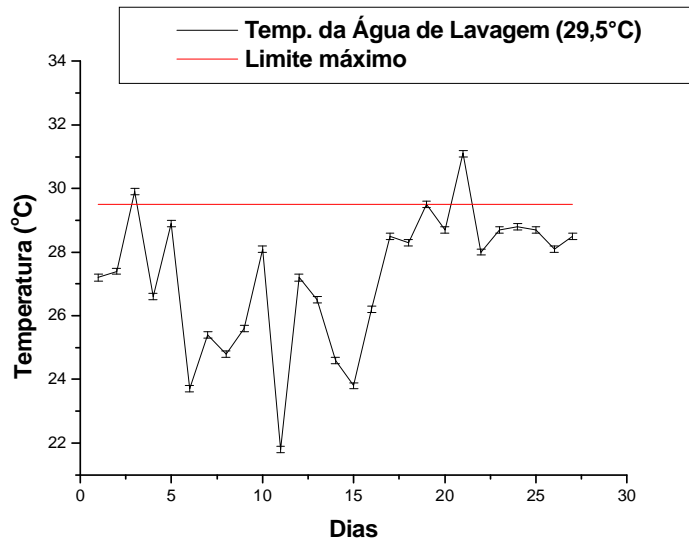


Figura 4.10. Monitoração diária da temperatura da água de lavagem sem a implantação do PGQ no hospital B. Há uma grande variação da temperatura, que apresentou alguns picos, no 3° e no 21° dias de monitoramento, acima do limite máximo de temperatura estabelecido.

Conforme as **figura 4.9** e **4.10**, o aumento da temperatura da solução fixadora era acompanhado por um aumento da temperatura da água de lavagem. Isso mostra que a processadora funcionava de modo inadequado, e quando o ar-condicionado funcionava inapropriadamente os tanques conduziam calor proveniente do tanque de revelação. Entretanto, ainda não foi encontrada na literatura a influência da temperatura da solução fixadora e da temperatura da água de lavagem na qualidade da imagem.

A monitoração da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora do hospital B antes da implantação do PGQ pode ser vista através da **figuras 4.11**.

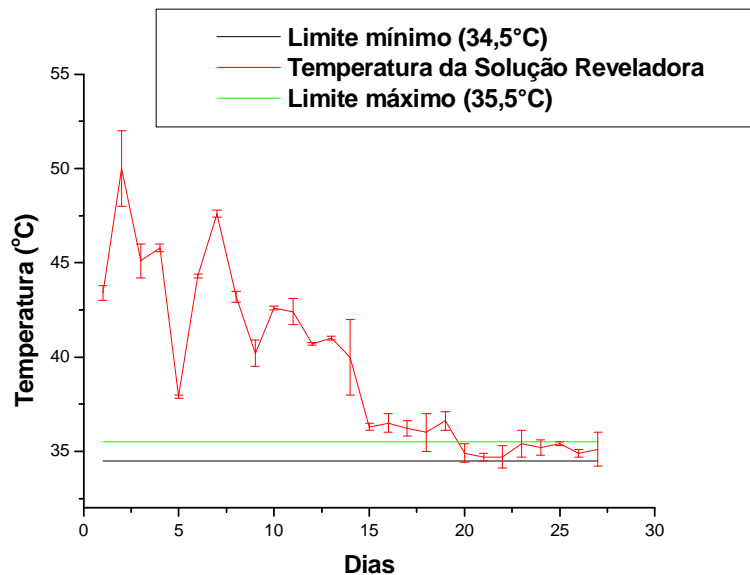


Figura 4.11. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B. No início da monitoração há um superaquecimento no tanque de revelação, que é corrigido após o 15º dia.

Hospital A e Hospital B

Ambos os hospitais apresentaram problemas no sistema de aquecimento do tanque de revelação. No hospital B, o início da monitoração revela que o sistema de aquecimento provocou um superaquecimento no tanque de revelação. De imediato, foi solicitado que a empresa terceirizada corrigisse o problema. No 15º dia de monitoração do hospital B, a empresa terceirizada corrigiu o problema, conforme pode ser comprovado através a **figura 4.11**.

O aumento da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora provoca aumento de fog do filme e perda da qualidade da imagem ^{5, 23}. E, temperaturas menores podem não oferecer o grau adequado de transformação da imagem latente em imagem visível no filme radiográfico.

4.1.4.3 Monitoração do pH

Hospital A

As **figuras** de **4.12** até **4.14** mostram os resultados da monitoração diária do pH das soluções químicas e da água de lavagem nos tanques da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A.

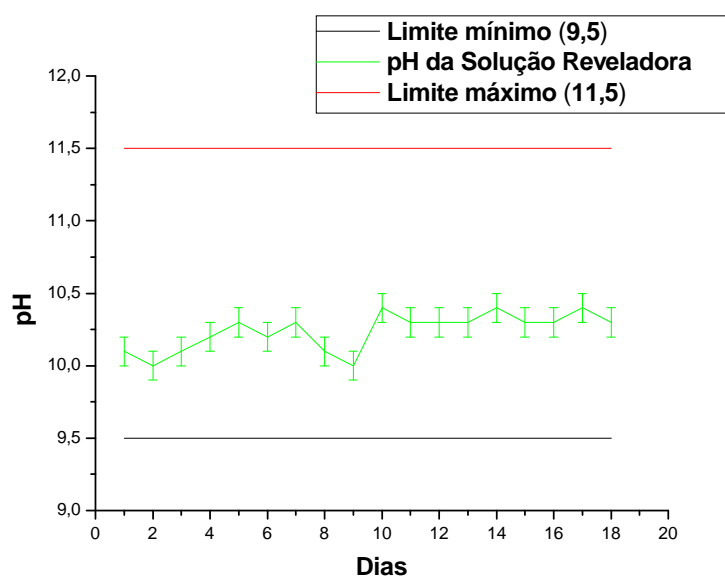


Figura 4.12. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A.

A **figura 4.12** mostra que o pH da solução reveladora encontrou-se dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante durante o período de monitoração sem a implantação do PGQ no hospital A.

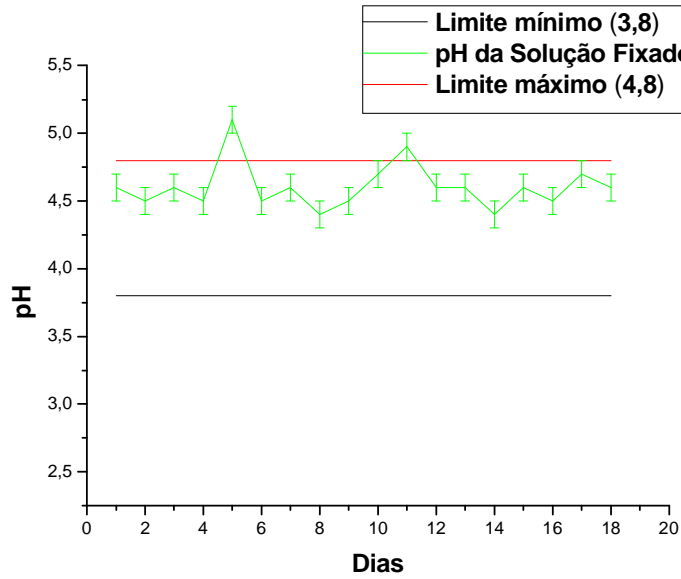


Figura 4.13. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A.

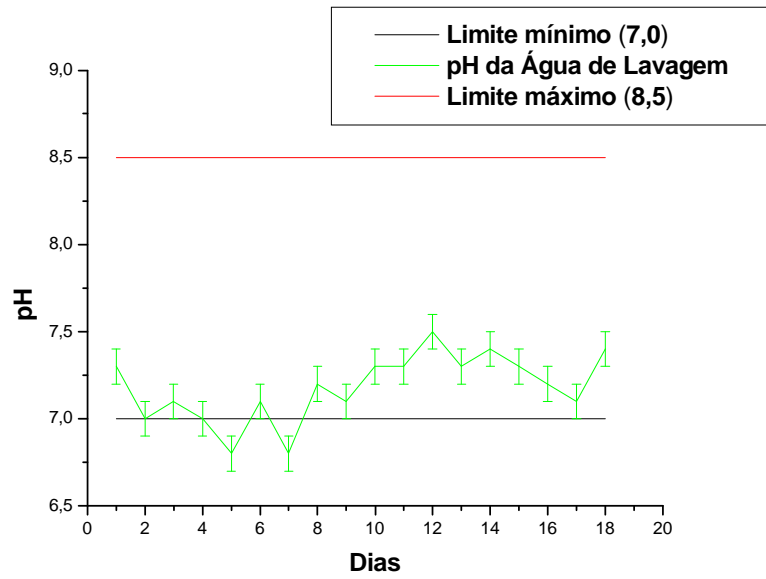


Figura 4.14. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital A.

Através da **figura 4.13**, nota-se que o pH da solução fixadora, sem a implantação do PGQ no hospital A, no 5° e 11° dia de monitoração ficou acima do limite máximo permitido. Foi constatado que ao fim do 4° dia (ver **tabela 3.1**) de monitoração haviam sido preparadas novas soluções químicas (revelador e fixador) e que a solução fixadora no tanque da processadora estava contaminada com sabão, pois o tanque da solução fixadora da processadora tinha sido mal lavado. O problema foi corrigido imediatamente. No 11° dia de monitoração, o pH da solução fixadora pode ter sofrido contaminação da solução reveladora, pois no fim de semana que antecedeu esse dia de monitoração, houve limpeza dos racks, e a limpeza pode não ter ocorrido com cuidado necessário, principalmente no momento da remoção desses racks da processadora. Foi, ainda, constatado que a mistura dos produtos químicos não estava seguindo as especificações do fabricante, sendo corrigida no 1° dia da monitoração diária após a implantação do PGQ. Isso poderá ser observado através das **figuras 4.25 e 4.27**.

A **figura 4.14** mostra que o pH da água de lavagem estava incorreto até o 7° dia da monitoração sem a implantação do PGQ. Após o 7° dia, o filtro de água foi substituído e os valores alcançaram os níveis estabelecidos por Haus and Jakulski ¹.

Hospital B

As **figuras de 4.15 até 4.17** mostram os resultados da monitoração diária do pH das soluções químicas e da água de lavagem nos tanques da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B.

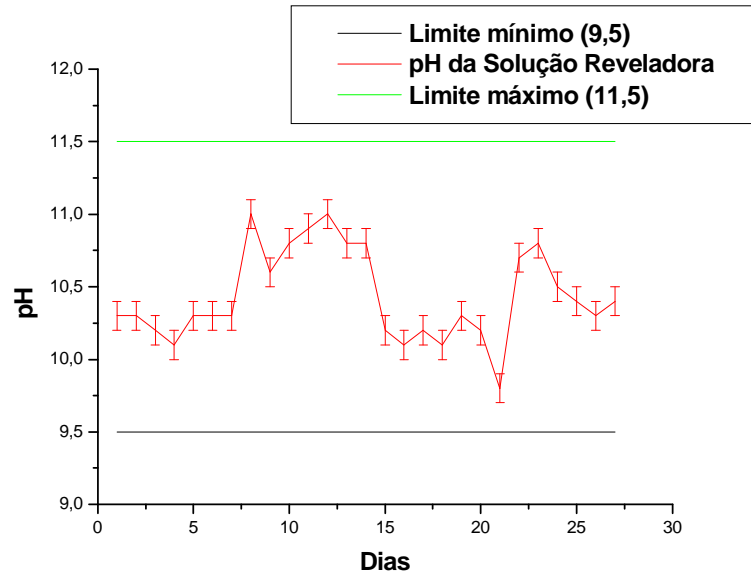


Figura 4.15. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B.

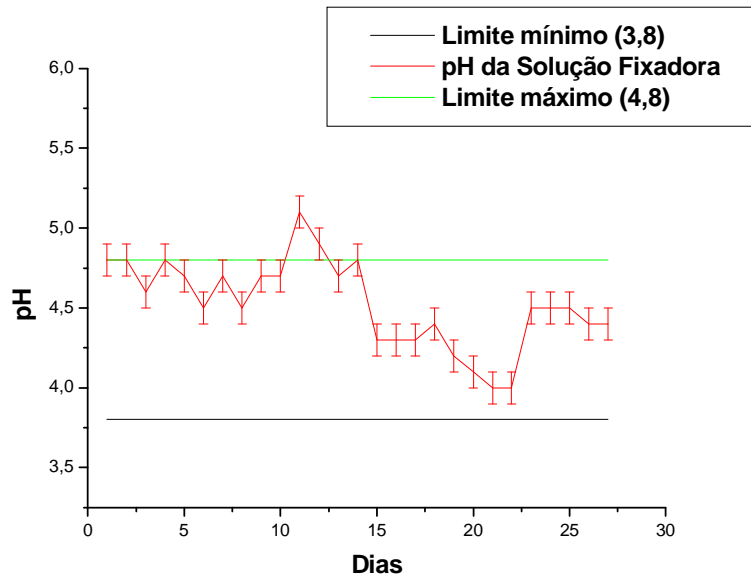


Figura 4.16. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B.

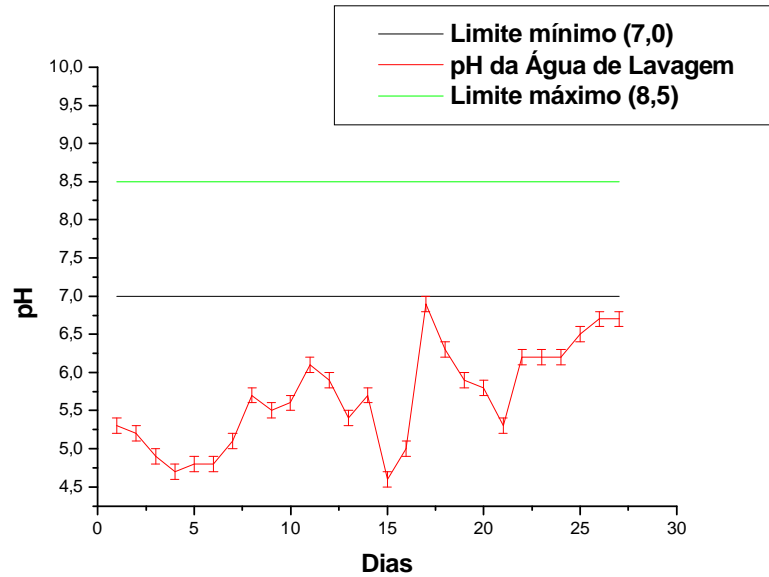


Figura 4.17. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora sem a implantação do PGQ no hospital B.

A **figura 4.15** mostra que o pH da solução reveladora encontrou-se dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante durante o período de monitoração sem a implantação do PGQ no hospital B.

A **figura 4.16** revela que até o 14º dia de monitoração, o pH da solução fixadora, sem a implantação do PGQ no hospital B, encontrava-se muito próximo do limite máximo permitido. Foi constatado que a mistura dos produtos químicos não estava seguindo as especificações dos fabricantes dos produtos químicos. A partir do 15º dia de monitoração, a solução fixadora passou a ser misturada corretamente, melhorando o pH medido, o que pode ser conferido através da mesma figura.

Hospital A e Hospital B

Conforme fora descrito no item 2.4.3.4, valores incorretos de pH nas soluções reveladoras e fixadoras podem indicar que elas foram misturadas de forma inadequada, que foram contaminadas ou que estão desgastadas. Entretanto, valores de pH corretos não comprovam o contrário. Uma das ações do PGQ definidas em ambos os hospitais A e B foi a implantação da correta mistura dos produtos químicos.

A **figura 4.14** revela que o pH da água de lavagem do hospital A estava incorreto até o 7º dia de monitoração. E, a **figura 4.17** revela que o pH da água de lavagem permaneceu incorreto durante todos os dias de monitoração sem a implantação do PGQ no hospital B. O pH incorreto na água de lavagem indica que esta água está contaminada com resíduos que podem produzir artefatos na imagem. A função do filtro é reter esses resíduos, mantendo assim, o pH da água neutro ($\sim 7,0$). Assim, esse problema foi facilmente identificado, pois o filtro de ambos os hospitais não era substituído havia mais de três meses. O hospital A corrigiu esse problema no 8º dia de monitoração, mesmo sem a implantação do PGQ. Enquanto que, o filtro do hospital B não havia sido substituído até o fim da monitoração sem a implantação do PGQ.

4.1.4.4 Condições de armazenamento dos filmes

Hospital A

No hospital A, as caixas de filmes virgens eram armazenadas na posição vertical, sob uma temperatura ambiente de $20,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e sob uma umidade relativa do ar de $85 \pm 1 \%$.

Hospital B

No hospital B, as caixas de filmes virgens eram armazenadas na posição vertical, sob uma temperatura ambiente de $24,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e sob uma umidade relativa do ar de $92 \pm 1 \%$.

No hospital B, foi solicitado que o serviço de manutenção pudesse corrigir o mau funcionamento do condicionador de ar, o que até o término da confecção deste trabalho, não havia sido atendido. Os funcionários, para uma melhor refrigeração da sala, estavam utilizando um ventilador comum. Além de prejudicar a imagem, pois aumenta a incidência de poeira no ar, o uso do ventilador é um risco a mais para os indivíduos. A falta de luminosidade da câmara escura e a posição do ventilador, ao alcance das mãos, facilita a ocorrência de acidentes, como, por exemplo, cortes com suas lâminas.

Hospital A e Hospital B

Segundo foram especificados pelos fabricantes dos filmes, os filmes devem ser armazenados sob uma temperatura ambiente de no máximo 21°C e sob uma umidade relativa do ar entre 30 e 60 %.

Nos dois hospitais foi solicitado que fosse instalado um desumidificador para que a umidade relativa do ar pudesse ser mantida em conformidade com a umidade especificada pelo fabricante dos filmes. Até o término da dissertação (período da confecção deste trabalho) nenhum dos hospitais havia atendido a esta solicitação.

As condições de armazenamento dos filmes, quando estão fora dos limites especificados pelo fabricante dos filmes, podem resultar em um maior fog filme²³.

4.1.4.5 Fog da câmara escura

Hospital A

A **figura 4.18** mostra as imagens obtidas das tiras referentes aos dois tipos de exposição: exposição à entrada de luz branca em conjunto com a luz vermelha, e somente exposição à entrada de luz branca.

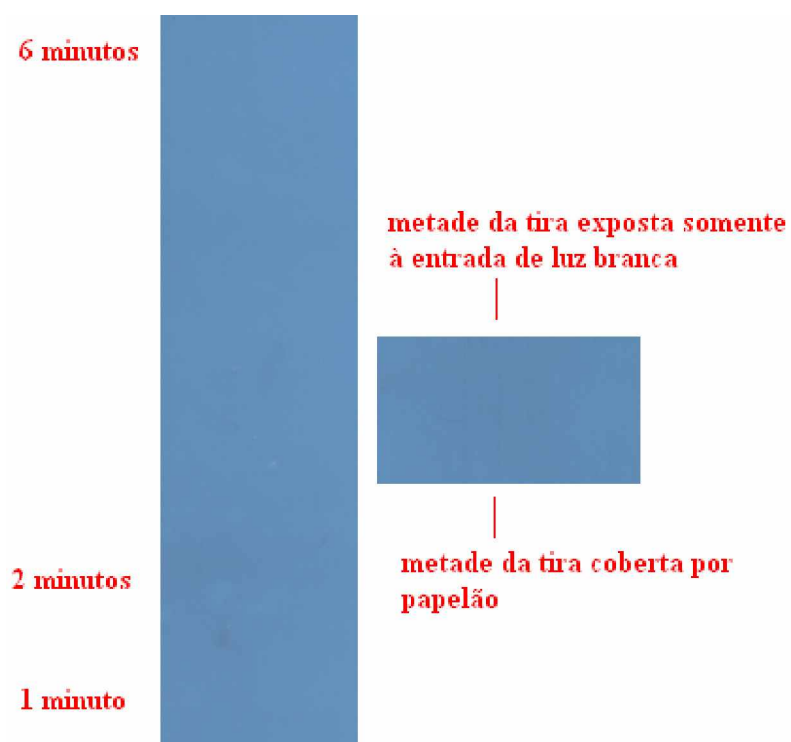


Figura 4.18. Tiras obtidas através do teste do fog da câmara escura sem implantação do PGQ no hospital A.

A partir da **figura 4.18** percebe-se que, até mesmo após 6 minutos de exposição da tira à entrada de luz branca em conjunto com a luz vermelha, nenhuma imagem da moeda pode ser vista. Ainda pode ser notado que, na tira à esquerda, nenhuma diferença de densidade óptica pode ser detectada entre a metade da tira exposta à entrada de luz branca e a outra metade coberta por

papelão. A **tabela 4.2** mostra os valores das densidades ópticas medidos com o densitômetro.

Tabela 4.2. Resultados obtidos através do teste do fog da câmara escura do hospital A descrito pelo protocolo ARCAL XLIX 22.

| | |
|---|-------------|
| DO da franja exposta à 2 minutos de luz de segurança e à entrada de luz branca | 0,28 |
| DO da metade da tira coberta por papelão | 0,27 |
| DO da metade da tira exposta somente à entrada de luz branca | 0,28 |

Portanto, no hospital A, o teste do fog da câmara escura demonstrou que a entrada de luz branca e a influência da luz vermelha não eram capazes de sensibilizar o filme até os níveis estabelecidos pelo protocolo ARCAL XLIX ¹¹.

Hospital B

No hospital B, o teste do fog da câmara escura sem a implantação do PGQ apresentou as tiras mostradas na **figura 4.19** e os resultados apresentados na **tabela 4.3**.

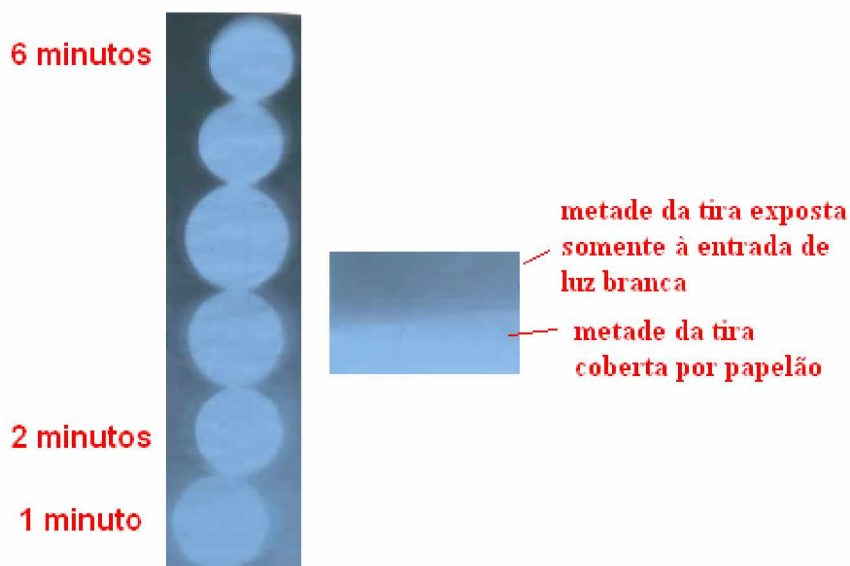


Figura 4.19. Tiras obtidas através do teste do fog da câmara escura sem implantação do PGQ no hospital B.

A **figura 4.19** mostra que, em todos os tempos de exposição prévia à entrada de luz branca e à luz vermelha, todas as imagens das moedas podem ser claramente observadas. A partir da tira à esquerda, percebe-se que existe uma diferença de densidade óptica entre a metade da tira exposta somente à entrada de luz branca e a outra metade coberta por papelão. A **tabela 4.3** mostra os resultados das densidades ópticas obtidos com o densitômetro.

Tabela 4.3. Resultados obtidos através do teste do fog da câmara escura do hospital B descrito pelo protocolo ARCAL XLIX 22.

| | |
|---|-------------|
| DO da franja exposta à 2 minutos de luz de segurança e à entrada de luz branca | 0,47 |
| DO da metade da tira coberta por papelão | 0,28 |
| DO da metade da tira exposta somente à entrada de luz branca | 0,55 |

Segundo descrito no item 2.4.3.1, os resultados apresentados na **tabela 4.3** e na **figura 4.19**, mostram que na câmara escura do hospital B houve influência da entrada de luz branca e da luz vermelha. O efeito do fog no filme de raios X causado pela câmara escura pode degradar à qualidade da imagem, e levar a repetição do exame e ao aumento de dose no paciente ²³. A diminuição do fog devido à luz branca pode ser feito através de uma melhor vedação na porta de entrada da câmara. Já o efeito da luz de segurança pode ser reduzido obedecendo-se a distância mínima entre a luz e o local onde é manuseado o filme, além, é claro, da escolha da lâmpada correta.

4.1.4.6 Índice de rejeição dos filmes e consumo dos produtos químicos

Hospital A

No hospital A, sem a implantação do PGQ, eram consumidos cerca de 100 filmes por mês, dos quais 7 % representavam filmes rejeitados e 93 % possuíam utilidade para o diagnóstico (estimados pelo boletim).

Uma caixa de produtos químicos (solução reveladora de 76 litros e solução fixadora de 76 litros) era consumida por mês, sendo todos fornecidos por apenas um fabricante (ver **tabela 3.1**).

O gasto mensal associado à rejeição de filmes estava em torno de R\$ 11,50 e o gasto mensal associado ao consumo dos produtos químicos estava em torno de R\$ 414,00.

Hospital B

No hospital B, sem a implantação do PGQ, eram consumidos cerca de 1115 filmes por mês, dos quais cerca de 50 % representavam filmes rejeitados e apenas 50 % possuíam utilidades para o diagnóstico (estimados pelo boletim).

Quatro caixas de produtos químicos (solução reveladora de 76 litros e solução fixadora de 76 litros) eram consumidas por mês, produtos estes fornecidos por vários fabricantes (ver **tabela 3.3**).

O gasto mensal associado à rejeição de filmes estava em torno de R\$ 915,00 e o gasto mensal associado ao consumo dos produtos químicos estava em torno de R\$ 828,00. Valores muito altos para rejeição, o que gera custos desnecessários para o hospital. Como se pode notar, uma diminuição na rejeição das radiografias

com melhoria das condições de revelação pode gerar uma grande economia em um hospital.

4.1.4.7 Método Sensitométrico

Hospital A

A **figura 4.20** mostra a monitoração diária da densidade óptica da base + fog sem o PGQ no hospital A.

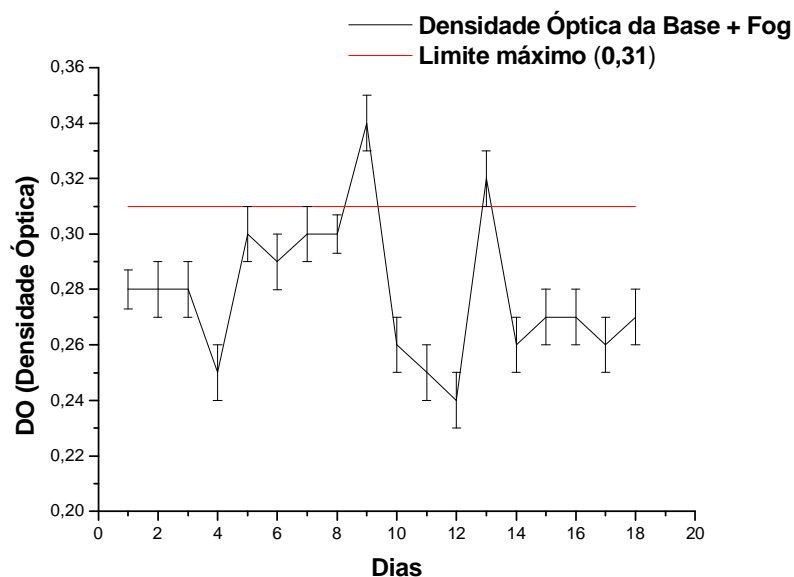


Figura 4.20. Monitoração diária da densidade óptica da base + fog sem a implantação do PGQ no hospital A.

Através da **figura 4.20** percebe-se que a densidade óptica da base + fog é maior do que aquela apresentada normalmente numa rotina clínica (DO igual a 21)^{3, 23}. Esse problema foi associado ao uso de filmes acidentalmente expostos à luz branca e ao tempo seco-a-seco da processadora (conforme pode ser visto no item 4.1.4.1).

As **figuras** de **4.21** até **4.24** mostram respectivamente a monitoração diária do índice de sensibilidade, do índice de contraste, do contraste obtido pelo protocolo ARCAL XLIX e do contraste obtido pelo software ORIGIN[®] sem a implantação do PGQ no hospital A.

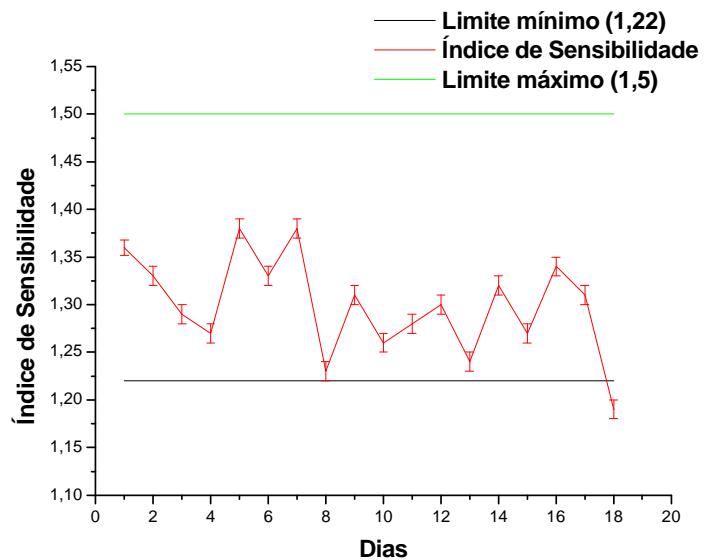


Figura 4.21. Monitoração diária do índice de sensibilidade sem a implantação do PGQ no hospital A.

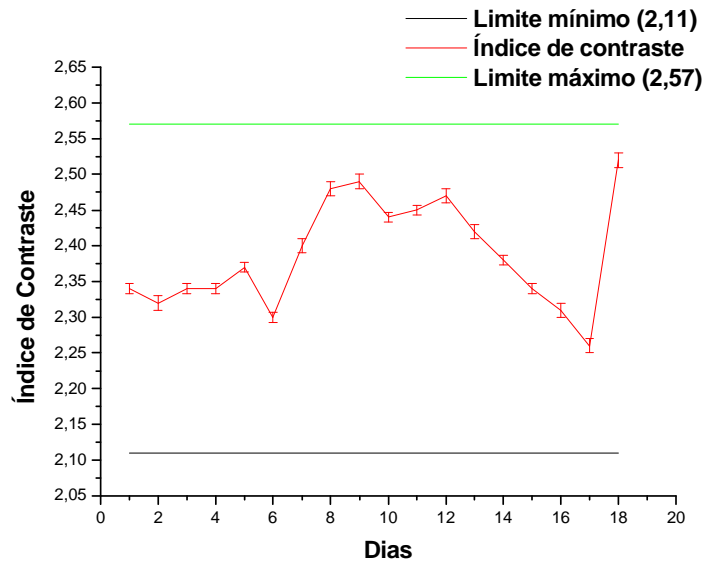


Figura 4.22. Monitoração diária do índice de contraste sem a implantação do PGQ no hospital A.

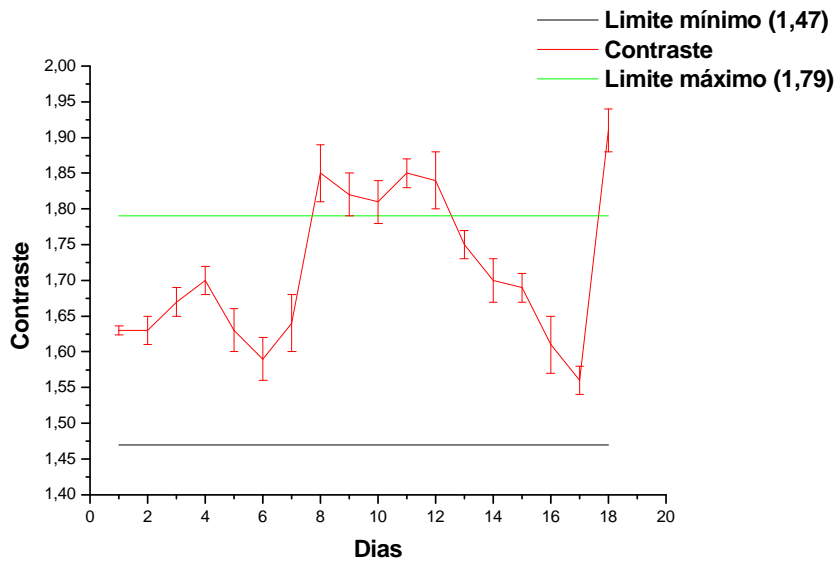


Figura 4.23. Monitoração diária do contraste obtido a partir do protocolo ARCAL XLIX sem a implantação do PGQ no hospital A.

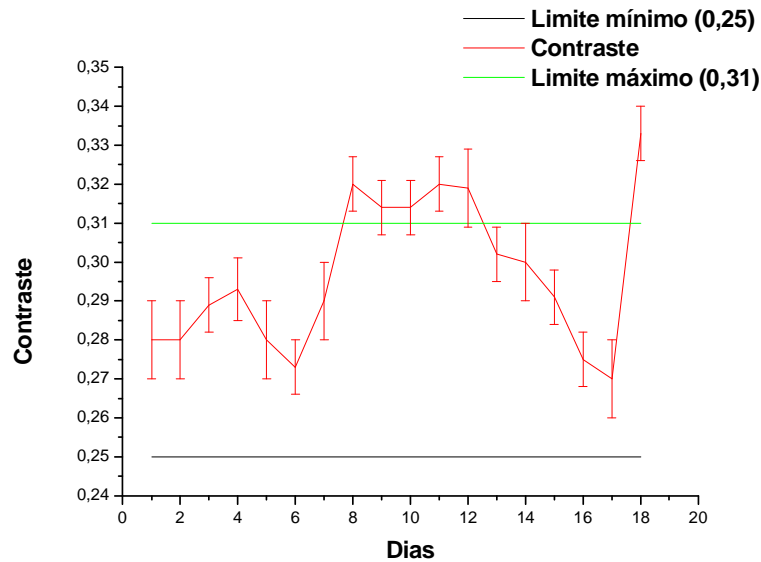


Figura 4.24. Monitoração diária do contraste obtido a partir do novo método sem a implantação do PGQ no hospital A.

As **figuras 4.21** e **4.22** mostram que o índice de sensibilidade e o índice de contraste se encontraram dentro dos limites estabelecidos pelo protocolo ARCAL XLIX durante o período de monitoração, sem a implantação do PGQ no hospital A.

A partir das **figuras 4.23** e **4.24** percebe-se que entre o 8º e o 12º dia de monitoração sem a implantação do PGQ no hospital A, o contraste ficou acima do limite máximo estabelecido pelo protocolo ARCAL XLIX. Isso pode estar associado à mistura inadequada dos produtos químicos, pois ao final do 7º e 12º dias de monitoração houve mistura de produtos químicos (ver **tabela 3.1**). Esse período corresponde justamente ao período que o contraste ficou acima do limite máximo estabelecido pelo protocolo ARCAL XLIX. Logo após, o contraste voltou a ficar dentro dos limites estabelecidos pelo protocolo (ver **figuras 4.23** e **4.24**).

Hospital B

No hospital B, a monitoração diária da base + fog sem a implantação do PGQ está ilustrada pela **figura 4.25**.

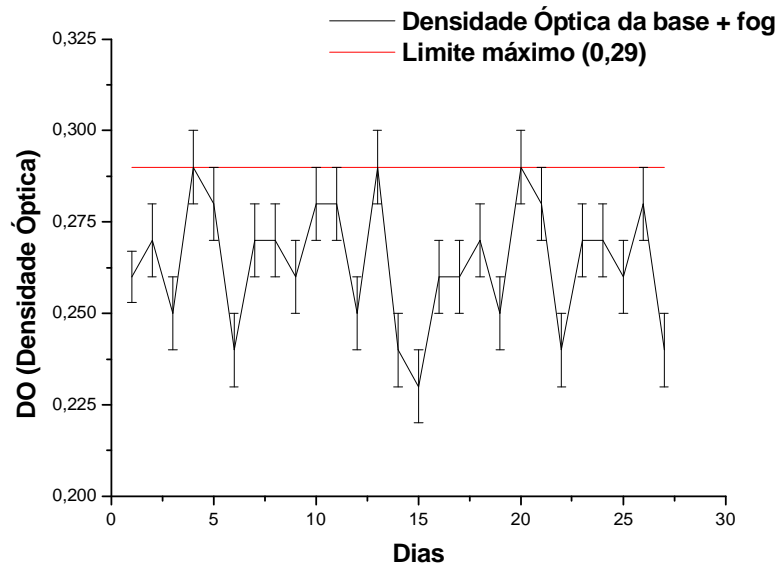


Figura 4.25. Gráfico da monitoração diária da densidade óptica da base + fog antes da implantação do PGQ no hospital B.

Através da **figura 4.25**, percebe-se o valor médio da densidade óptica da base + fog no hospital B estava acima do valor normalmente encontrado numa rotina clínica (DO igual à 0,21) ^{3, 23}. Isto poderia estar associado ao uso de produtos químicos de diversos fabricantes e à presença de fog na câmara escura (conforme pode ser verificado no item 4.1.4.5), pois a temperatura do revelador no tanque da processadora já havia sido controlada a partir do 15º dia de monitoração dos parâmetros (conforme item 4.1.4.2).

As **figuras 4.26** até **4.29** mostram respectivamente a monitoração diária do índice de sensibilidade, do índice de contraste, do contraste obtido pelo protocolo

ARCAL XLIX e do contraste obtido pelo software ORIGIN[®] sem a implantação do PGQ no hospital B.

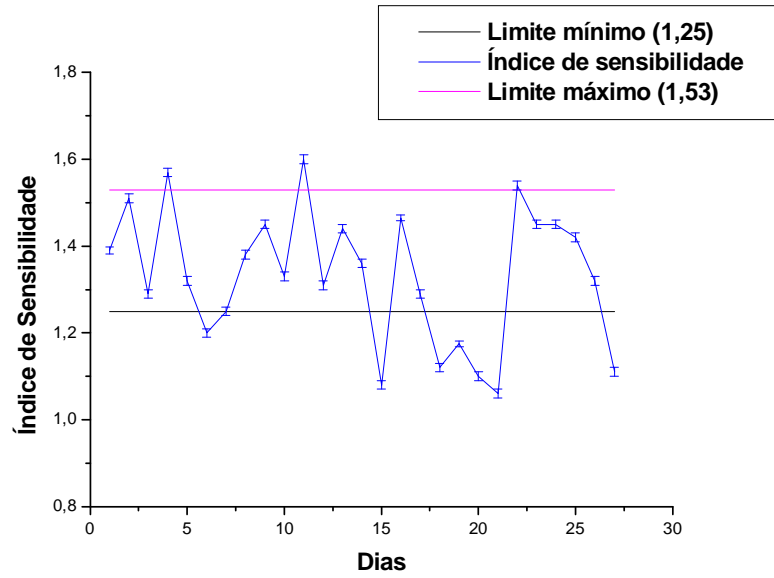


Figura 4.26. Monitoração diária do índice de sensibilidade sem a implantação do PGQ no hospital B.

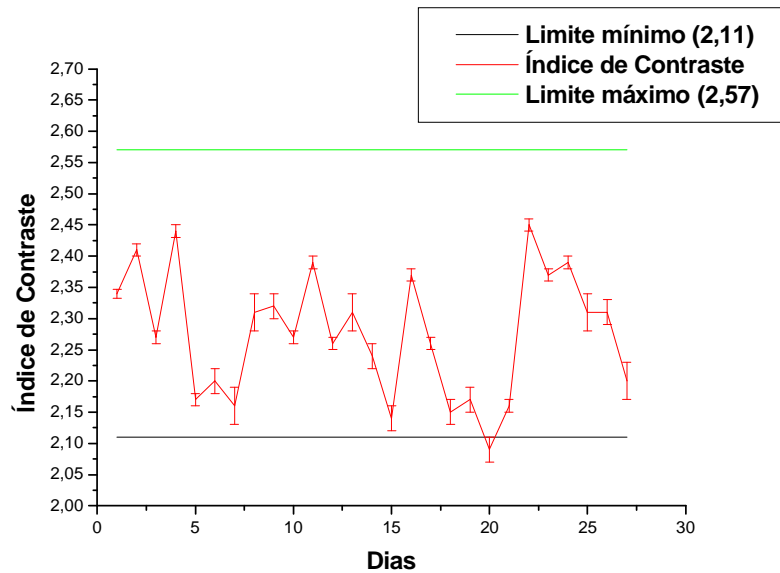


Figura 4.27. Monitoração diária do índice de contraste sem a implantação do PGQ no hospital B.

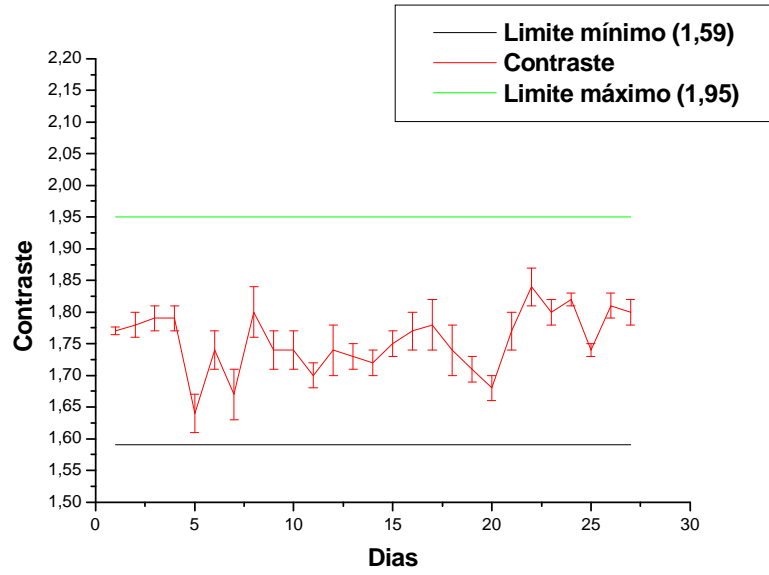


Figura 4.28. Monitoração diária do contraste obtido a partir do protocolo ARCAL XLIX sem a implantação do PGQ no hospital B.

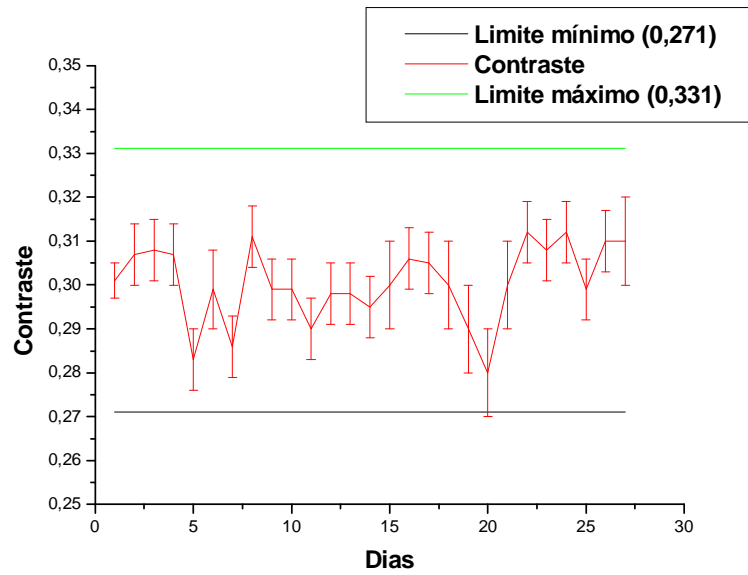


Figura 4.29. Gráfico da monitoração diária do contraste obtido a partir do novo método sem a implantação do PGQ no hospital B.

A **figura 4.26** mostra diversos valores de índice de sensibilidade, sem a implantação do PGQ no hospital B, fora da faixa de valores permitidos pelo protocolo ARCAL XLIX. Especialmente, o conjunto de valores entre o 15º e o 21º dia da monitoração chama a atenção, pois ao fim do 14º dia de monitoração houve preparo de produtos químicos de outro fabricante (ver **tabela 3.3**).

É importante salientar a concordância dos valores do contraste obtidos a partir do protocolo ARCAL XLIX e a partir do software ORIGIN® conforme pode ser observado através das **figuras 4.28 e 4.29**.

Em alguns pontos da **figura 4.26** foi difícil identificar precisamente a(s) causa(s) para que estes valores se encontrassem fora da faixa de valores permitidos pelo protocolo ARCAL XLIX. A ausência de um PGQ com ações bem definidas dificulta a identificação do(s) fator(es) responsável(is) por um ou mais parâmetros sensitométricos encontrarem-se fora da faixa de valores permitidos.

No item 4.2 deste trabalho será apresentada a monitoração diária dos parâmetros de processamento, tais como a temperatura das soluções químicas, o pH das soluções químicas e os parâmetros sensitométricos do filme utilizado com a implantação do PGQ.

4.2 Após a implantação de um PGQ em câmara escura e processadora

Não foi possível implantar um PGQ em câmara escura e processadora no hospital B, pois este hospital não atendeu, até o término deste trabalho, as solicitações necessárias que definem um PGQ. O hospital alegou que iria atendê-las quando o novo centro de imagens do hospital fosse inaugurado, o que não ocorreu até o final deste trabalho.

Mesmo assim, algumas ações foram implantadas. Como descrito no item 4.1.4.3, a mistura das soluções passou a ser executada de forma adequada a partir do 15º dia de monitoração sem o PGQ. Pretende-se dar continuidade a esse trabalho, implantando o PGQ neste hospital, mesmo depois de encerrada essa dissertação.

Já no hospital A, foi implantado um PGQ. Conforme descrito no item 2.4, um PGQ representa um plano de ações que visa garantir as características da imagem radiográfica. As ações definidas no PGQ, dos dois hospitais, estão separadas nos itens abaixo.

4.2.1 Programa de avaliação da imagem radiográfica

Hospital A

Após a implantação do PGQ no hospital A, os médicos classificaram novamente as imagens como “boas” e sugeriram a redução do fog dos filmes. O tempo seco-a-seco contribui para o aumento do fog^{3, 23}. O tempo seco-a-seco da processadora desse hospital era de $150,8 \pm 0,3$ segundos e não poderia ser

alterado. Como a redução do fog dos filmes só seria possível com a substituição da processadora do setor, esse item não pode ser melhorado.

Hospital B

O programa de avaliação da imagem radiográfica não foi realizado no hospital B, pois não foi implantado um PGQ neste hospital.

4.2.2 Limpeza e higiene das câmaras escuras e processadoras

Hospital A

O hospital A executava a limpeza da câmara escura semanalmente. A limpeza dos racks da processadora foi definida ao fim da monitoração dos parâmetros de processamento sem a implantação do PGQ. A limpeza foi executada de forma a evitar a contaminação das soluções químicas no tanque da processadora no momento da remoção dos racks.

Hospital B

O hospital B não atendeu todas as solicitações feitas para a limpeza da câmara escura.

Foi solicitado que fossem retirados todos os objetos alheios ao processamento ilustrados na **figura 4.3**, e que fosse feita uma limpeza diária na câmara escura. Também, foi solicitado que o contrato de manutenção da processadora fosse modificado, de modo que as peças da processadora pudessem ser substituídas. As manchas encontradas nos rolos não podiam mais ser

removidas (ver **figura 4.4**). Até o final deste trabalho, o filtro de água não havia sido substituído.

4.2.3 Segurança dos trabalhadores e do meio ambiente

Hospital A

Até o final deste trabalho o hospital A não havia adquirido um par de galochas para aumentar o nível de segurança dos trabalhadores no momento do manuseio e da mistura dos produtos químicos.

Um sistema de tratamento interno também não havia sido instalado, nem havia sido designado um local para armazenamento das soluções químicas utilizadas, de modo que estas soluções continuavam a ser despejadas diretamente na rede de esgoto urbano.

Hospital B

O hospital B alegou que seria instalado um sistema de tratamento interno e um sistema de exaustão no novo centro de imagens do hospital.

4.2.4 Estudo das propriedades sensitométricas de dois filmes diferentes

A **figura 4.30** ilustra o formato das curvas características obtidas para os dois filmes.

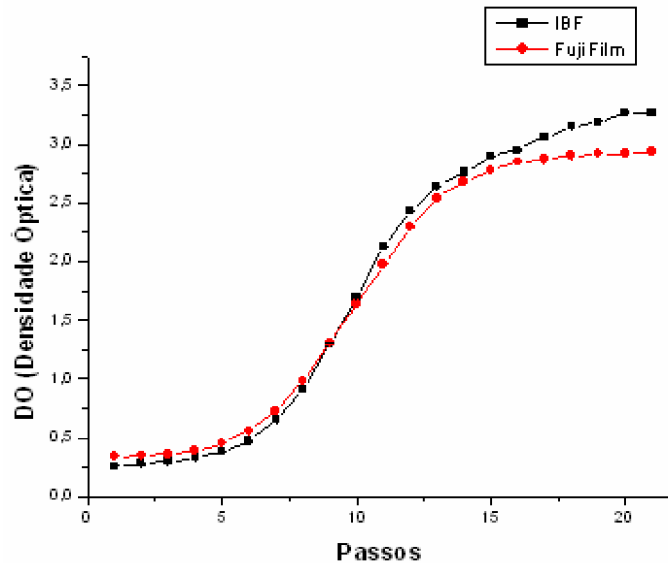


Figura 4.30. Curvas características da IBF e da Fujifilm.

Os valores médios dos parâmetros sensitométricos dos dois filmes estão listados na **tabela 4.4**.

Tabela 4.4. Lista dos valores dos parâmetros sensitométricos do filme fabricado pela IBF e do filme fabricado pela Fujifilm.

| | IBF | Fujifilm |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Densidade óptica da base + fog | 0,260 ± 0,004 | 0,340 ± 0,005 |
| Índice de Sensibilidade | 1,30 ± 0,01 | 1,31 ± 0,01 |
| Índice de Contraste | 2,13 ± 0,01 | 2,29 ± 0,01 |
| Contraste (ARCAL XLIX) | 1,450 ± 0,005 | 1,560 ± 0,005 |
| Contraste (ORIGIN®) | 0,38 ± 0,01 | 0,317 ± 0,007 |

A **tabela 4.4** mostra que o valor do contraste, quando obtido pelo protocolo ARCAL XLIX, do filme fabricado pela IBF é menor que o contraste do filme

fabricado pela Fujifilm. Porém, quando o contraste é obtido por meio do novo método, a **tabela 4.4** mostra que o contraste do filme fabricado pela IBF é maior do que o contraste do filme fabricado pela Fujifilm.

O método proposto pelo protocolo ARCAL XLIX apresenta o contraste do filme como sendo a diferença numérica entre dois valores de densidade óptica de uma tira sensitométrica. A saber, esses valores são referentes ao passo que possui densidade óptica próxima, mas não menor, de 0,25 D mais a densidade da base + fog; e ao passo que possui densidade óptica próxima de 2,00 DO mais a densidade da base + fog. Dessa forma, quando esses dois valores são próximos implicam em um valor menor do contraste do filme. Sugerindo que o filme tem um contraste menor do que realmente apresenta.

A **figura 4.30** mostra que a inclinação da porção linear da curva característica do filme fabricado pela IBF é maior do que a inclinação da porção linear da curva característica do filme fabricado pela Fujifilm. Logo, conclui-se que o novo método ou nova ferramenta para calcular o contraste é mais confiável do que o método descrito pelo protocolo ARCAL XLIX. Além disso, o valor médio da densidade óptica da base + fog do filme fabricado pela IBF foi menor que o valor médio da densidade óptica da base + fog do filme fabricado pela Fujifilm.

Esse resultado sugeriu que no hospital A fossem usados os filmes fabricados pela IBF em conjunto com os produtos químicos fabricados pela própria IBF.

4.2.5 Qualidade do processamento

Hospital A

4.2.5.1 Monitoração da temperatura das soluções químicas

Após a implantação do PGQ no hospital A, a temperatura da solução fixadora no tanque da processadora e a temperatura da água de lavagem se encontraram dentro da tolerância estabelecida por Haus and Jakulski ¹.

A **figura 4.31** mostra a monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora após a implantação do PGQ.

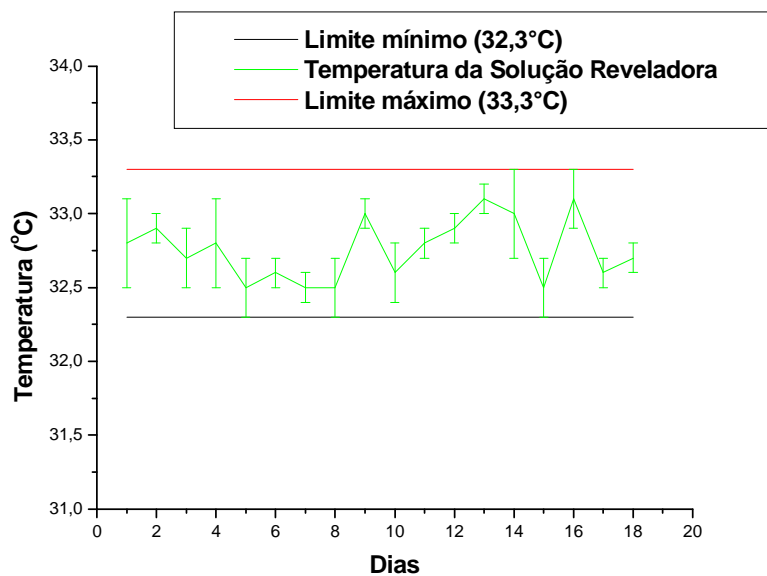


Figura 4.31. Monitoração diária da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A.

A monitoração da temperatura da solução reveladora no tanque da processadora mostrou que nenhum ponto ficou fora da faixa de valores estabelecidos pelo protocolo ARCAL XLIX.

4.2.5.2 Monitoração do pH

As figuras 4.32, 4.33 e 4.34 mostram a monitoração diária do pH das soluções químicas e da água de lavagem nos tanques da processadora após a implantação do PGQ no hospital A.

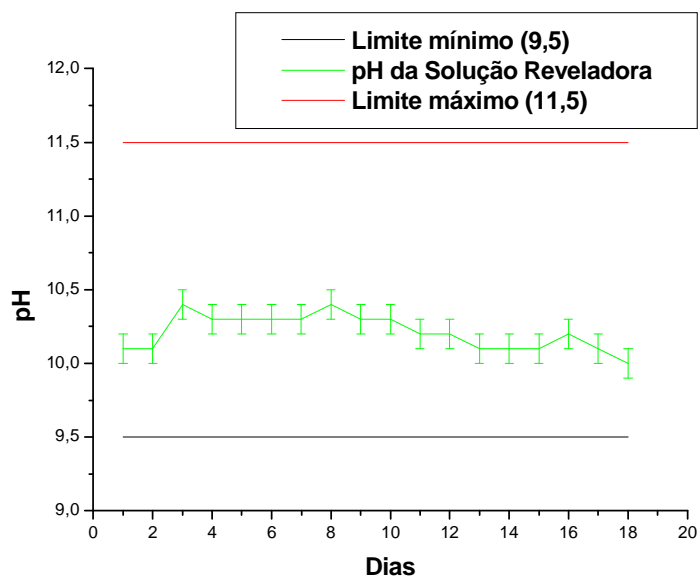


Figura 4.32. Monitoração diária do pH da solução reveladora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A.

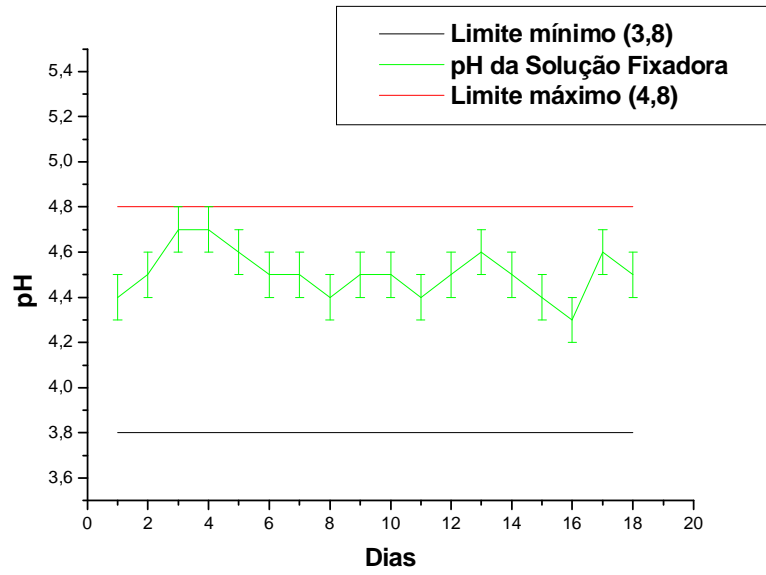


Figura 4.33. Monitoração diária do pH da solução fixadora no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A.

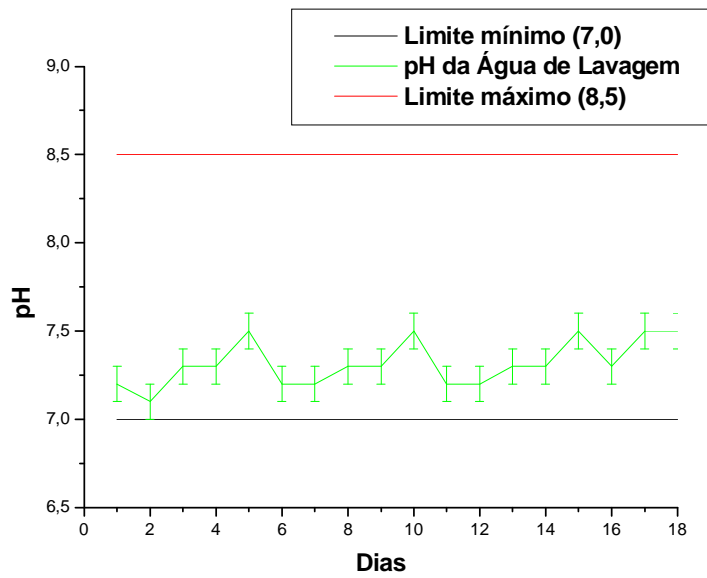


Figura 4.34. Monitoração diária do pH da água de lavagem no tanque da processadora após a implantação do PGQ no hospital A.

A partir das **figuras 4.32, 4.33 e 4.34**, percebe-se que o pH das soluções químicas e da água de lavagem está dentro dos limites estabelecidos pelos fabricantes durante todos os dias da monitoração, após a implantação do PGQ no hospital A.

Portanto, a monitoração do pH das soluções químicas e da água de lavagem sustenta a hipótese de que, após a implantação do PGQ no hospital A, a mistura dos produtos químicos e a limpeza estavam sendo feitas de forma adequada.

4.2.5.3 Teste do tempo seco-a-seco

O teste do tempo seco-a-seco não foi realizado após a implantação do PGQ no hospital A, pois o serviço de manutenção da processadora informou que não seria possível alterar o tempo seco-a-seco desse modelo de processadora.

4.2.5.4 Condições de armazenamento dos filmes

As condições de armazenamento dos filmes após a implantação do PGQ no hospital A permaneceram as mesmas (consultar item 4.1.5.4), pois até final deste trabalho o hospital não havia instalado um desumidificador na câmara escura.

4.2.5.5 Fog da Câmara Escura

Esse teste não foi realizado no hospital A após a implantação do PGQ, pois conforme o item 4.1.5.5 o hospital não apresentava fog devido à câmara escura.

4.2.5.6 Índice de rejeição dos filmes e consumo dos produtos químicos

Devido à implantação do PGQ no hospital A, o índice de rejeição dos filmes, ou seja, a quantidade dos filmes rejeitados diminuiu para 5 %.

Essa redução não foi comparável à redução de custo que houve devido à redução no consumo dos produtos químicos.

Após a implantação do PGQ no hospital A, uma caixa de produtos químicos passou a ser consumida em dois meses (ver **tabela 3.2**). Representando uma economia mensal de 50% no consumo de produtos químicos. Isso demonstra a importância de um PGQ em câmara escura e processadora para um hospital, que além da melhoria das imagens radiográficas, consegue muitas vezes uma redução gigantesca nos custos de produção dessas imagens, tanto maior quanto mais utilização desse setor ele tiver.

Isso ocorreu porque, antes da implantação do PGQ, a mistura dos produtos químicos era realizada quando as soluções nos tanques da processadora apresentassem mudança de cor. Porém, a mudança de cor ocorria antes das soluções químicas nos tanques de reposição ser completamente consumidas. Foi verificado que essa mudança da cor não era acompanhada pela mudança das propriedades sensíométricas dos filmes e dos parâmetros de processamento (tal como pH das soluções químicas e da água de lavagem). Assim, optou-se por fazer a mistura dos produtos químicos uma vez por mês (ver **tabela 3.2**).

4.2.5.7 Método sensitométrico

Das **figuras 4.35** até **4.39** mostram a monitoração diária dos parâmetros sensitométricos após a implantação do PGQ no hospital A. Elas mostram que nenhum dos parâmetros sensitométricos ficaram fora da faixa de valores estabelecidos.

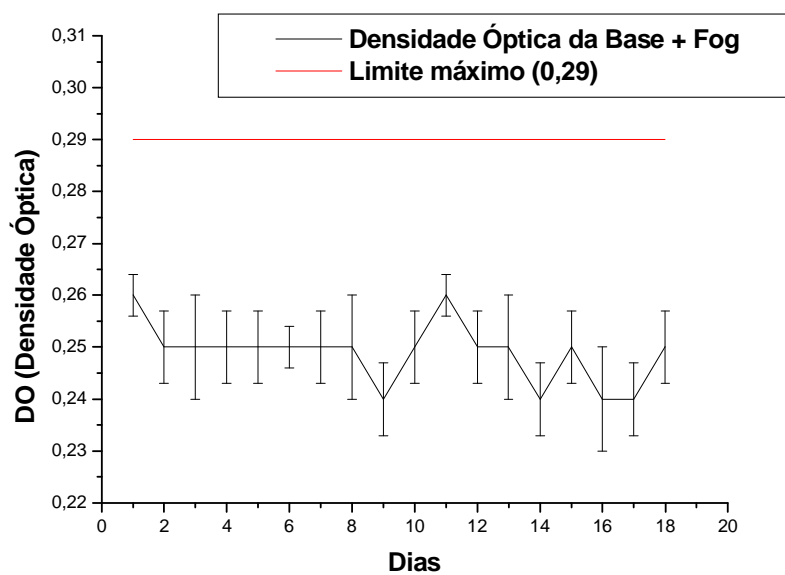


Figura 4.35. Monitoração diária da densidade da base + fog após a implantação do PGQ no hospital A.

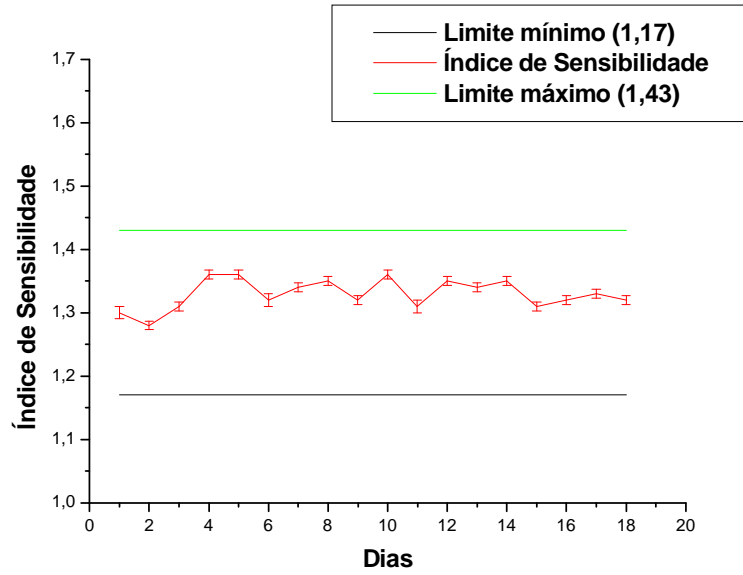


Figura 4.36. Monitoração diária do índice de sensibilidade após a implantação do PGQ no hospital A.

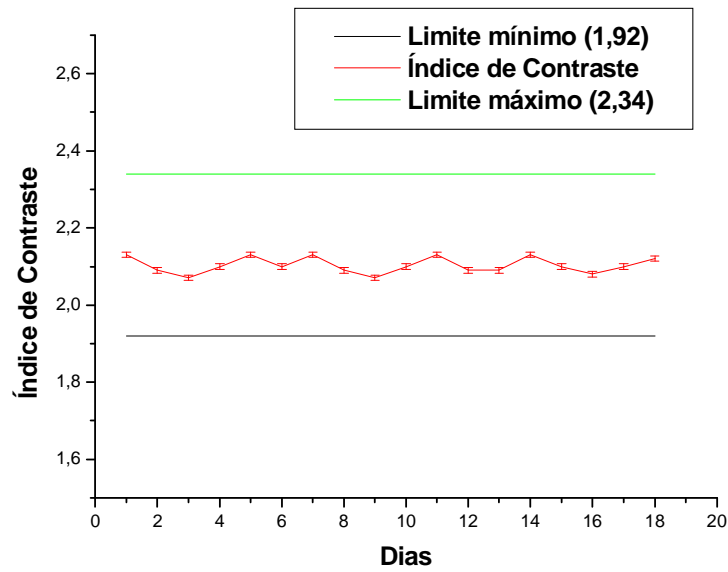


Figura 4.37. Monitoração diária do índice de contraste após a implantação do PGQ no hospital A.

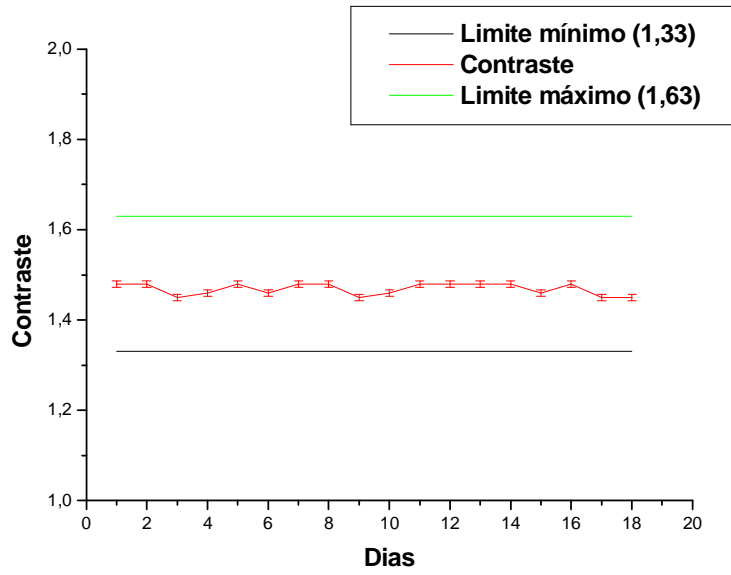


Figura 4.38. Monitoração diária do contraste obtido por meio do protocolo ARCAL XLIX após a implantação do PGQ no hospital A.

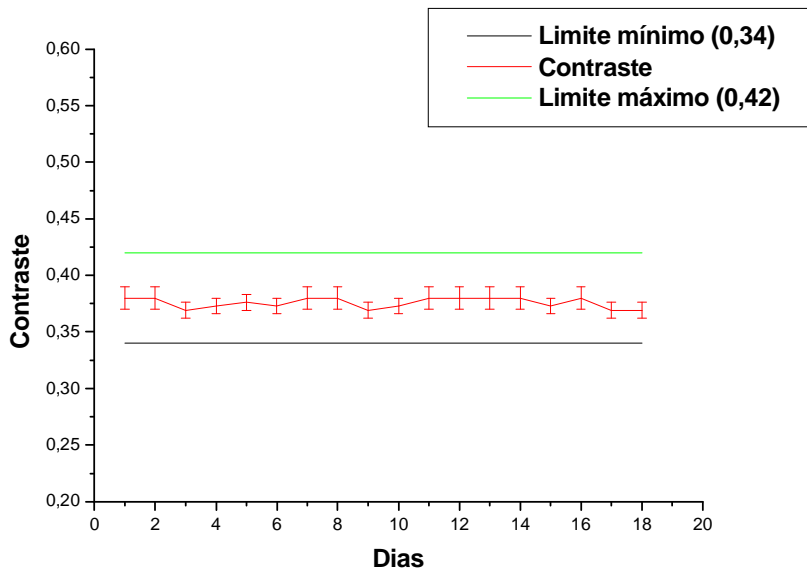


Figura 4.39. Monitoração diária do contraste obtido por meio do novo método ou nova ferramenta após a implantação do PGQ no hospital A.

A partir das **figuras 4.35 à 4.39**, percebe-se que as ações definidas no PGQ do hospital A contribuíram para que os parâmetros sensitométricos fossem mantidos sob controle ^{1, 7, 10}, demonstrando a importância de um PGQ em câmara escura e processadora para a melhoria de qualidade das imagens radiográficas.

Hospital B

Os parâmetros de processamento não foram monitorados no hospital B, pois o PGQ não foi implantado neste hospital.

O hospital B informou que a instalação do desumidificador seria realizada no novo centro de imagens do hospital.

Foi solicitado que o hospital B vedasse os pontos de entrada de luz branca e que afastasse a luz vermelha da mesa de manipulação para reduzir ou eliminar o fog devido à câmara escura. Entretanto, essa solicitação não foi atendida.

5. Conclusão

O estudo qualitativo feito através do “programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica”, embora tenha utilizado um número amostral pequeno, mostrou que a avaliação visual das imagens radiográficas feitas pelos médicos concordou com o contraste radiográfico medido.

Com a implantação do PGQ, foi obtida uma redução de 50% na taxa de consumo dos produtos químicos utilizados no processamento de filmes do hospital A, o que gerou uma economia de mesma percentagem. Portanto, um PGQ em câmara escura e processadora de filmes, além de ser um agente para a melhoria da qualidade da imagem radiográfica, constitui-se em um grande agente de redução de custos. Até mesmo em um hospital onde haja um quadro de profissionais qualificados e melhor infra-estrutura, o PGQ garante a melhoria e a estabilidade dos parâmetros sensitométricos e reduz os custos associados ao processamento de filmes como fora observado no hospital A.

Ainda, nesse hospital foram definidas ações relativas à mistura dos produtos químicos e a limpeza dos racks da processadora. Também, foram efetuadas correções no sistema de aquecimento do tanque de revelação e troca do filtro do cano de abastecimento de água da processadora. Essas ações contribuíram para a redução da densidade da base + fog e elevação do contraste do filme, além do controle dos parâmetros de processamento do hospital A.

Já no hospital B, espera-se que após a implantação do PGQ, o índice de rejeição de filmes seja reduzido consideravelmente em consequência de todas as ações requeridas. Ações relativas à limpeza dos racks da processadora e da câmara escura, manutenção da processadora, treinamento periódico dos técnicos,

instalação de um sistema de exaustão e implantação de um PGQ no aparelho de raios X, evidenciada através do estudo qualitativo “programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica”, podem reduzir o índice de rejeição de filmes do hospital B até índices próximos ao do hospital A (cerca de 5%) e diminuir imensamente a quantidade de artefatos, melhorando significativamente a qualidade da imagem radiográfica. Embora a mistura dos produtos químicos, no hospital B, tenha sido definida mesmo antes da implantação do PGQ, não houve a continuidade do processo de mistura previamente definido, por conta da intransigência dos funcionários envolvidos com o processamento de filmes. Isso reflete a importância dos treinamentos periódicos desses profissionais, e a importância do acompanhamento dos trabalhos por físicos responsáveis.

Embora não gere redução imediata de gastos, o gerenciamento dos efluentes químicos da processadora, quando feito da maneira correta, além de preservar o meio ambiente, previne o hospital ou a clínica de situações constrangedoras com a ANVISA, que podem levar a autuações por crime ambiental (lei 9605/98).

O método de obtenção do contraste por meio do novo método ou nova ferramenta, executado pela primeira vez neste trabalho, mostrou-se mais eficaz que o método proposto pelo protocolo ARCAL XLIX, pois este método não traduz o valor correto para o contraste para certa faixa de valores. A saber, quando os dois valores de densidade óptica necessários para obtenção do contraste através do protocolo ARCAL XLIX ¹¹ estão próximos o valor do contraste diminui, não traduzindo a real inclinação da porção linear da curva característica, a qual define o contraste de filme.

Por tudo isso, a presença de um físico médico capacitado para implantar e acompanhar o PGQ é imprescindível. O investimento para a contratação desse profissional é bastante compensado pela redução de gastos, melhoria da qualidade da imagem e adequação da câmara escura e processadora aos aspectos exigidos pela ANVISA, vindos através da implantação do PGQ.

6. Próximos Passos

- Aplicação mais abrangente do estudo qualitativo feito através do “Programa de avaliação da qualidade da imagem radiográfica”, utilizando novos parâmetros e submetendo a avaliação de mais profissionais.
- Implantação do PGQ no hospital B, com as ações pré-definidas nessa dissertação;
- Análise da redução da taxa de reposição das soluções dos tanques de reposição para os tanques da processadora, com acompanhamento dos parâmetros de processamento, visando à redução de gastos nos dois hospitais;
- Avaliação dos lotes de filmes e produtos químicos de fornecedores do Estado de Sergipe, através do método sensitométrico realizado em um hospital ou clínica com o PGQ implantado;
- Estudo da redução da dose absorvida pelos pacientes sem perda da qualidade da imagem radiográfica, através da redução dos fatores radiográficos empregados nos exames em conjunto com o método sensitométrico e análise da imagem radiográfica ideal para os médicos.

7. Bibliografia

1. Haus A. G. and Jaskulski S. M., "The Basics of Film Processing in Medical Imaging", 1th Ed., Madison, Medical Physics Publishing, 1997.
2. Soares F. A. and Lopes H. B., "Filme Radiográfico e Processamento: Curso Técnico de Radiologia", Ed. 2001, CEFET/SC, 2001.
3. Suleiman O. H., Conway B. J., Rueter F. G., Slayton R. J., "Automatic film processing: Analysis of 9 years of observations", Radiology 185, 25-28, 1992.
4. Ghilardi N. T., Paula E., Pelá C. A., Ghilardi A. J. P., Almeida A., Bellucci A. D., "Estudo sensitométrico de filmes radiológicos utilizados em radiologia convencional", Radiol Bras, 20, 58-64, 1987.
5. Suleiman O. H., Slayton R. J., Reuter F. G., Conway B. J., "Effects of temperature, chemistry, and immersion time on x-ray film", Radiology, 177, 132, 1990.
6. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, "RDC 306/04: Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde", publicada em 7 de dezembro de 2004.
7. Magalhães L.A.G., Azevedo A. C. P., Carvalho A. C. P., "A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas", Radiol Bras 35, 357-363, 2002.
8. Fonseca M. M., Schelin H. R., Barbosa O. D., Tilly J., Jakubiak R. R., "Elaboração de um programa computacional para avaliação e controle de serviços de radiologia médica de médio porte, de acordo com as diretrizes de proteção radiológica do ministério da saúde", Radiol Bras., 34, 343-346, 2001.
9. Dezotti M. S. G., "Avaliação de filmes radiográficos periapicais em diferentes condições de processamento pelos métodos sensitométrico, digital e morfométrico.", Tese de doutorado, Bauru, USP, 2003.
10. Hourdakakis C. J., Delakis J., Kamenopoulou V., Balougias H., Papageorgiou E., "A pilot study on the quality control of film processing in medical radiology laboratories in Greece", Eur J Rad, 33, 24-31, 2000.
11. Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), "ARCAL XLIX (Acuerdo Regional de Cooperacion para la Promocion de la Ciencia Y la Tecnologia Nucleares en America Latina Y el Carib)", IAEA, 2001.
12. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s01.html, acessado em 22/11/2006.

13. Disponível em <http://www.cbpf.br/FISCUL/efeitos.html>, acessado em 09/01/2007.
14. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, Regulamento Técnico: "Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico", publicado em 1 de junho de 1998 Portaria # 453.
15. Curry T. S., Dowdey J. E., Murry R. C. JR, "Christensen's Physics of Diagnostic Radiology", 4th Ed., Dallas, Lippincott Williams & Wilkins, 1990.
16. Neblette, C. B., "Photography, Its Material and Processes". 6th Ed., New York, Van Nostrand, 1962.
17. Magalhães L. A. G., "Controle de qualidade de processadoras automáticas", Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, UFRJ, 2001.
18. Wilson W. B., Haus A. G., Nierman C., Lillie R., Batz T., Moore R., "The evaluation of a clinical thermometer for measuring developer temperature in automatic film processing", Med. Phys. 20, 823-824, 1993.
19. Bushong S., "Radiologic Science for Technologists", 1th Ed., St. Louis, Mosby Year Book, 1993.
20. Sprawls P., "Physical Principles of Medical Imaging", Madison, Medical Physics, 1995.
21. X-Rite, "Operation Manual X-Rite[®] 334", Grandville.
22. Suleiman O. H., Reuter F. G., Antansen R. G., Conway B. J., Slayton R. J., "The sensitometric technique for the evaluation of processing (STEP)", Radiat. Prot. Dosim., 49, 105-106, 1993.
23. Suleiman O. H., Showalter C. K., Gross R. E., Bunge R. E., "Radiographic film fog in the darkroom", Radiology 151, 237-238, 1984.
24. Eastman Kodak Company., "Sensitometric properties of x-ray films", Rochester, New York, 1974.
25. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, "Programa de Avaliação de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico- RXD", 2000.
26. Poznanski A. K. and Smith L. A., "Practical problems in processing control", Radiology, 90, 135-138, 1968.
27. Gaynor L. L. and Irwin G., "Is the darkroom necessary?", Radiology, 112, 221-222, 1974.

28. Gray J. E., "Light fog on radiographic films: how to measure it properly", *Radiology*, 115, 225-227, 1975.
29. White, S. C., Heslop E. W., Hollender L. G., Mosier K. M., Ruprecht A., Shorout M. K., "Parameters of radiologic care: an official report of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology", *Oral Surg.*, 91, 498-511, 2001.
30. Yakoumakis, E. N., Tierris C. E., Estefanou E. P., Phanourakis I. G., Proukakis C. C., "Image quality assessment and radiation doses in intraoral radiography", *Oral Surg.*, 91, 362-368, 2001.
31. Noel A., "Quality Control of Film Processing, Second School in Radiophysics (Diagnostic Radiologic)", International Center for theoretical Physics Trieste, Italy, 1995.
32. Blendi C. and Buhr E., "Comparison of light and x-ray sensitométrica responses of double-emulsion films for different processing conditions", *Med. Phys.* 28, 2420-2426, 2001.
33. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, "RDC 50/02: Regulamento Técnico destinado ao planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde, em anexo a esta Resolução a ser observado em todo território nacional.", publicada em 20 de março de 2002.

