



P

ROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES  
NA COMUNIDADE DOS PAÍSES  
DE LÍNGUA PORTUGUESA

Luis Neves (coord.)

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
2018

**A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO POTENCIAL  
HIDROGENIÔNICO DAS SOLUÇÕES QUÍMICAS  
RADIOGRÁFICAS NA DOSE DE ENTRADA NA PELE**

**INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HYDROGENIONIC  
POTENTIAL OF RADIOGRAPHIC CHEMICAL  
AT THE ENTRANCE SKIN DOSE**

**R. VASCONCELOS** – beca.vasconcelos@yahoo.com.br (Graduada em Tecnologia em Radiologia pelo Insituto Federal da Bahia - IFBA, Campus Salvador)

**M. OLIVEIRA** – marcusradiology@gmail.com (Insituto Federal da Bahia - IFBA, Departamento de Tecnologia Aplicada a Saúde e Biologia)

**F. RAMOS** – fernando\_siramos@hotmail.com (Graduado em Tecnologia em Radiologia pelo Insituto Federal da Bahia - IFBA, Campus Salvador)

**G. LOPÉZ** – guillermolopez@ifba.edu.br (Insituto Federal da Bahia - IFBA, Departamento de Tecnologia Aplicada a Saúde e Biologia)

**P. GEAMBASTIANI** – paulogeambastiani@hotmail.com (Insituto Federal da Bahia - IFBA, Departamento de Tecnologia Aplicada a Saúde e Biologia; Tecnólogo Líder do Hospital Português da Bahia – Grupo Delfin)

**PALAVRAS-CHAVE:** imagem radiográfica, processamento químico, dose de entrada na pele.

**RESUMO:** O objetivo do presente estudo foi identificar a influência da alteração do potencial hidrogeniônico (pH) e da temperatura das soluções químicas, em exames que utilizam os sistema tela-filme, na dose de entrada na pele (DEP). O estudo foi realizado com as soluções químicas já utilizados em 02 instituições públicas

que dispunham de revelação automatizada (processadora). Foi utilizado um pHmêtro com termômetro da marca HANNA, modelo 21 pH/mV meter, calibrado em solução própria para medições alcalinas (pH 10) e ácidas (pH 4), um phantom antropomórfico, modelo PIXY RS-111, Radiology support devices, utilizado para simular técnicas radiológicas para estudo do tórax, software Caldose\_X versão 5.0 para quantificar a dose de entrada na pele (DEP) e software Image J, versão 1.49e para avaliação da qualidade da imagem. Os critérios observados foram: mensuração da temperatura e pH das soluções químicas saturadas, devido à utilização e imediatamente após sua troca; parâmetros técnicos utilizados nas exposições; valores de DEP e razão sinal-ruído das imagens resultantes de cada uma das aquisições. A utilização das soluções químicas com o pH e os valores de temperatura diferentes resultaram no prejuízo da qualidade da imagem demandando incremento nos fatores de exposição para garantir-lhes maior nitidez e contraste na imagem. As doses na entrada da pele variaram entre as instituições e também se mostraram dependentes do pH e da temperatura. A alteração da temperatura e do pH, indicam a saturação das soluções químicas, exigindo como fator compensatório, a elevação dos fatores de exposição, resultando em maior DEP. É necessário a realização periódica do controle da temperatura e do pH das soluções químicas radiográficas.

**KEYWORDS:** radiographic image, chemical processing, entrance skin dose.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to identify the influence of the change in hydrogenionic potential (pH) and temperature of radiographic chemical, in exams using the screen-film system, at the entrance skin dose (ESD). The study was conducted

with the chemicals used in 02 public institutions that had automated revelation (processing). A pH meter was used with HANNA thermometer 21pH/mV meter model, calibrated in own solution for alkaline measurements (pH 10) and acidic (pH 4), an Antropomorphic phantom, PIXY RS-111 model, Radiology support devices used to simulate radiological techniques to study the chest, Caldose\_X version 5.0 software to quantitate the entrance dose in the skin (ESD) and image J software version 1.49e to evaluate image quality. The criteria used were: measurement of temperature and pH of the saturated due to chemical use and immediately after his change, technical parameters used in radiographs, ESD values and signal to noise ratio of the resulting images of each acquisition. The use of chemicals with different pH and temperature resulted in the loss of image quality demanding increase in exposure factors to make them more sharpness and contrast in the image. Doses in the skin entry varied between institutions and also showed pH dependent and temperature. The change of temperature and pH indicate saturation of chemicals, requiring a compensatory factor, the increase in exposure factors, resulting in higher ESD. The periodic holding of the temperature control and pH of radiographic chemical is required.

## **1. INTRODUÇÃO**

A imagem radiográfica é uma importante ferramenta complementar utilizada em diagnósticos na área da saúde, devido à baixa complexidade é indicada para diferentes suspeitas patológicas. Porém, apesar do advento dos sistemas radiográficos digitais, muitos serviços públicos de saúde no Brasil ainda fazem uso do sistema tela filme (Grigoletto et al., 2011), por conta de seu baixo custo e ampla disponibilidade comercial do equipamento (Mota et al., 2012).

O processamento das imagens geradas em sistemas radiológicos que utilizam a combinação tela/filme, ocorre mediante a utilização de duas substâncias químicas, que proporcionam como resultado, a transformação dos cristais de íons de prata expostos do filme em prata metálica (Ues et al., 2008). Logo, a qualidade destas soluções químicas implicará diretamente na qualidade da imagem visível (Pistóia et al., 2004), tendo em vista que a escolha adequada dos fatores de exposição não será o único atenuante na formação da imagem convencional (Junior, 2010).

Entretanto, para que o processamento químico da imagem convencional ocorra de forma adequada, faz-se necessário levar em consideração critérios estabelecidos pelos fabricantes para estas substâncias, dentre estes o potencial hidrogeniônico (pH) e a temperatura, pois a qualidade da imagem, a reprodutibilidade de resultados e as doses fornecidas aos pacientes dependem do tempo de processamento, da preparação e temperatura corretas dos produtos químicos (Osibote et al., 2007).

O pH é definido como concentração de íons de hidrogênio presentes em uma solução, quando igual ao logaritmo negativo ( $10^{-7}$ ) é classificado como neutro, pois permite que os íons hidrogênio sejam neutralizados pelos íons hidroxila. O termo “pH” expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio. É definido como o cologarítmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio (Monteiro et al., 2012). Sendo assim, o pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica e indica a acidez ou a alcalinidade das soluções químicas (Matheus et al., 1995).

Por outro lado, a temperatura altera o equilíbrio de dissociação da água, facilitando a quebra da ligação entre oxigênio e hidrogênio. O aumento da temperatura aumenta a atividade dos íons hidrogênio e desloca o equilíbrio químico da água, tornando-a mais ácida. Logo, a redução da temperatura, resulta em aumento do pH,

pois a velocidade de declínio do pH está diretamente relacionada com a variação da temperatura (Cunha et al., 2010).

A dose de entrada na pele (DEP), por sua vez, é uma grandeza de avaliação de dose que é definido como a dose absorvida na superfície de um paciente, medida no centro do feixe incidente e levando em consideração o retroespalhamento. Trata-se de uma ferramenta relativamente fácil de estimativa acerca da dose que o paciente ou phantom (simulador) recebe durante uma exposição, servindo para avaliar o quanto a modificação de protocolos pode diminuir ou crescer numericamente esta dose, ou seja, é uma grandeza intimamente relacionada com os fatores de exposição (Bushong, 2007).

É importante a preocupação com a correta técnica durante a incidência radiográfica, assim como o processamento das películas. Entretanto, algumas instituições não se mostram atentas ao controle de qualidade necessário ao processamento químico da imagem convencional, encontrando-se este inexistente em alguns serviços (Pacheco et al., 2007).

Assim, o objetivo do presente estudo foi identificar a influência da alteração do potencial hidrogeniônico (pH) e da temperatura das soluções químicas radiográficas, em exames que utilizam os sistema tela-filme, na dose de entrada na pele (DEP).

## **2. MÉTODOS**

O estudo foi realizado com soluções químicas utilizadas em 02 instituições públicas que dispunham de revelação automatizada (processadora). Os modelos dos equipamentos de raios X neste estudo foram: RC 300D, fabricado pela marca RAEX e SHIMADZU RADspeed MF. Ambos estavam em condições de uso, devidamente calibrados. Foram feitas imagens na incidência póstero-anterior (PA) de um simulador antropomórfico

de tórax modelo PIXY RS-111, Radiology Support Devices utilizando os protocolos com controle automático de exposição (CAE), caso o equipamento possuísse esta configuração, e sem o CAE.

As aquisições das imagens foram realizadas de acordo com as seguintes ações: inicialmente os parâmetros que estavam sendo utilizados pelo serviço foram adotados e a imagem foi processada com as soluções químicas que já estavam em uso durante período mínimo de uma semana; no segundo momento, as soluções químicas foram trocadas em seguida adquirida uma nova imagem utilizando os mesmos parâmetros da primeira. Após análise subjetiva da qualidade da imagem - em ambos momentos-, foram realizados incrementos ou modificações nos fatores técnicos, com devidos ajustes na tensão e no produto corrente-tempo, objetivando o alcance das condições de imagens com contraste e resolução espacial razoáveis para o diagnóstico.

Para a avaliação das soluções químicas foi retirada uma amostra do revelador e do fixador pré e pós troca no intuito de medir o potencial hidrogeniônico (pH) e a temperatura nas duas condições. O instrumento utilizado para este fim foi o pHmêtro com termômetro da marca HANNA, modelo 21 pH/mV meter, calibrado em solução própria para medições alcalinas (pH 10) e ácidas (pH 4).

Os parâmetros técnicos de tensão e corrente aplicada foram utilizados antes e depois da troca das soluções químicas dos componentes revelador e fixador, os quais geraram imagens satisfatórias, sendo repetidos com o objetivo de medir a dose absorvida na entrada da pele. Utilizamos um multimedidor da marca RADCAL, modelo Accu-Gold Radiation Meter, o qual mede apenas dose absorvida e não leva em consideração o fator de retroespalhamento. Tendo em vista a definição de que a dose de entrada na pele é a dose absorvida no ponto central de incidência de raios X, levando em consideração o fator de retroespalhamento, foi necessário inserir os valores medidos pelo multimedidor no software Caldose X versão 5.0 para obter e assim levar em consideração este fator.

Por fim, a qualidade da imagem foi avaliada a partir de dois instrumentos quantitativos: o cálculo da razão sinal-ruído, sendo realizado o delineamento de uma região de interesse (ROI) e calculada a razão entre o desvio padrão e o valor médio do pixel e a elaboração de um histograma que é uma curva que descreve o valor médio dos tons de cinza presentes na imagem. Todas essas análises foram realizadas através do software ImageJ versão 1.49e.

### 3. RESULTADOS

Os dados abaixo apresentam as informações coletadas nas instituições estudadas, classificadas aleatoriamente como A e B, sendo as medições e as imagens adquiridas antes e após a troca dos químicos radiológicos.

Tabela 1. pH e temperatura das soluções químicas radiográficas da Instituição A, antes (amostra 1) e após a troca (amostra 2) das soluções reveladoras e fixadoras e as recomendações do fabricante.

INSTITUIÇÃO A							
	Químicos	pH	Recomendado	Temperatura Recomendado (°C)	Fatores técnicos	DEP (μGy)	
Velhos	Revelador	10,05	10.22 a 10.38	33,5	27	84 kVp e 12 mAs	650,12
	Fixador	4,57	4.25 a 4.45	32,0			
Novos	Revelador	10,32	10.22 a 10.38	27,3	27	70 kVp e 12 mAs	450,38
	Fixador	4,14	4.25 a 4.45	31,1			

Fonte Dados da pesquisa, 2015

Tabela 2. pH e temperatura das soluções químicas radiográficas da Instituição B, antes (amostra 1) e após a troca (amostra 2) das soluções reveladoras e fixadoras e as recomendações do fabricante.

INSTITUIÇÃO B							
	Químicos	pH	Recomendado	Temperatura Recomendado (°C)	Fatores técnicos	DEP (μGy)	
Velhos	Revelador	10,26	10.22 a 10.38	33,9	27	84 kVp e 12,5 mAs	349,16
	Fixador	5,81	4.25 a 4.45	31,5			
Novos	Revelador	10,42	10.22 a 10.38	32,0	27	72 kVp e 12,5 mAs	247,38
	Fixador	4,10	4.25 a 4.45	31,6			

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Percebeu-se que o pH e a temperatura das soluções químicas que haviam maior tempo de utilização (soluções velhas) da Instituição A estavam fora dos limites estabelecidos pelo fabricante. Por outro lado, durante as medições realizadas com as soluções químicas mais novas da mesma instituição, percebeu-se que apenas o pH e a temperatura do revelador encontravam-se dentro dos limites recomendados, contudo a amostra do fixador (novo) demonstrou ainda estar distante do esperado.

Os dados coletados pela na Instituição B revelam que a temperatura recomendada não foi atingida em nenhuma das amostras coletadas. Consequentemente, todas as medidas mostraram-se estar fora dos limites trazidos pelo fabricante do material, com exceção do pH do revelador velho (10,26). Notou-se também que, embora a amostra coletada fosse de um fixador novo, as propriedades demonstradas apresentavam sugestiva alteração.

Observando ainda as Tabelas 1 e 2 evidenciamos a variação sofrida na DEP quando os químicos são trocados. Em situações que são necessárias modificações – aumento – dos fatores técnicos, é possível que sejam atribuídas causas diversas para tal. Entretanto, os resultados obtidos a partir deste estudo demonstram que existe uma influência significativa da qualidade dos químicos sobre qualidade da imagem, e consequentemente na dose recebida pelo paciente.

As soluções químicas radiográficas do revelador e do fixador representam a base formadora do processamento da imagem radiográfica convencional. Desta forma, estar atento as condições de armazenamento, preparo e utilização desses insumos são fatores indispensáveis para a garantia de um rigoroso programa de controle de qualidade. Uma imagem mal processada contribui para um diagnóstico impreciso e posterior tomada de decisões duvidosas (Furquim e Costa, 2009).

De acordo com Stears, Gray e Winbler (1979) apud Magalhães, Azevedo e Carvalho (2002), a medida do pH é utilizada para ava-

liar a atividade química do revelador e fixador, sendo os valores recomendados respectivamente, entre 10 e 11 para o revelador e entre 4 e 5 para o fixador. Entretanto, no estudo em questão, percebeu-se que o fabricante recomendava que os pH's estivessem de 10.22 a 10.38 e 4.25 a 4.45, para estas mesmas soluções citadas (revelador e fixador).

A temperatura ideal para o revelador e fixador está associada a diversos fatores, dentre esses, o tipo de filme, do ciclo de processamento e das recomendações do fabricante. No entanto, é de extrema importância seguir atentamente as instruções dos fabricantes, mantendo a temperatura do revelador dentro dos limites de tolerância de  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  (Magalhães, Azevedo e Carvalho, 2002). Não foi constatada uma tolerância de desvio da temperatura fornecida pelo fabricante, compreende-se que cada fabricante possui suas próprias indicações e limites de pH e temperatura.

Entretanto, a fuga dos limites estabelecidos pelo fabricante e a presença de alteração das propriedades físico-químicas, foram melhor percebidas após a aquisição das imagens radiográficas, com a aplicação dos parâmetros descritos acima. Os resultados das imagens radiográficas adquiridas associados a variação de saturação dos químicos e os critérios de qualidade observados em tais imagens, podem ser percebidos abaixo (Figura 1 e 2):



Figura 1. Imagens adquiridas durante a coleta de dados. Da esquerda para a direita: 84 kVp e 12 mAs revelada com soluções químicas antes da troca; 84 kVp e 12 mAs revelada com soluções químicas recém trocados; 70 kVp e 12 mAs, protocolo otimizado.

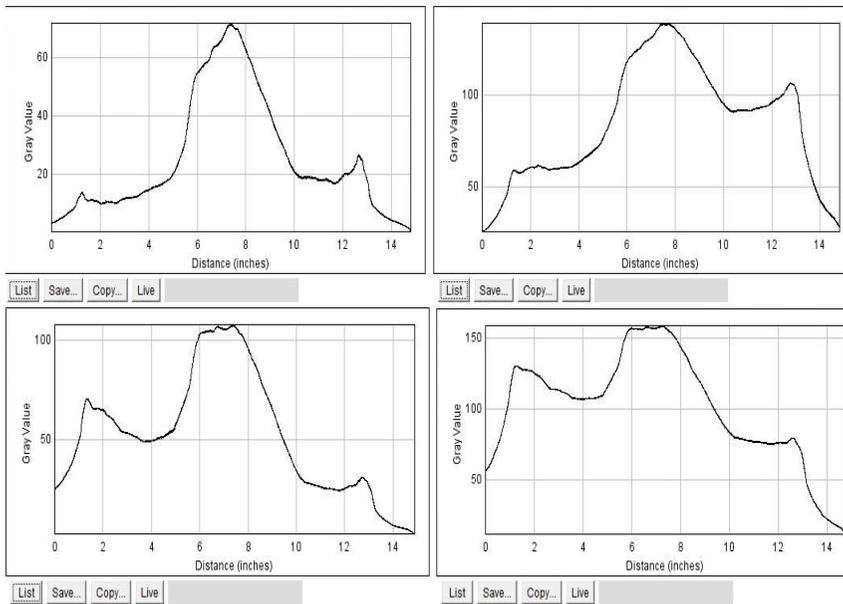


Figura 2. Histogramas adquiridos por meio do software imageJ versão 1.49e. Na porção superior observamos a análise das imagens adquiridas na primeira instituição, antes (A1 com  $RSR_{A1} = 0,55$ ) e depois (A2 com  $RSR_{A2}=1,21$ ) da troca dos químicos, respectivamente. Na porção inferior observamos a análise das imagens adquiridas na segunda instituição, antes (B1 com  $RSR_{B1} = 0,66$ ) e depois (B2 com  $RSR_{B2} = 1,10$ ) das trocas dos químicos, respectivamente.

Tabela 3. Valores de razão sinal-ruído (RSR) obtidos através de análises dos histogramas A (A1 e A2) e B (B1 e B2), classificados como antes e depois.

Histograma	RAZÃO SINAL RÚIDO	
	$RSR_1$ (antes)	$RSR_2$ (depois)
A	0,55	1,21
B	0,66	1.10

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os dados observados na Figura 2 e na tabela 3 permitem destacar um aumento na razão sinal-ruído (RSR) das imagens em ambas as instituições após a troca dos componentes químicos. A relação

sinal-ruído representa a informação requerida pelo sistema radiográfico e a incerteza aleatória do sinal, o ruído em excesso prejudica a informação contida em uma imagem (Botelho, 2015). Quanto maior o for o ruído, maior será a perda da qualidade da imagem. Porém, quanto maior for a exposição, maior será o sinal gerado para atribuímos uma variabilidade da representação radiográfica. Notamos que mesmo após diminuição dos parâmetros técnicos de exposição, as imagens apresentaram menor ruído – melhor qualidade-, principalmente por conta da troca das soluções químicas.

Desta forma, é factível perceber a influência proporcional que o pH e a temperatura possuem sobre o processamento radiográfico convencional. Suleiman et al (1992) apud Magalhães, Azevedo e Carvalho (2002), afirmam que de acordo com dados da literatura, erros devidos ao processamento incorreto podem representar 13% dos filmes rejeitados em um serviço.

No Brasil, a Portaria nº 453/98 SVS/MS, determina a obrigatoriedade da implantação de um programa de garantia de qualidade (PGQ) em toda instituição que faça uso de radiações ionizantes (BRASIL, 1998). Um PGQ possui 03 objetivos principais: melhorar a qualidade da imagem radiográfica, reduzir os custos e as doses fornecidas aos pacientes (PAPP, 1998).

Diante disso, é possível afirmar que as imagens radiológicas proporcionam informações importantes para a decisão dos futuros passos de um diagnóstico, um tratamento ou acompanhamento de um procedimento. Entretanto, o nível necessário de qualidade de imagem para o correto diagnóstico tem que ser obtido na mais baixa dose de radiação possível ao paciente (Furquim e Costa, 2009).

Salienta-se que diversas variáveis podem estar associadas ao nível de degradação dos químicos radiológicos, dentre essas, citam-se: a temperatura da sala, umidade relativa do ar do ambiente, sistema de exaustão do ambiente, termoestato da processadora, armazenamento,

preparo, uso e tempo de troca das soluções químicas, etc. Como estas variáveis não faziam parte dos objetivos deste trabalho - por se tratar de um estudo piloto -, já há uma proposta para que outro estudo seja realizado com a adição destes demais parâmetros.

Contudo, os resultados deste estudo nos permitiram perceber que a utilização das soluções químicas com o pH e a temperatura diferentes resultaram no prejuízo da qualidade da imagem demandando incremento nos fatores de exposição para garantir-lhes maior nitidez e contraste na imagem. As doses na entrada da pele variaram entre as instituições e também se mostraram dependentes do pH e da temperatura.

#### **4. CONCLUSÃO**

Concluimos que alteração da temperatura e do pH indicam a saturação das soluções químicas dos componentes revelador e fixador, exigindo como ação compensatória a elevação dos fatores de exposição, para garantir obtenções de imagens radiográficas em níveis satisfatórios de diagnóstico. Ademais, o aumento da kVp e mAs permitirá correção da insuficiência do perfil de sensibilidade provocada pela degradação dos agentes reveladores, durante o processo de revelação. Em contrapartida, a elevação desses fatores resulta em uma maior DEP. Logo, é necessário haver um controle periódico da temperatura e do pH desses componentes, para que não seja necessário o incremento nas constantes físicas e conseqüentemente promover o aumento da exposição radiológica no paciente.

#### **Agradecimentos**

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Salvador, pelo apoio e incentivo a pesquisa, assim como as Instituições participantes do estudo.

## Referências

- Azevedo, ACP. Mohamadain, KEM. Osibote, AO et al. (2005) – Estudo Comparativo das técnicas radiográficas e doses entre o Brasil e a Austrália. *Revista Radiol Bras.*, Vol. 38(5) pp. 343-346.
- Botelho, MZ. (2015) – Controle de qualidade em sistemas digitais. Anais/apresentação do XX Congresso Brasileiro de Física Médica e Simpósio Internacional de Proteção Radiológica em Medicina; 12 a 15 de agosto de 2015; Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Bushong, SC. (2007) – Ciência Radiológica para Tecnólogos: física, biologia e proteção. Editora Elsevier. RJ
- Carlson, AM. (2007) – Gerenciamento de resíduos químicos em ambientes hospitalares: necessidades e dificuldades: estudo de caso: Hospital Universitário localizado no Estado do Rio de Janeiro [Dissertação]. Rio de Janeiro, RJ: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Fernandes, GS. Carvalho, ACP. Azevedo, ACP. (2005) – Avaliação dos riscos ocupacionais de trabalhadores de serviços de radiologia. *Revista Radiol Bras.*, Vol. 38(4) pp. 279-281.
- Furquim, TAC. Costa, PR. (2009) – Garantia de qualidade em radiologia diagnostic. *Revista Brasileira de Física Médica.* Vol. 3(1), pp. 91-9.
- Grigoletto, JC. Santos, CB. Albertini, LB. Takayanagui, AMM. (2011) – Situação do gerenciamento de efluentes de processamento radiográfico em serviços de saúde. *Revista Radiol Bras.* Vol. 44(5), pp. 301-307.
- Magalhães, LAG. Azevedo, ACP. Carvalho, ACP. (2002) – A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas. *Revista Radiol Bras.* Vol. 35(6), pp. 357-363.
- Pacheco, JG. Santos, MB. Neto, JT. (2007) – Avaliação dos serviços de radiodiagnóstico convencional de dois hospitais da rede pública estadual de rio branco, acre. *Revista Radiol Bras.* Vol. 40(1) pp. 39-44.
- Papp, J. (1998) – Quality management in the imaging sciences. St. Louis: Mosby.
- Osibote, AO. Azevedo, ACP. Carvalho, ACP et al. (2007) – Exposição de pacientes e qualidade da imagem em radiografias de tórax: uma avaliação crítica. *Revista Radiol Bras.* Vol. 40(2), pp.119-122.
- Sales, CCL. Spolti, GP. Lopes, MSB et al. (2009) – Gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde: aspectos do manejo interno no município de Marituba, Pará, Brasil. *Revista Ciência Saúde Coletiva.* Vol. 14, pp. 2231 –2238.
- Stears, JG. Gray, JE. Winkler, NT. (1979) – Evaluation of pH monitoring as a method of processor control. *Radiol Technol.* Vol. 50, pp. 657-663.
- Suleiman, OH. Conway, BJ. Reuter, FG. Slayton, RJ. (1992) – Automatic film processing: analysis of 9 years of observations. *Radiology.* Vol. 185, pp. 25-28.
- Ues, K. Piaia, L. Schweickardt, M et al. (2008) – Uso de processos avançados de oxidação na degradação dos resíduos de revelador e fixador de raio-x. Anais do XVI Encontro de Química da Região Sul; 13 a 15 de novembro de 2008; Blumenau, SC, Brasil.