

Análise do parâmetro de tempo de exposição de equipamentos de raios x utilizando sistema de instrumentação nuclear.

Felipe Pereira da Silva^{1*}

Cláudia Patrícia Varela Valença^{2*}

Germana Louanne Neves Carvalho Leitão^{3*}

RESUMO

Para garantir que a dose de radiação que um paciente venha a receber durante um exame radiográfico esteja dentro dos valores sugeridos pelas normas de proteção radiológica, é indispensável o controle de qualidade dos equipamentos de radiodiagnóstico, seja ele médico, ou odontológico. Pois uma vez descalibrados, alguns parâmetros nominais quando selecionados pelo operador no painel de controle, podem não corresponder com o verdadeiro valor, devido principalmente à erros de procedimentos ou desempenho inadequados do equipamento acarretando, em doses sub ou superestimadas, as quais podem comprometer o sucesso do diagnóstico e a saúde do paciente. Todo equipamento de raios X diagnóstico deve ser mantido em condições adequadas de funcionamento e submetido regularmente à verificações de desempenho dos principais parâmetros envolvidos em testes periódicos. Dessa forma todos esses controles de qualidade dos equipamentos dependem da instrumentação nuclear ou sistemas metrológicos para radiação ionizante, os quais utilizam detectores acoplados à circuitos eletrônicos, que possibilitam verificar os principais parâmetros de controle de radiodiagnóstico como: tensão de operação, temperatura e o tempo de exposição. Portanto, o objetivo desse trabalho foi analisar o uso de sistemas de instrumentação nuclear para verificação do parâmetro de tempo de exposição dos equipamentos de raios X, que deve sempre está em conformidade com as diretrizes da portaria 453 do Ministério de Saúde.

Palavras-chave: Instrumentação Nuclear. Proteção Radiológica. Radiologia

ABSTRACT

To ensure that the dose of radiation that a patient receives during an X-ray examination is within the values suggested by the radiological protection standards, quality control of radiological diagnostic equipment, whether medical or dental, is indispensable. Once de-calibrated, some nominal parameters when selected by the operator in the control panel may not correspond to the true value, mainly due to improper procedures or performance errors of

^{1*} Graduando do Curso de Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: nypereira22@hotmail.com

^{2*} Professora Mestre do Curso de Bacharelado em Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: claudia.cpvv@gmail.com

^{3*} Professora Doutora do Curso de Bacharelado em Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos, Paraíba, Brasil. E-mail: germanalouanne@gmail.com

the equipment resulting, in sub or overestimated doses, which can compromise success Diagnosis and patient health. All diagnostic X-ray equipment must be maintained under proper operating conditions and regularly subjected to performance checks of the main parameters involved in periodic testing. Therefore, all these equipment quality controls depend on nuclear instrumentation or metrological systems for ionizing radiation, which use detectors coupled to the electronic circuits, which make it possible to verify the main radiodiagnostic control parameters such as operating voltage, temperature and time Exposure. Therefore, the objective of this study was to analyze the use of nuclear instrumentation systems to verify the exposure time parameter of X-ray equipment, which should always be in accordance with the guidelines of Ministry of Health Administrative Rule 453.

Keywords: Nuclear Instrumentation. Radiological Protection. Radiology

INTRODUÇÃO

Os raios X foram descobertos em 08 de novembro de 1895, durante experimentos do físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923). Esses raios possuem grande poder de penetrar determinada matéria, produzindo uma imagem radiográfica.

Esses tubos denominados de tubos de Crookes, apresentavam uma geração de luminosidade devido à aceleração de elétrons, que eram produzidos pelo aquecimento elétrico do cátodo. Röntgen, enquanto estava trabalhando com raios catódicos utilizando um tubo de Crookes-Hittorf, descobriu esse novo raio, que desconhecendo a sua origem, acabou denominando-o de raios X (LIMA; et al., 2009; LANGLAND; LANGLAIS,1997).

Logo, seus estudos o levaram ao desenvolvimento de experimentos que permitiam visualizar e registrar estruturas internas de materiais sólidos e opacos em um filme fotográfico. O primeiro teste realizado por ele foi o exame de raios X na mão de sua esposa, onde foi possível visualizar os ossos de sua mão, sendo até hoje considerada como a primeira radiografia da história da humanidade. Nessa radiografia, Röntgen utilizou um tempo de exposição de aproximadamente 15 minutos (REZENDE, 2010; ALVARES; TAVANO, 1998).

Para fins de proteção radiológica, a fim de reduzir os danos à saúde associados ao uso de Raios X, foram criadas em junho de 1998, pelo ministério da saúde (MS) em conjunto com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, descritas na Portaria 453/1998. Essa portaria dispõe sobre o uso de raios X com finalidade no diagnóstico em todo o território nacional. Competindo à Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA fornecer o licenciamento, fiscalização e punição dos serviços que não estejam cumprindo as regras

dispostas nas diretrizes (BRASIL, 1998; BIRAL, 2002; MELO; MELO 2008).

Um dos métodos usados para verificar o correto funcionamento dos equipamentos de raios X e seus parâmetros, conforme recomendações da Portaria 453 são através de sistemas de instrumentação nuclear. Esses sistemas são compostos por detectores de alta precisão acoplados à circuitos eletrônicos, que possibilitam mensurar diferentes parâmetros utilizados em radiodiagnóstico, desde a tensão de operação, temperatura, como o tempo de exposição.

De forma geral, um detector de radiação consiste essencialmente na criação de um sinal elétrico resultante da interação da radiação que se pretende detectar com a matéria, neste caso presente no detector. No entanto, existem diferentes tipos de detectores com diferentes propriedades. A detecção pode ser efetuada através da excitação de elétrons presentes num semicondutor. A emissão de fótons fluorescentes, provenientes da colisão de radiação em material de cintilação, pode ser observada também como, forma de detecção, existe também outras formas de distinção dos detectores que é realizada através dos diferentes tipos de radiação que o aparelho detecta. Esses detectores em conjunto com uma fina instrumentação nuclear, apresentam uma alta resolução sendo possíveis verificar as principais propriedades e performances dos equipamentos utilizados em radiodiagnóstico.

Quando os equipamentos encontram-se fora de conformidade com as diretrizes da portaria 453, o paciente pode vir à ser exposto por um tempo inferior ao necessário, prejudicando o diagnóstico, ou ainda pode ser exposto por um tempo superior, acarretando em uma dose desnecessária. Dessa forma, é necessário que tanto os equipamentos de raios X convencionais, como os equipamentos de raios X odontológicos, sejam periodicamente calibrados para que a saúde dos pacientes não seja comprometida (SANTOS, et al., 2015).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise bibliográfica sobre o uso de sistemas de instrumentação nuclear para verificar seu desempenho quando utilizados para mensurar o parâmetro de tempo de exposição dos equipamentos de raios X, a fim de verificar se os mesmos apresentavam-se em conformidade com as diretrizes da portaria 453 do Ministério de Saúde.

METODOLOGIA

Trata-se, de um artigo de revisão, o qual resume discutir e examinar informações já publicadas. Realizado através de um levantamento bibliográfico ao tema proposto. A revisão bibliográfica é desenvolvida a partir de material já escrito e elaborado, constituído, principalmente, de artigos científicos e livros (GIL, 1999). Onde de acordo com Marconi

(2004), a pesquisa bibliográfica tem por finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizam sobre determinado assunto ou fenômeno. Apontando o levantamento de todo o referencial já publicado em livros, revistas, publicações avulsas e impressos escritos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos trabalhos avaliados foi realizado por Rocha em 2009, o qual desenvolveu um protótipo microprocessador composto por sensores semicondutores, capazes de medir o tempo de exposição em equipamentos de radiodiagnóstico (Figura 1).

Figura 1- Imagem do LCD do protótipo com a visualização dos valores de Dose, tempo de exposição e corrente de tubo selecionado.



Fonte: ROCHA, 2009.

Os resultados obtidos com um equipamento de controle e os resultados obtidos com o protótipo desenvolvido por Rocha (2009) apresentaram uma diferença em torno de 10%, conforme tabelas 1 e 2, respectivamente. Porém esse valor é aceitável pela norma quando se trata das aplicações práticas de equipamentos medidores de tempo de exposição. Entretanto, as medidas realizadas com o protótipo não apresentaram uma reprodutibilidade, indicando a necessidade de um aperfeiçoamento na composição do seu hardware e do seu sistema de processamento do sinal.

Tabela 1. Valores de Tempo medido com o equipamento de controle.

Tempo Selecionado (ms)	Valores medidos de tempo de exposição (ms)					Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão Relativo (%)
	1	2	3	4	5			
100	102	102	102	103	103	102	0,45	0,44
150	151	150	151	152	152	151	0,77	0,51
200	204	211	204	204	204	205	3,3	1,6
300	294	294	293	295	293	294	0,58	0,20
400	403	402	403	402	403	403	0,47	0,12
600	600	593	587	593	594	593	4,5	0,75
800	778	778	778	778	779	778	0,23	0,03
1000	976	969	967	976	969	971	4,2	0,43

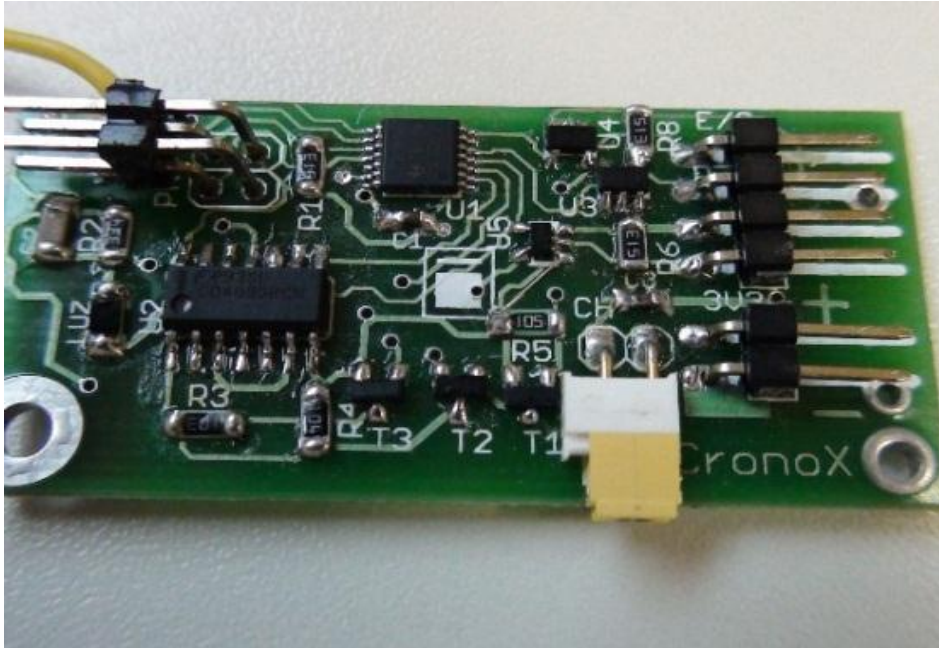
Tabela 2. Valores de Tempo medido com o protótipo desenvolvido.

Tempo Seleccionado (ms)	Valores medidos de tempo de exposição (ms)					Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão Relativo (%)	Erro relativo percentual (%)
	1	2	3	4	5				
100	99	97	99	97	100	98	1,3	1,4	3,72
150	145	144	202	222	219	186	39	21	23,23
200	199	272	269	275	274	258	33	11	25,58
300	287	359	285	288	285	301	33	14	2,38
400	396	385	396	465	469	422	41	9,7	4,84
600	664	652	651	659	657	657	5,3	0,81	10,66
800	841	773	842	844	774	815	38	4,6	4,70
1000	1040	1020	948	1030	1020	1010	36	3,6	4,15

Ainda em relação à aplicação da instrumentação nuclear para análise do tempo de exposição, Batista (2013) desenvolveu uma análise comparativa de cronometria de raios X aplicado ao radiodiagnóstico, utilizando diferentes instrumentos de medição. O principal foco do seu trabalho foi comparar a resposta do novo sensor, o CronoX (Figura 2), desenvolvido pelo grupo de Instrumentação Nuclear do Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN/NE), em relação à resposta dos dispositivos como Osciloscópio, CronoX, Thinx e Dynalyzer já existentes no mercado.

Todos esses instrumentos possuem como função, a medição do parâmetro tempo de exposição, tanto dos equipamentos de raios X convencional, como dos equipamentos de raios X odontológicos. O princípio de funcionamento do CronoX se baseia na sensibilização de um microprocessador contido no circuito do CronoX, o qual identifica a presença de raios X, cronometrando assim a exposição via modulação digital pelo sinal gerado no sensor (CNEN, 2012), cujas informações são enviadas para um programa de interface computacional, que fornece a leitura dos tempos de exposição aos fótons de raios X em tempo real (Figura 3).

Figura 2- CronoX



Fonte: BATISTA, 2013.

Figura 3- Tela do Programa CronoX



Fonte: BATISTA, 2013.

O principal resultado obtido pelo CronoX, está apresentado nas tabelas 2 e 3. Neste conjunto de dados, para comparar as incertezas de ambos os instrumentos, onde se utilizou o osciloscópio, que é o instrumento de referência desse trabalho, verificou-se que há uma concordância nos décimos de milissegundos dos tempos de exposição cronometrados. Além disso, esses resultados demonstram que a precisão do CronoX é ligeiramente superior a do ThinX no processo de medição em feixes de raios X diagnósticos do tipo convencional,

conferindo assim uma alta resolução e por isso os dados podem ser utilizados para estimar à dose real na qual um paciente receberá quando exposto a um exame de raios X odontológico.

Tabela 3. Resultados do CronoX para o tempo de exposição no raios X pulsado efetuados com o equipamento Spectro II.

T(ms) Nominal	T(ms) CronoX 2	Incerteza Padrão (ms)	T(ms) Osciloscópio	Incerteza Padrão (ms)
50	51,3	±0,2	51,3	±0,2
100	105,4	±0,2	105,4	±0,5
160	173,0	±0,6	172,4	±0,9
200	215,0	±0,3	215,2	±1,1

Fonte: BATISTA, 2013.

Tabela 4. Resultados do CronoX para o tempo de exposição no raios X pulsado efetuados com o equipamento Spectro II.

T (ms) nominal	T (ms) CronoX 1	Incerteza Padrão (ms)	T (ms) Osciloscópio	Incerteza Padrão (ms)	T (ms) ThinX	Incerteza Padrão (ms)	T (ms) Dynalyzer	Incerteza Padrão (ms)
50	51,9	±0,2	51,7	±0,2	51,0	±0,0	307,9	±72,7
100	104,1	±0,5	105,6	±0,5	104,2	±0,4	436,4	±120,5
160	172,6	±0,5	173,0	±0,0	172,8	±0,4	424,8	±58,1
200	214,2	±0,5	215,6	±0,9	216,0	±1,4	599,1	±89,4

Fonte: BATISTA, 2013.

Outro trabalho analisado, também foi realizado pelo grupo de Instrumentação Nuclear do CRCN, por Santos et al., mais recentemente no ano de 2015, cujo objetivo foi comparar os resultados de um novo sistema desenvolvido para medição dos feixes de raios, denominado de RXM1407, com os resultados obtidos pelo sistema já existente, o ThinX.

Quando os sensores foram expostos aos feixes de raios X de um equipamento odontológico, foi possível verificar que, para a faixa entre 50kV e 117kV, o sistema RXM1407 apresentou incertezas relativas menores que 1%, enquanto o instrumento ThinX forneceu uma média de 2,3%. Além disso, pode-se verificar que o tempo de exposição

nominal indicado no painel de controle, não estava de acordo com o tempo real, como pôde ser verificado com o sistema RXM1407 e um osciloscópio de alta precisão, o qual é comumente utilizado como sistema padrão para medição do tempo de exposição. Concluindo-se que o equipamento de raios X utilizado não estava calibrado.

Além disso, ficou comprovado que o uso do instrumento ThinX não possibilita visualizar os pulsos de amplitude pequena, uma vez que esses pulsos, os quais são gerados logo no início da medição, ainda não têm uma amplitude suficiente para sensibilizar os detectores do ThinX, no entanto eles conseguem sensibilizar os transistores bipolar de junção, que compõe o sistema RXM1407. Dessa forma, concluiu-se que o novo sistema desenvolvido possui uma maior resolução e sensibilidade do que o ThinX, ressaltando ainda mais a importância da instrumentação nuclear no desenvolvimento de novos sensores de raios X para aplicação no radiodiagnóstico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das literaturas estudadas, concluiu-se que o protótipo desenvolvido por Rocha (2009), apesar de não apresentar uma reprodutibilidade em suas medições, conseguiu medir o tempo de exposição com um erro de 10% em relação ao equipamento padrão, dessa forma com ajustes adequados em seu circuito, esse instrumento pode realizar reproduções em suas futuras medições, podendo ser uma alternativa de baixo custo para cronometria nos equipamentos de raios X.

Além disso, concluiu-se que o sistema desenvolvido pelo grupo de Instrumentação nuclear do CRCN, o CronoX, por apresentar incertezas menores do que o equipamento ThinX, o qual já é produzido comercialmente, quando utilizados para medição do tempo de exposição dos equipamentos de raios X, torna-se uma alternativa para ANVISA, órgão responsável ao nível nacional pela regulamentação e controle das radiações ionizantes, como instrumento de medição para ser utilizado no controle do parâmetro de tempo de exposição dos equipamentos de raios X diagnóstico.

Além do CronoX, o sistema RXM1407 também indica o tempo real de exposição devido à pulsação da radiação do equipamento de radiologia odontológica. Uma vez que o sistema de multi-medição RXM1407 utiliza modernas técnicas de medição eletrônica baseadas na avaliação do sinal modulado de transistores bipolar de junção, enquanto que o ThinX mede o tempo total em que equipamento de raios X pulsados estavam ligados, este

também pode ser uma alternativa para ANVISA, como instrumento auxiliar para calibração de equipamentos de raios X.

Dessa forma, esses estudos demonstram a importância dos sistemas de instrumentação nuclear para medição do tempo de exposição, parâmetro o qual está intimamente ligado à quantidade de dose recebida pelos pacientes, sendo esses instrumentados estudados uma inovação no que concerne ao método de cronometria da exposição em radiodiagnóstico.

REFERÊNCIAS

ALVARES, L. C.; TAVANO, O. **Curso de Radiologia em Odontologia**. 4. Ed. São Paulo: Santos. 1998.

BIRAL, A. R. **Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos**. Florianópolis: Insular, 2002.

BATISTA, D. S.; **Análise comparativa de técnicas de cronometria de raios x aplicado ao radiodiagnóstico**. Dissertação apresentada para título de mestre no programa de pós-graduação em tecnologias energética e nucleares da UFPE. Pernambuco, 2013.

BRASIL. **Portaria nº 453 de 01 de junho de 1998. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico**. Diário Oficial da União, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

LANGLAND, Olaf E.; LANGLAIS; Robert P. **Principles of dental imaging**. USA: Willians & Willians, 1997.

LIMA ; AFONSO ; PIMENTEL. **Quím. Nova**° vol. 32° no. 1°- São Paulo, 2009.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. V. **Metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

MELO, M. F.; MELO, S. L. S. Condições de radioproteção dos consultórios odontológicos. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Sergipe, v. 13, p.2163-2170, 2008.

REZENDE, Gustavo Araújo. **Radiologia odontológica**. Disponível em: <www.odontologiainfantil.odo.br>. Acesso em: 7 de março 2016.

ROCHA, B. L. M.; **Desenvolvedor de um protótipo microcontrolador para medição de dose e tempo de exposição em radiodiagnostico**. Salvador, Bahia, 2009.

SANTOS, L.A.P.; MONTE, D.S.; SANTOS, J.A.P.; CAVALCANTE, F.A.; BARROS, F.R.; SANTOS, M.A.P. Sistema de instrumentação de multi-medições de parâmetros de equipamentos de raios X diagnósticos. **Braz. J.Rad.SCI.** 2015